МАШИНСКИ ФАКУЛТЕТ
УНИВЕРЗИТЕТА У НИШУ

IX НАУЧНО–СТРУЧНИ СИМПОЗИЈУМ

"ТЕХНИКА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА 2000."

ЗБОРНИК РАДОВА

КОНСТРУКЦИЈА
НОВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ
ЕКСПЛОАТАЦИЈА
ОДРЖАВАЊЕ

Ниш 26 и 27. Октобар 2000.

IX НАУЧНО–СТРУЧНИ СИМПОЗИЈУМ

"ТЕХНИКА ЖЕЛЕЗНИЧКИХ ВОЗИЛА 2000."

ЗБОРНИК РАДОВА

КОНСТРУКЦИЈА
НОВЕ ТЕХНОЛОГИЈЕ
ЕКСПЛОАТАЦИЈА
ОДРЖАВАЊЕ

Ниш 26 и 27. Октобар 2000.

Recenzenti:

Prof. dr *Ranđel BOGDANOVIĆ*, MF Niš
Prof. dr *Radić MIJAILOVIĆ*, MF Niš
Prof. dr *Vlastimir ĐOKIĆ*, MF Niš,
Doc. dr *Radisav VUKADINOVIĆ*, MF Niš,
Doc. dr *Stojan STAMENKOVIĆ*, MF Niš,
dr *Zoran MICKIĆ*, MIN Niš

Za izdavača
Generalni direktor i glavni i odgovorni urednik ŽELNID-a
Dobrica VULOVIĆ

Zamenik glavnog i odgovornog urednika ŽELNID-a
Mile PLESKIĆ

Tehnički urednik
Dejan STANOJLOVIĆ

Korice
Dizajn studio ŽELNID-a

Tiraž: 250 primeraka

Izdaje ištampa

ŽELNID **Preduzeće za železničku izdavačko-novinsku delatnost d.o.o.**
11000 Beograd, Nemanjina 6

POKROVITELJI I SPONZORI SIMPOZIJUMA

Pokrovitelji:

Savezno ministarstvo za saobraćaj i veze SRJ, Republičko ministarstvo za saobraćaj i ministarstvo za nauku i tehnologiju Srbije, Skupština grada Niša, ZJŽ "Beograd" i JŽTP "Beograd", JPŽ "Crne Gore", MIN Niš.

Sponzori:

Zajednica JŽ, ŽTP "Beograd", CIP Beograd, "Goša" Fabrika šinskih vozila S. Palanka, EI Niš, "Tigar" Pirot, "Minel" Beograd, FKV Kraljevo, "Želvoz" Smederevo, "Bratstvo" Subotica, "Šinvoz" Zrenjanin, Ministarstvo za saobraćaj i veze Republike Srbije, Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike Srbije, Faso Vladimirci, Fiaz Prokuplje, "Prva petoljetka" Trstenik, "Livnica" Kikinda, MIN Niš Holding Ko. DD "Lokomotiva", MIN Niš Holding Ko. DD "Skretnice", MIN Niš Holding Ko. DD "Vagonka" MIN Niš Holding Ko. DD "Svrljig" Fabrika vagona Kraljevo, Livnica "Potens" Požega, "Elektroremont" Subotica, "Minel" Beograd, Želnid Beograd, RŠV Ćuprija, "Sartid" Smederevo, ZGOP Novi Sad, "Agrosirovina" Valjevo, "Petrohemija" Pančevo, "Transjug" Beograd, "Turist banka" Kraljevo.

NAUČNOSTRUČNI I ORGANIZACIONI ODBOR

Prof. dr *Zoran BORIČIĆ*, dekan MF Niš,
Prof. dr *Radić MIJAJLOVIĆ*, šef kated. za mašin. konst.,
Dr Radisav Vukadinović, doc. predsednik Odbora,
Prof. dr *Vlastimir ĐOKIĆ*, MF Niš, zam. predsednika Odbora,
Prof. dr *Aleksandar VULIĆ*, MF Niš,
Prof. dr *Vojislav MILTENOVIĆ*, MF Niš,
Prof. dr *Božidar BOGDANOVIĆ*, MF Niš,
Prof. dr *Ranđel BOGDANOVIĆ*, MF Niš,
Prof. dr *Slavko KEPČIJA*, MF Niš,
Prof. dr *Miomir JOVANOVIĆ*, MF Niš,
Prof. dr *Zoran MARINKOVIĆ*, MF Niš,
Prof. dr *Miroslav ĐURĐANOVIĆ*, MF Niš,
Prof. dr *Vinko JEFTIĆ*, MF Niš,
Dejan DROBNJAKOVIĆ, ministar za saobr. i veze SRJ
Ratko MARČETIĆ, ministar za saobr. i veze Republike Srbije,
Prof. dr *Svetolik KOSTADINOVIĆ*, gen. dir. ZJŽ,
Živorad MAKSIMOVIĆ, gen. dir. JŽTP "Beograd"
Milutin MRKONJIĆ, gen. dir. CIP-a "Beograd",
Mr *Milorad ANTONIJEVIĆ*, gen. dir. ŽELVOZ Smederevo,
Ranko MEDENICA, gen. dir. JŽTP "Crne Gore",
Mr P*era MILOVANOVIĆ*, gen. dir. MIN Niš,
David VOJINOVIĆ, pom. gen. dir. JŽTP "Beograd",
Radisav GLAVIČIĆ, dir. sektora ZOVS, JŽTP "Beograd",
Vojislav MARJANOVIĆ, dir. sekt. za Vuču i TKP, JŽTP "Beograd",
Momčilo RAKOČEVIĆ, dipl. ing. JŽTP "Crne Gore",
Dr *Dragiša STEFANOVIĆ*, MIN Niš,
Dr *Zoran MICKIĆ*, MIN Niš,
Dragoslav JOVANOVIĆ, dipl. inž., direktor DD "Lokomotiva" MIN Niš,
Tomislav KRSTIĆ, dipl. inž., direktor Fabrike šinskih vozila "Goša" Palanka,
Dr *Stojan STAMENKOVIĆ*, doc., MF Niš,
Dr *Dušan STAMENKOVIĆ*, MIN Niš,
Mr *Luka ČUPKOVIĆ*, JŽTP "Beograd"
Mr *Jelena STEFANOVIĆ-MARINOVIĆ*, MF Niš,
Života ĐORĐEVIĆ, JŽTP "Beograd", Sekc. za vuču vozova i TKP Niš,
Danko MIJAJLOVIĆ, MF Niš, sekretar Odbora,
Srđan STOJIČIĆ, MIN Niš

SADRŽAJ

Strana

D. VOJINOVIĆ:
Aktuelni problemi voznih sredstava ŽTP-a "Beograd" 7

R. BOGDANOVIĆ, V. ĐOKIĆ, N. ĐOKIĆ:
Numeričke metode proračuna za železnička vozila 10

V. ALEKSANDROV:
Analiza dijagrama napresavanja monoblok točkova na osovinskim sklopovima "VALDUNES" 15

S. STAMENKOVIĆ, S. STEFANOVIĆ:
Izbor sistema prenosa snage železničkih vučnih vozila 25

M. JOVANOVIĆ, Z. MARINKOVIĆ, D. MARKOVIĆ, Ž. ĐORĐEVIĆ:
Mogućnost domaćeg razvoja lakih hidrauličnih dizalica za potrebe železnice 31

K. (STEVANOVIĆ) HEDRIH, R. KNEŽEVIĆ, S. CVETKOVIĆ:
Numeričko-grafička analiza dinamike planetarnih prenosnika 39

A. VULIĆ, M. VELIMIROVIĆ:
Planetarni prenosnici u savremenim konstrukcijama menjača 45

R. VUKADINOVIĆ:
Relevantni parametri za izbor lokomotiva za manevru na železnici 51

D. STAMENKOVIĆ, M. ĐURĐANOVIĆ, S. JOVANOVIĆ, S. RADENKOVIĆ, D. TONIĆ:
Presovani spojevi kod pogonskih sklopova železničkih vozila 57

D. KORUNOSKI, I. MICKOSKI:
Prilog proračuna procenta kočne mase (λ) kočenog šinskog vozila 63

N. PLAVŠIĆ, T. LAZOVIĆ:
Dijagnostika kotrljajnih ležaja sa osvrtom na primenu u železnici 67

Z. MILIĆEVIĆ:
Vučni pogon sa sinhronim reduktantnim motorom 71

A. BABIĆ:
Savremeni aspekti u razvoju kriterijuma za sistem gornji stroj (trčeći stroj) sanduk kola 75

B. BOGDANOVIĆ, Ž. SPASIĆ, S. STEFANOVIĆ:
Proračun vučnih karakteristika dizel lokomotive sa hidrauličkim prenosom snage 81

D. STAMENKOVIĆ, M. ILIĆ:
Proračun nosivosti presovanih spojeva kod pogonskih sistema šinskih vozila 87

V. JOVANOVIĆ, S. STOJIČIĆ:
Savremena rešenja kočnih i upravljačkih sistema na železničkim vučnim vozilima 95

D. MILUTINOVIĆ, S. MIRKOVIĆ:
Sila u spojnici obrtnih postolja lokomotive serije 461 i naponsko stanje rama obrtnog postolja 101

B. GAVRILOVIĆ:
Uticaj elektrovučnih vozila na rad šinskih strujnih kola 109

P. DONKOV:
Impulsni defektoskop – M00119 115

S. STOJIČIĆ, V. JOVANOVIĆ:
Novi koncept gradnje železničkih vučnih vozila 123

D. MANDIĆ, M. STEVANOVIĆ, S. ROSIĆ:
Osnovne performanse budućih dizel motornih vozova JŽ 127

R. NINKOVIĆ:
Primena RAR legura u saobraćaju 133

P. DESPOTOVIĆ:
Radijalno vođena obrtna postolja i druge novosti iz EDM-GMC 137

S. JELIĆ, Z. ŽIVADINOVIĆ:
Regulatori obrtnih mašina nove tehnološke generacije 143

L. ČUPKOVIĆ:
Primena savremenih tehnologija za regeneraciju komponenata vučnih vozila i smanjenje imobilizacije 149

A. RADOSAVLJEVIĆ, D. MILUTINOVIĆ:
Da li postoji dugi pad na jugoslovenskim prugama? 155

R. JOVIČIĆ, A. SEDMAK, M. MANOJLOVIĆ:
Eksploatacijska sigurnost posuda pod pritiskom na železničkim vozilima 161

M. ILIĆ, Z. NIKOLIĆ i S. RAIČEVIĆ:
Model regenerisanja korektivnih mera u remontu šinskih vučnih vozila 167

R. JOVANOVIĆ, D. MILUTINOVIĆ:
Mogućnosti narušavanja dinamičkih osobina vučnih vozila neodržavanjem bitnih sklopova – osvrt na stanje elektrolokomotiva serije 441 i 461 173

M. GRUJIĆ:
Nova koncepcija održavanja sredstava u reformisanoj železnici 179

Z. TAŠIĆ, V. LUČANIN:
Određivanje raspodele pouzdanosti simuliranog kočnog sistema 183

N. ŠUBARA:
Preostali vek elemenata konstrukcije šinskih vozila u uslovima korozije 189

M. ILIĆ:
Prikaz alata za inteligentno filtriranje baza podataka sa primenom u održavanju vučnih šinskih vozila 195

A. KOSTADINOVIĆ:
Kadrovi kao značajna komponenta unapređenja zaštite na radu u ŽTP "Beograd" 201

D. PAUNOVIĆ, D. TADIĆ, N. KOSTIĆ, V. ANTONIJEVA:
Vozna sredstva ložionička postrojenja i ložioničko osoblje neophodnih za revitalizaciju pruge "Šarganska osmica" za saobraćaj 205

S. ŠKARO:
Problemi zaptivenosti putničkih kola 211

S. JELIĆ, M. PAPIĆ, L. GRUJIĆ:
Savremena selektivna kontrola izolovanosti električnih mreža 215

D. PEJČIĆ, D. TRAILOVIĆ-KOSTIĆ, Ž. ĐORĐEVIĆ:
Savremeni uređaji na električnim lokomotivama 225

V. ALEKSANDROV:
Sistemi i tehnološke šeme održavanja osovinskih sklopova 231

L. ČUPKOVIĆ, M. MINIĆ, N. MIRČEVSKI i J. ŽIVANOVIĆ:
Strategija smanjenja emitovanja izduvnih gasova kod dizel vozila na železnici 243

S. STEFANOVIĆ, S. STAMENKOVIĆ:
Uticaj pojava otkaza tokom radnog veka vučnog vozila na izbor sistema prenosa 247

R. LIŠANIN, N. ŠUBARA:
Verovatnoća realizacije preostalog veka posle uočene pukotine 251

V. DANOJLIĆ:
Automatska privredna kočnica na elektromotornom vozu serije JŽ 412/416 255

V. DANOJLIĆ: Koordinirani rad elektrodinamičke i elektropneumatske kočnice na elektromotornom vozu serije JŽ 412/416 261

Mr. S. MIJANAC:
Održavanje železničkih vozila s aspekta planiranja materijala i rezervih delova i upravljanje zalihama 269

M. VELEMIR:
TSK-OPRUGA 275

LJ. MORAVČEVIĆ, M. ĆURGUZ, M. NIKOLIĆ:
Razvoj ejektora za povećanje koeficijenta athezije peskarenjem šina za elektromotorne vozove serije JŽ 412/416 281

LJ. MORAVČEVIĆ, V. ŠAŠIĆ, M. MILIĆ, S. MILENKOVIĆ:
Materijali za lepljenje, zaptivanje i osiguranje spojeva, primenljivih u procesu održavanja voznih sredstava 287

Aktuelni problemi voznih sredstava ŽTP-a Beograd

David Vojinović[1]

Abstrakt: Nedovoljan park raspoloživih vozila je posledica nedostatka finansijskih sredstava, tehničkih propusta, starosti vozila i zastarelosti tehničkih rešenja. Jedan od aktuelnih problema je prekomerno trošenje točkova i šina. S tim u vezi se ukazuje na slične inostrane probleme i na predloge za smanjenje habanja. Iznete su mere i aktivnosti koje se sprovode zadnjih godina. Predstojeći zadaci i zaključci formulisani su sa osnovnim ciljem osposobljavanja dovoljno vozila za red vožnje. Navedeni su praktični koraci koji vode tom cilju.

Ključne reči: održavanje železničkih vozila, finansijski i kadrovski resursi.

1. USLOVI RADA

Na stanje voznih sredstava i funkcionisanje sistema održavanja, što je naša osnovna preokupacija i zadatak, u svim prilikama bitan uticaj imaju uslovi rada. U prilikama u kojima se naša zemlja nalazi zadnjih desetak godina to naročito dolazi do izražaja. Tako se i sada osećaju posledice ranijih sankcija i blokada, kojima su se u novije vreme pridodale pogubne akcije NATO alijanse. Razni vidovi ograničenja poslovanja i ekonomske izolacije i danas pritiskaju našu privredu pa indirektno i direktno i ŽTP Beograd. Prekidom saobraćaja do koga je došlo rušenjem mostova još više je pogoršan finansijski položaj Preduzeća, pa su smanjena ionako ograničena sredstva za održavanje. Materijalne rezerve, zalihe rezervnih delova i druge opreme su u najvećem broju slučajeva davno pale ispod potrebnog minimuma. Ovlašćenja rukovodioca radnih jedinica za održavanje u pogledu raspolaganja novčanim sredstvima potrebnim za redovan rad svedena su na najmanju meru. Zbog malih ličnih primanja i drugih uslova rada došlo je i do osipanja dela stručnjaka. U tom pogledu je ilustrativno da ni danas nismo u stanju da popunimo kadrovsku strukturu sa specijalistima za elektroniku na vozilima, a ta tehnička oblast dobija sve više mesta i značaja u svim novim i inoviranim konstruktivnim sklopovima i postrojenjima. Secesijom zapadnih republika bivše jugoslovenske federacije pokidane su mnoge privredne veze i prekinuti poslovi na modernizaciji voznih sredstava i na investicionim opravkama vitalnih elektrovučnih vozila, pa smo bili prinuđeni da za te poslove supstituišemo ili da tražimo nove inostrane partnere.

2. STANJE VOZNIH SREDSTAVA

Iako je inventarski park znatno veći od aktuelnih potreba, raspoloživa vozna sredstva su - što važi za sve tipove kola i za gotovo sva vučna vozila - manja od eksploataciono potrebnih. To se najbolje vidi po putničkim vozovima kod kojih se većina lokalnih kompozicija sastoji od dvoja-troja kola. Značajan deo kolskog parka čine polovna kola kupljena od dveju inostranih železničkih uprava, pa dodatan problem predstavljaju rezervni delovi.

Ceo vozni park je, inače, star a najveći broj tehničkih rešenja je zastareo, što je od znatnog uticaja na pouzdanost vozila.

Tehnička ispravnost vozila je nezadovoljavajuća zbog nedovoljnih ulaganja u održavanje, zbog popuštanja tehnološke discipline i neuvažavanja tehničkih normativa.

Tehničke normative bi, na osnovu propisa i standarda Međunarodne unije železnica i drugih internacionalnih nadležnih organizacija, kao i na

[1] David Vojinović, dipl. inž., pomoćnik generalnog direktora ŽTP Beograd za vozna sredstva, 11000 Beograd, Nemanjina 6

- Uvođenje agregatnog principa remonta u redovnom održavanju voznih sredstava
- Obezbeđenje izvora finansiranja za modifikacije, rekonstrukcije i modernizaciju voznih sredstava, kako bi se povećala njihova pouzdanost u eksploataciji, a samim tim redovitost i bezbednost saobraćaja odnosno ukupan kvalitet i obim naše prevozne usluge.
- Uvođenje sistema kvaliteta ISO 9000 na održavanju voznih sredstava i formiranje grupe eksperata za homologaciju dobavljača repro materijala, delova i sklopova za vozna sredstva.
- Revitalizaciju službe za standardizaciju i izradu propisa, uputstava i ostale prateće normativne regulative u oblasti voznih sredstava.
- Aktiviranje naučno istraživačkog potencijala pre svega u železničkim institutima CIP i "Kirilo Savić", a posebno na tehničkim fakultetima za potrebe razvoja i prihvatanja novih tehnologija, u održavanju postojećih, projektovanju i gradnji novih voznih sredstava.
- Povezivanje sekcija i radionica ZOVS, remontera, nabavne službe i drugih učesnika u procesu održavanja u informacioni sistem, uz razradu i primenu odgovarajuće organizacije poslovanja.
- Podizanje nivoa organizacije u merenju i praćenju istrošenosti delova i sklopova vozila i pratećih analiza i sinteza.
- Tešnja saradnja sa službama održavanja koloseka.
- Praćenje domaćih i inostranih dostignuća u razvoju i održavanju sklopova i celine vozila i brza implementacija uspešnih noviteta.
- Razvoj i primena uređaja koji mogu doprineti podizanju pouzdanosti i racionalnom korišćenju vozila.
- Stručno uzdizanje i domaćinsko-poslovno obrazovanje svih učesnika u procesu održavanja vozila.
- Podsticaj i podrška aktivnim radnicima i stvaraocima, a zaoštravanje odnosa prema neradnicima.
- Uvođenje i dosledno sprovođenje oštrih mera za zaštitu imovine od uništenja i krađe.

5. ZAKLJUČCI

Da bismo u teškim vremenima u kojima živimo mogli uspešno da obavljamo profesionalni posao potrebno je da objedinimo napore i da za izvršenje navedenih predstojećih zadataka angažujemo sve raspoložive ljudske i materijalne resurse.

Posebno je potrebna tešnja saradnja industrije šinskih vozila, naučno-istraživačkih institucija i železnice.

Pored saradnje sa drugim stranim zemljama ŽTP Beograd i industrija bi trebali naći svoje mesto u saradnji sa ruskom železničkom privredom. Saradnja sa Rusijom dobija na značaju i zaslužuje prioritet zbog međudržavnog bescarinskog aranžmana.

Podsetimo se na kraju da u ovoj složenoj i razuđenoj delatnosti održavanja voznih sredstava mora postojati veća briga za opšte dobro i da je ovde izrazitija potreba domaćinskog poslovanja i boljeg gazdovanja.

LITERATURA:

(1) Dr M.F. Verigo: "Vzajmodejstvije puti i podvižnovo sostava v krivih malogo radijusa i borba s bokovim iznosom reljsov i grebnjej koljes", bilten OSŽD 4/98, str. 10-14.

(2) R.K. Upadhuyay: "New Technique To Cut Wear", International Railway Journal and Rapid Transit Review, juli 2000, str.33-34.

(3) Divya Vikas: "Laufverhalten zweiachsiger Drehgestelle", Rail international – Schienen der Welt, avgust-septembar1996, str. 23-26.

ACTUAL PROBLEMS OF ŽTP BELGRADE'S ROLLING-STOCK

David Vojinović

Abstract *– Insuficient active rolling stock is due to maintenance problems which mostly depends on scarce financial resources. The wheel-rail wear reduction is discussed, as well as several other problems of rolling stock maintenance. The paper ends with the list of future tasks.*

Key words: *railway rolling stock maintenance.*

Numeričke metode proračuna za železnička vozila

Prof. dr Ranđel Bogdanović MF – Niš
Prof. dr Vlastimir Đokić MF – Niš
Nemanja Đokić, dipl. maš.ing. MF – Niš

Rezime: *U radu autori analiziraju numeričke metode mehanike: formiranje i integracija diferencijalnih jednačina i metoda konačnih elemenata (MKE). Date su osnove svih metoda i njihova primena na železnička vozila. Na osnovu analize u radu i date literature mogu se ove metode primeniti za proračune železničkih vozila uz primenu računskih mašina (kompjutera).*
Ključne reči: *metode, proračun, železnica, vozila.*

1. UVOD

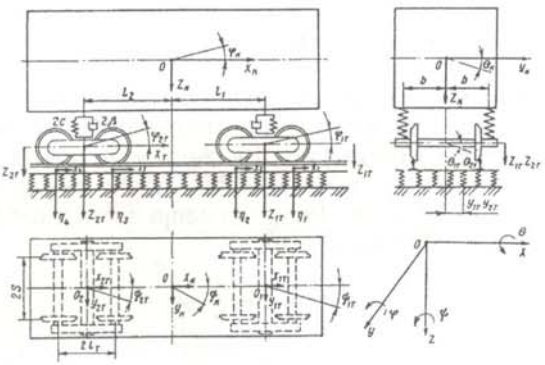
Železnički saobraćaj se realizuje preko tehničkih sredstava lokomotiva, vagona (kola), železničkih pruga, pružnih postrojenja i eksploatacionoorganizacionih sistema upravljanja železničkim saobraćajem. U tehničkom smislu železnica predstavlja složen tehnički sistem koji ima naučnu (teorijsku) i eksperimentalnu (praktičnu) osnovu. U ovom radu ukazujemo na teorijsku osnovu železničkih vozila, odnosno, na kinetiku (dinamika i kinematika) železničkih vozila. Fizičko matematički modeli daju odgovore na pitanja koja su potrebna za projektovanje optimalnih železničkih vozila za bezbedan, brz i konforan prevoz ljudi i roba.

U ovom radu su dati numerički metodi proračuna, za proračun železničkih vozila, koja služe da se lakše prati proučavanje realnih konstrukcija. Obim rada, po nivou znanja, je u okviru programa koji se sluša na mašinskom fakultetu u Nišu na kursu magistarskih studija.

2. DINAMIČKE KARAKTERISTIKE KOLA (VAGONA) I PRUGE

Sa gledišta mehanike železnička kola predstavljaju sistem fizičkih tela i njihovu međusobnu vezu. Delovi vagona su ogibljeni ili neogibljeni. Tvrdo telo u prostoru ima šest stepeni slobode. Kretanje vagona po šinama se proučava kao kretanje kolskog sanduka i obrtnih postolja preko sistema koordinatnih osa prikazanih na slici 1.

Oznake na slici 1 - sistem koordinatnih osa vagona.
Linearna kretanja u pravcu Ox, Oy, Oz:
± x - kretanje u pravcu;
± y - bočna kretanja;
± z - vertikalna kretanja;



Slika 1. Sistem koordinatnih osa vagona

Obrtanje (ugaona kretanja) oko ose:
± θ - bočna oko Ox;
± φ - podužna oko Oy;
± ψ - vertikalna oko Oz;
2c, 2β - krutost ozubljenja u obrtnom postolju;
η_1, γ_4 - neravnine kotrljanja za svaki kolski slog;
Osnovna rastojanja podužna kolskog sanduka i obrtnog postolja:
$2l = l_1 + l_2$
$2l_T$
2b - poprečna rastojanja opruga;

Momenti inercije složenog tela (pr. kalskog sanduka) oko centra težišta, koji se određuju prema formulama:

$$J_x = \sum_{j=1}^{n}\left[\int_{V_j}(y^2 + x^2)dm + m_j(y_o^2 + z_o^2)\right] \quad (1)$$

$$J_{xy} = \sum_{j=1}^{n}\left[\int_{V_j} xydm + m_j x_o y_o\right] \quad (2)$$

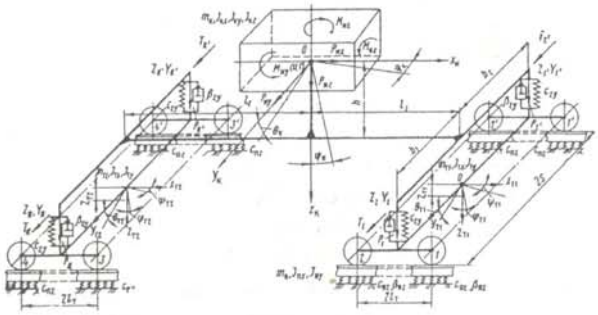
gde su:
m_j, V_j - sopstvena masa i zapremina j-og dela tela;
x_o, y_o, z_o - kordinate centra težišta mase m_j;
n - broj međusobnih krutih veza delova u sistemu;

Pruga - železnički put kao mehanički sistem (vagon - pruga) možemo opisati kao ukupne karakteristike podeljene u dva dela (grupe): karakteristike, međusobni odnosi pruge i točkova – dinamički odnosi - reakcije, određivanje ostalih deformacija pod dejstvom pruge (šina) i trčećeg stroja. Pruga, pod dejstvom točkova, prima sile, koje izazivaju pojave elastičnosti, inercije i trenja.

Sve reakcije šina (pruge) na dinamička dejstva točkova u velikom stepenu zavise od konstrukcije gornjeg stroja pruge i trčećeg stroja vozila.

3. JEDNAČINE ANALITIČKE MEHANIKE

Opšte metode dinamike vagona baziraju se na principima analitičke mehanike. Na bazi varijacionih principa u analitičkoj mehanici forsiraju su u vidu osnovnih jednačina dinamike - jednačine Ojlera - Dalambera (jednačina Dalamber - Lagranž). Kretanje apsolutno tvrdog tela u prostoru se posmatra u zadatim dekartovim koordinatama. Položaj tela u proizvoljnom momentu vremena određuje se šest stepeni slobode; položaj ose x, y, z i uglovima θ, φ, ψ (slika 2) - računska šema vagona sa jednostrukim ogibljenjem. Primer kretanja osom x dat je u sledećem obliku:



Slika 2. Računska šema vagona sa jednostrukim ogibljenjem

$$\left(m\ddot{x} + \sum_{i=1}^{n} P_{x_i} + \sum_{j=1}^{k} R_{x_j}\right)\delta x = 0 \quad (3)$$

gde su:
m - masa tela;
$\ddot{x}$ - ubrzanje tela;
P_{xi} - projekcija spoljne sile;
R_{xj} - projekcija reakcije;
n - količina spoljnih sila;
k - količina elastičnih elemenata;

Diferencijalna jednačina ravnotežnih tela pri kretanju u prostoru, reakcija R - funkcija vremena:

$$R = R\left(t, x, y, z, \theta, \varphi, \psi, \dot{x}, \dot{y}, \dot{z}, \dot{\theta}, \dot{\varphi}, \dot{\psi}\right) \quad (4)$$

Za rešenje se nalazi nalaženjem integrala sistema jednačina tipa (a) odnosno naći funkcije: $x = x(t)$; $y = y(t)$; $z = z(t)$; $\theta = \theta(t)$; $\varphi = \varphi(t)$; $\psi = \psi(t)$.
Varijacioni princip za kretanje tela u opštem kordinatama se obrazuje sledećom jednačinom:

$$\sum_{i=1}^{r}\left(\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} - \frac{\partial T}{\partial q_i} - Q_i\right)\delta q_i = 0 \quad (5)$$

gde su:
T - kinetička energija kretanja tela;
$q_i, \dot{q}_i$ - odgovarajuće koordinate i brzine;
δq_i - varijacija i-te koordinate;
Q_i - opšta sila;
r - broj opštih koordinata;

Jednostavniji primer za kinetičku energiju ima oblik:

$$T = \sum_{i=1}^{l}\frac{1}{2}m_i\dot{q}_i^2 + \sum_{j=l+1}^{r}\frac{1}{2}J_j\dot{q}_i^2 \quad (6)$$

gde je:
J_i - moment inercije.

Najčešće u upotrebi je jednačina Lagranža II reda:

$$\frac{d}{dt}\frac{\partial T}{\partial \dot{q}_i} + \frac{\partial P}{\partial q_i} + \frac{\partial P}{\partial \dot{q}_i} = 0 \quad (7)$$

Ovaj oblik diferencijalne jednačine je osnovna jednačina analitičke mehanike. Bazira na varijacionom principu, na tome da rad spoljnih sila, unutrašnjih i inercionih sila, koja dejstvuju na telo koje se kreće, pri varijaciji koordinata na njegovu trajektoriju, mora biti ravan nuli.

4. INTEGRACIJA DIFERENCIJALNIH JEDNAČINA

Diferencijalna jednačina koja sadrži traženu funkciju i njen rezultat u prvom stepenu ima oblik:

$$a_o z^{(n)} + a_1 z^{(n-1)} + \ldots + a_n z = f(t) \quad (8)$$

gde su:

$a_0, a_1, \ldots, a_n, f(t)$ - zadane funkcije zavisne od t ili realni brojevi, gde je $a_0 \neq 0$ i n - redosled stepena.

Ako je $f(t) \neq 0$, to je jednačina nejednorodna, a za $f(t) = 0$ jednorodna.

Rešenje za jednorodnu jednačinu je u obliku:

$$\tilde{z} = Ae^{pt} \text{ i tada su:}$$

$$\dot{\tilde{z}} = Ape^{pt} \text{ i } \ddot{\tilde{z}} = Ap^2e^{pt}.$$

Jednačina (8) tada dobija oblik:

$$Ap^2e^{pt} + Aape^{pt} + Abe^{pt} = 0 \qquad (9)$$

Primenom teorije linearnih diferencijalnih jednačina,, rešenje može biti:

$$\tilde{z} = e^{\alpha t}\left(A\cos \upsilon t + B\sin \upsilon t\right) \qquad (10)$$

gde su:

A, B - proizvoljne konstante. Za $\alpha \neq 0$ i $\upsilon \neq 0$ dobijamo rešenja.

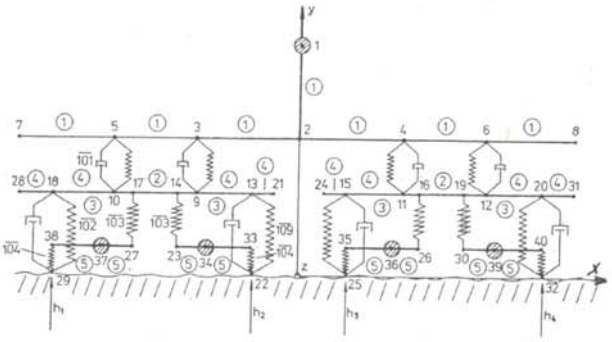
Integrisanje diferencijalnih jednačina može biti i pomoću analognih i cifarnih računskih mašina. Proces integracije diferencijalne jednačine dinamike na računskim mašinama (računaru), ustaljen je naziv cifarskim modeliranjem.

5. ANALITIČKA METODA KONAČNIH ELEMENATA (MKE)

OSNOVNI PRINCIP MKE

Metoda KE spada među najvažnije numeričke metode pri razmatranju problema iz tehnike i fizike. Prvo je primenjena na statičke proračune delova i konstrukcije mašina. Razvojem tehnike razrađena je MKE i za dinamičke proračune. Ova metoda omogućava proučavanje polja a izražava se varijacionim jednačinama; omogućava diskretizaciju kontinuma u čvorovima u čvornim tačkama. MKE za dinamičke formulacije se razlikuje od statičke u tome što uključuje inercione sile sopstvene mase.

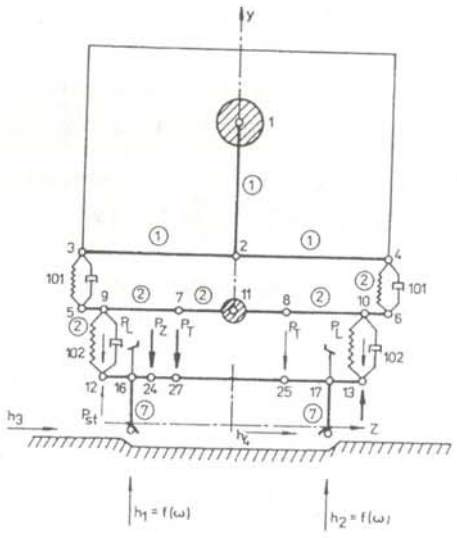
Suština MKE se sastoji u tome da se objekat zamisli rastavljen u konačan broj područja (konačnih elemenata), koji su međusobno vezani samo u određenom konačnom broju tačaka (čvorova), slika 3a i 3b. Čvorne vrednosti su osnovne nepoznanice koje se izračunavaju sistemom linearnih algebarskih jednačina. Raspodela nepoznatih veličina unutar elemenata aproksimira se određenim funkcijama (polinaomima). Metoda je približna a tačnost raste sa brojem odabranih elemenata i čvorova. U praktičnoj primeni MKE treba rešiti sistem jednačina sa velikim brojem nepoznatih. Ovo je moguće samo računarom - digitalnim elektronskim računarima za koji je MKE prilagođena.



Slika 3a. Poprečni model za proračun sa MKE

U proračunima čvrstoće elastičnih tela moraju se ispuniti uslovi za primenu MKE: uslov ravnoteže, kompaktibilnost, zakon veze između naprezanja i deformacije. Telo se deli na zamišljene elemente (štap, trougao, paralelogram, paralelopiped...) uz prethodno postavljanje tela u prostorni koordinatni sistem sa svim uticajima spoljnim i unutrašnjim. Primer dekartovih koordinata x, y, z. U ovom prostoru komponentna pomeranja tela su u, v, ω u funkciji osnovnog koordinatnog sistema.

$$u = u(x, y, z) \qquad (11)$$



Slika 3b. Podela na elemente lokomotive sa obrtnim postoljima i uključenim pogonskim motorima za rešavanje sa MKE

Pomeranja se iskazuju matričnom jednačinom:

$$\{f\} = [N]\{\delta\} \qquad (12)$$

gde je $[N]$ pravougaona matrica sa onoliko redova koliko članova sadrži vektor $\{f\}$ i brojem

stubaca koji odgovara broju članova vektora $\{\delta\}$. Članovi matrice $[N]$ su obično finkcije od x, y i z a zovu se **funkcije oblika**. Derivacijom pomeranja u, v, ω iz jednačine (12) dobija se veza između deformacija i pomeranja u čvorovima:

$$\{\varepsilon\} = [B]\{\delta\} \qquad (13)$$

U opštem slučaju članovi matrice $[B]$ su funkcije od x, y i z jer u sebi sadrže derivacione funkcije oblika $[N]$. Veza između naprezanja i deformacija se takođe izražava matričnom jednačinom. Kada je ova veza linearna za nju važi Hukov (Huok) zakon, koji za izotropno telo ima matrični oblik

$$\{\sigma\} = [D][B]\{\delta\} \qquad (14)$$

gde je:

E - modul elastičnosti;
η - poasonov (Poisson) koeficijent;
$\{\sigma\}$ - vektor naprezanja;
$[D]$ - matrica elastičnih svojstava tela;

Između elemenata deluju u čvorovima unutrašnje sile, koje su posledica elastičnog deformisanja zamišljene strukture elemenata. Te se komponente sila u jednom čvoru označavaju pripadajućim indeksom čvora i označavaju se sa U_i, V_i, W_i i dobija se vektor $\{F\}$. Ravnoteža elemenata se uspostavlja primenom principa virtualnih pomeranja gde je virtualni rad sile $\{F\}$ jednak pontencijalnoj energiji elastične deformacije elemenata i dobija matrična jednačina:

$$\{F\} = \left(\int_V [B]^T [D][B] dV \right) \{\delta\} \qquad (15)$$

u kojoj indeks T označava transparentnu matricu. Integral u maloj zagradi (15) zove se matrica krutosti elementa.

Opterećenje tela pri postavljanju mreže KE zamišlja se da deluje samo u pojedinim čvorovima mreže, slično kao u proračunu rešetkastih nosača u statici krutih tela.

Za svaki čvor moraju biti ispunjeni uslovi ravnoteže - zbir komponenata svih sila koje deluju na čvor mora biti jednak nuli:

$$\{R_i\} + \sum \left(- \{F_i\}_p \right) = 0 \qquad (16)$$

gde su vektor spoljnih sila $\{R_i\}$ i $\{F_i\}_p$ sile koje pripadaju čvoru i. Zavisnost između spoljnih sila i komponenata pomeranja čvorova za sve čvorove postavljene mreže elemenata daje jednačinu:

$$\{R\} = [K]\{d\} \qquad (17)$$

Vektori $\{R\}$ i $\{d\}$ nose komponentne indekse čvorova mreže. Matrica $[K]$ je matrica krutosti celog tela, njeni članovi slede iz matrice krutosti pojedinih elemenata $[k]$. Ako je singularna, njena determinanta članova je jednaka nuli, tako da ne postoji opšte rešenje jednačine (17). Uz zadate granične uslove jednačina postaje rešiva.

6. ZAKLJUČAK

1. Dobijanje optimalne i racionalne konstrukcije pretpostavlja znanja iz matematike i mehanike najmanje u obimu koji se izučava na poslediplomskim studijama na mašinskim fakultetima. Zato ima smisao da se ovde navedu osnovne oblasti i to: diferencijalni i integralni račun, vektori (tenzori), matrice, računari, programiranje, numerička matematika. Mehanika: kinetika, statika. Otpornost materijala, elasto-mehanika.
2. Proračuni su faza projektovanja i konstruisanja kojim se potvrđuje kvalitet optimalne konstrukcije i daju osnovni kriterijumi za ispitivanje realne konstrukcije.

LITERATURA

/1/ Kolar V....: Vipočet plošnich a prostorovych konstrukci, MKP, SNTL 1972, Praha.
/2/ Sachs K.: Elektrische tribfarzeuge, 1973, Wien.
/3/ Panov H.: Teplovozi, "Mašinostrojenije" 1976, Moskva.
/4/ Jaroslav N.: Dinamicke jevy, namahani a porušovani pojezdu lokomotiv, NADAS, 1986, Praha
/5/ Grupa autora: IMP, Zavod za udžbenike 1987, Beograd.
/6/ Grupa autora: TE, k.9, JLZ, Zagreb, 1984.
/7/ Veršinsk S. V.: Dinamika vagona, "Traleport" 1991, Moskva.
/8/ Bogdanović R.: Lokomotive (skripta), MF, Niš, 1991.

NUMERICAL METHOD OF CALCULATION FOR RAILWAY VEHICLES

Abstract: *In the paper the authors present the analysis of numerical method in mechanics: the formation and interaction of differential equations and final elements method (FEM). The bases of these methods and their application to railway vehicles are given. Based on the analysis presented in the paper and the references, these methods can be applied for computer aided calculations in designing railway vehicles.*

Key words: *methods, calculation, railway, vehicles*

Analiza dijagrama napresavanja monoblok točkova na osovinskim sklopovima "valdunes"

*Vladimir Aleksandrov**

Rezime *– Za ugradnju na najnovijoj generaciji putničkih kola tipa Z1 za brzine do 200 km/h, proizvodnje* ***"Goša"****, primenjeni su osovinski sklopovi sa monoblok točkovima i kočnim diskovima proizvedeni u francuskoj firmi* ***"Valdunes"****. Autor ovog rada učestvovao je u kvantitativnom i kvalitativnom prijemu dela ovih osovinskih sklopova u pogonima proizvođača u svojstvu kontrolno–prijemnog organa* ***ŽTP "Beograd"****. U toku prijema uočena su izvesna odstupanja dijagrama napresavanja točkova na osovine od tzv. "idealnog" dijagrama. Ovaj rad predstavlja, ustvari, analizu dijagrama jedne partije primljenih osovinskih slopova sa kritičkim osvrtom na uzroke njihovog odstupanja od oblika "idealnog" dijagrama i predlog mera autora za izbegavanje istih kod eventualnih narednih isporuka osovinskih sklopova od ovog proizvođača.*

Ključne reči *– železnica, železnička kola, osovinski sklopovi, točkovi, osovine, napresavanje točkova na osovine, dijagrami napresavanja.*

1. UVOD

Sa aspekta bezbednosti saobraćaja osovinski sklopovi su jedni od najodgovornijih sklopva železničkih kola, odnosno vozila. Osnovni elementi osovinskog sklopa su osovina i dva točka. Na **JŽ** i u većini železničkih uprava u svetu navlačenje (napresavanje) točkova na osovinu vrši se hladnim postupkom pomoću hidraulične prese. Naša domaća industrija još uvek nije u stanju da proizvodi kompletne osovinske sklopove, te se isti nabavljaju, još uvek, iz uvoza. Tako su, za potrebe najnovije generacije putničkih kola tipa Z1 za brzine do 200 km/h, proizvodnje **"Goša"** u toku zadnjih par godina uvezeni 92 osovinska sklopa sa monoblok točkovima i kočnim diskovima iz Francuske, proizvedenih u svetski poznatoj firmi **"Valdunes"**.

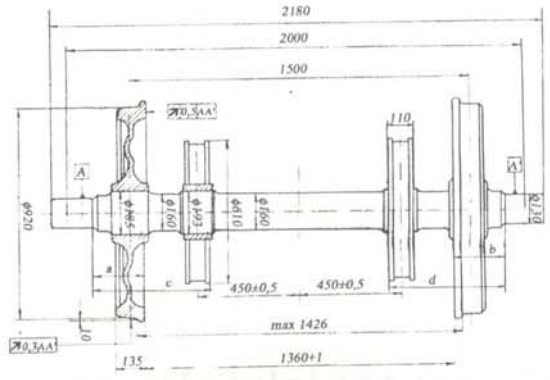
Na slici 1 prikazan je sklopni crtež ovog osovinskog sklopa. Osovinski sklop je u potpunosti proizveden, tehnički primljen i isporučen u skladu sa propisima **UIC**, nacionalnim standardima i dogovorenom dokumentacijom između **ŽTP "Beograd"** (Kupca) i **"Valdunes"**–a (Prodavca).

Osnovna karakteristika svakog presovanog sklopa (spoja) je njegova moć nošenja, tj. sila koju presovani sklop može prenositi bez ikakvog posrednika zahvaljujući, isključivo, otporu protiv klizanja na dodirnim površinama elemenata – otvora glavčine točka i sedišta glavčine na osovini, koja se sračunava po obrascu:

$$F = \pi \cdot d \cdot L \cdot p \cdot \mu \ \text{(kN)}$$

gde je: d (cm) – prečnik sklopa, L (cm) – dužina sklopa, p (kN/cm^2) – dodirni pritisak, μ (–) – koeficijent otpora protiv klizanja.

* Vladimir Aleksandrov, dipl. maš. ing., JŽTP "Beograd" – Sektor ZOVS



Slika 1. Geometrijske mere i tolerancije osovinskog sklopa sa dva kočna diska, prečnika kruga kotrljanja točka ∅920 mm, prečnika rukavca osovine ∅130 mm, proizvod firme ***"Valdunes"*** *(mere u "mm").*

Preklop presovanog sklopa: točka: 0,28≤t≤0,33 mm; diska: 0,19≤t≤0,24 mm; Razlika prečnika točkova: D1–D2=0,5 mm; Razlika mera: a–b≤1,0 mm, c–d≤1,0 mm.

U praksi se za proračun sile potrebne za navlačanje točkova (F_n) koristi (i preporučuje od strane **UIC**) empirijski obrazac:

$$F_n = a \cdot D \quad (kN)$$

gde je: D (mm) – prečnik sedišta glavčine, a (kN/mm) – koeficijent koji zavisi od sredstva za podmazivanje elemenata presovanog sklopa pre napresavanja.

U stvarnosti ovaj problem nije tako jednostavan da bi se empirijski izražavao, jer je krajnja sila navlačenja (sila na kraju procesa navlačenja) točka (Fkn) funkcija više faktora, kao što sledi:

$$F_{kn} = f(d_0, c, L_g, t, k)$$

gde je: d_o – prečnik sedišta glavčine, c – preklop (razlika prečnika sedišta glavčine na osovini i prečnika otvora glavčine točka), L_g – dužina glavčine točka, t – debljina oboda točka, k – koeficijent korekcije:

$$k = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$$

gde je: k_1 – koeficijent uticaja promene brzine napresavanja, k_2 – koeficijent kvaliteta obrade spregnutih površina, k_3 – koeficijent tvrdoće spregnutih površina.

Od napred navedenih faktora u funkciji za (Fkn) od dominantnog uticaja su preklop (c) i dužina glavčine točka (L_g).

U konkretnom slučaju potrebni preklopi (zadori) sračunati su, shodno francuskim propisima (*NF F 01 126, poglavlje 7.1.1.*), po obrascu:

$$c_{min} = \frac{d_m + 100}{1000} = \frac{185 + 100}{1000} = 0{,}285 \approx 0{,}25 \text{ mm}$$

$$c_{max} = \frac{d_m + 150}{1000} = \frac{185 + 150}{1000} = 0{,}335 \approx 0{,}33 \text{ mm},$$

gde je: d_m=185 mm – srednji (nominalni) prečnik presovanog sklopa točak–osovina.

Dakle, preklopi (u "mm") su u granicama

0,28≤c≤0,33.

Krajnje sile napresavanja (maksimalna i minimalna) sračunate su prema *UIC 813, poglavlje 5.2.3.3.5* po, već poznatom, obrascu:

Fkn=a·D (kN).

Za monoblok točkove i podmazivanje sa molibdendisulfidom (MoS_2), vrednosti koeficijenta (a) iznose

3,5≤a≤5,5.

Prema tome je

Fkn_{min}=3,5·185=647,5 kN=0,6475 MN≈0,64 MN

Fkn_{max}=5,5·185=1017,5 kN=1,0175 MN≈1,01 MN,

gde je D=185 mm – prečnik sedišta glavčine točka.

Dakle, krajnja sila napresavanja (u MN) monoblok točkova je u granicama

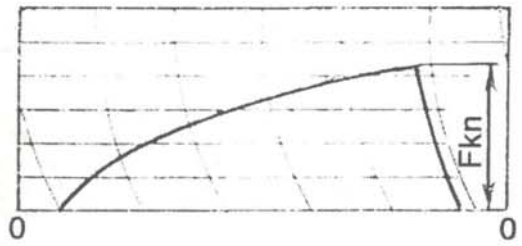
0,64≤Fkn≤1,01.

Mnogobrojni su faktori koji utiču na kvalitet presovanih sklopova točak–osovina. Najbolji indikator kvaliteta formiranja osovinskih sklopova, tj. navlačenja točkova na osovine su, ipak, dijagrami navlačenja, a posebno oblici dijagrama. Naime, oblik dijagrama napresavanja najrečitije govori o kvalitetu presovanog sklopa. Po svom obliku oni mogu biti: ***idealni***, ***dobri***, ***prihvatljivi*** i ***loši***. Idealnih skoro i da nema. Dobrim i prihvatljivim se smatraju dijagrami sa izvesnim (dozvoljenim) odstupanjima od *idealnog* oblika. Lošim dijagramima smatraju se svi dijagrami sa takvim odstupanjima od *idealnog*, koji se ne mogu prihvatiti i sklopovi sa takvim dijagramima se smatraju škartom.

Detaljinije o kriterijumima za ocenu kvaliteta i pouzdanosti navlačenja točkova na osovine, čitalac se upućuje na radove (4), (5) i (6) navedenih u literaturi.

Autor ovog rada imao je priliku da u svojstvu kontrolno–prijemnog organa (KPO) **JŽ**, odnosno **ŽTP "Beograd"** učestvuje u kvantitativnom i kvalitativnom prijemu predmetnih osovinskih sklopova u pogonima proizvođača. Tom prilikom, i pored visoko razvijene francuske tehnologije i visoko automatizovanog procesa obrade i montaže elemenata osovinskih sklopova, uočene su, ipak, od strane autora ovog rada, kod nekih dijagrama izvesna odstupanja njihovog oblika od *idealnog*. Ovaj rad upravo predstavlja skraćenu

analizu dijagrama napresavanja točkova samo jednog dela primljenih osovinskih sklopova, jer prostor ovog rada ne dozvoljava analizu svih. Takozvani *idealni*, tj. normalni oblik dijagrama navlačenja točka na osovinu prikazan je na slici 2.



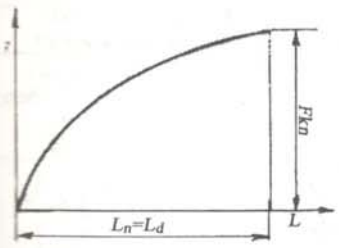
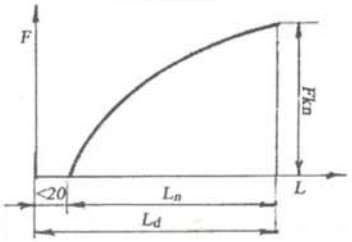
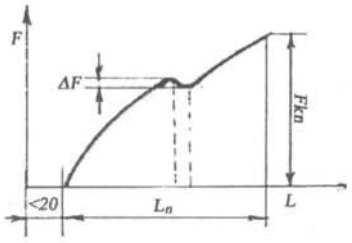
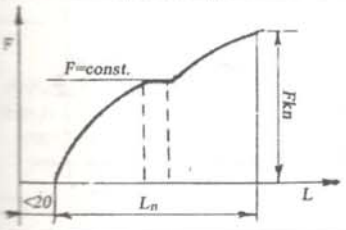
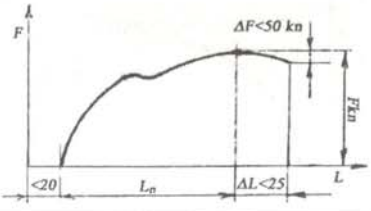
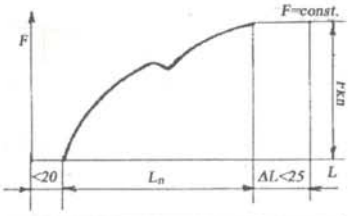
Slika 2. Normalni (idealni) oblik dijagrama navlačenja točka na osovinu (sila navlačenja se stalno i ravnomerno povećava sa povećanjem dužine presovanog sklopa do krajnje vrednosti – Fkn).

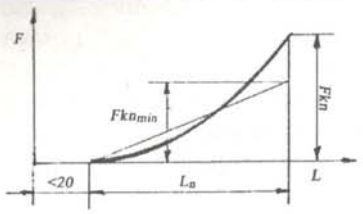
2. KRITERIJUMI ZA OCENU KVALITETA DIJAGRAMA NAPRESAVANJA TOČKOVA

Ocena kvaliteta dijagrama navlačenja točkova od strane autora vršena je, prevashodno, na osnovu ***albuma*** *dobrih* i *loših* dijagrama sadržanih u objavi *UIC 813* (*poglavlje 5.2.3.3.4*) i francuskog standarda *NF F 01 126* (*Anex A*), kao i na osnovu standarda drugih železničkih uprava i preporuka u stranoj stručnoj literaturi iz ove oblasti. I ovom prilikom se čitalac za detalje upućuje na već citiranu literaturu korišćenu kod izrade ovog rada. Ipak, da bi širem krugu čitalaca olakšao praćenje ove analize autor je sve, njemu poznate kriterijume (i zvanične i nezvanične), sistematizovao i prikazao u tabeli 1 u kojoj se, pored izgleda dijagrama, daju ocene ispravnosti istih, odnosno kriterijumi ocene.

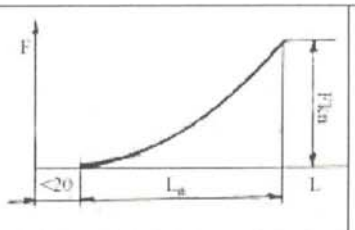
3. ANALIZA DIJAGRAMA NAPRESAVANJA

Od ukupno primljenih 92 osovinska sklopa analiziran je kvalitet dijagrama napresavanja oba točka (levog i desnog) na svega 40 osovinskih sklopova. Zbog nedostatka prostora, u ovom radu su, u tabeli 2, dati numerički podaci za samo 10 osovinskih sklopova, a u tabeli 3 je za ove sklopove navedeno odstupanje dijagrama od normalnog oblika i data ocena pogodnosti sklopa.

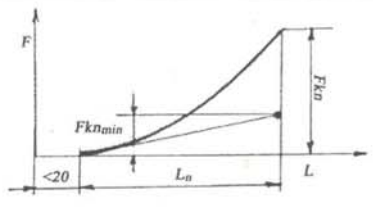
		
1. IDEALAN OBLIK DIJAGRAMA *ila napresavanja* ***mora*** *da se* ***stalno*** *i* ***omerno*** *povećava sa porastom dužine napresavanja.*	**2. ISPRAVAN OBLIK DIJAGRAMA** *Sila napresavanja* ***mora*** *da počne sa se povećava* ***pre*** *nego što je točak navučen na sedište glavčine osovine* ***više*** *od 20 mm.*	**3. ISPRAVAN OBLIK DIJAGRAMA** *Dozvoljeno je opadanje sile napresavanj sredini dijagrama na mestu kanala za do ulja za raspresavanje.*
		
4. ISPRAVAN OBLIK DIJAGRAMA *ejno je da pad pritiska na mestu kanala dovod ulja bude po horizontalnoj liniji.*	**5. USLOVNO ISPRAVAN DIJAGRAM** *Dozvoljen je pad pritiska na kraju dijagrama napresavanja za manje od 50 kN na dužini napresavanja manjoj od 25 mm, pod uslovom da je krajnja sila napresavanja u granicama između minimalne i maksimalne računske sile napresavanja.*	**6. USLOVNO ISPRAVAN DIJAGRAM** *Dozvoljen je horizontalni završetak krive kraju dijagrama napresavanja na dužini većoj od 25 mm, pod uslovom da je kra sila napresavanja u granicama izmeđ minimalne i maksimalne računske sil napresavanja.*



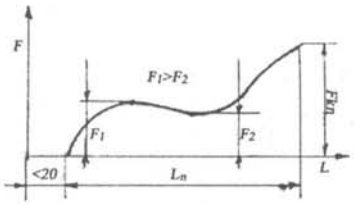
7. DIJAGRAM NEISPRAVAN (ŠKART)
Nije dozvoljen negativan trend porasta sile napresavanja ako je kriva napresavanja delimično ili u potpunosti ispod prave linije minimalne sile napresavanja.



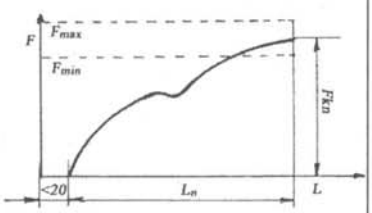
8. USLOVNO ISPRAVAN DIJAGRAM
U principu nije dozvoljen negativan trend porasta sile napresavanja



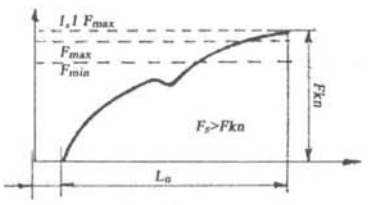
9. DIJAGRAM IZUZETNO PRIHVATLJIV
Izuzetno se može dozvoliti negativan trend porasta sile napresavanja ako je kriva po čitavoj dužini napresavanja iznad minimalne sile napresavanja (prave linije).



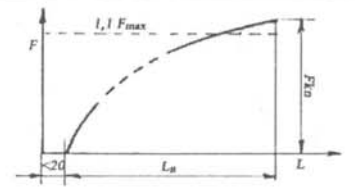
10. DIJAGRAM NEISPRAVAN (ŠKART)
Nije dozvoljen pad sile napresavanja sa porastom dužine napresavanja, tj. da vrednost naredne sile bude manja od vrednosti predhodne.



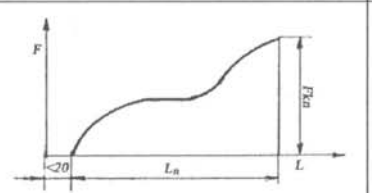
11. ISPRAVAN OBLIK DIJAGRAMA
Krajnja sila napresavanja mora biti između minimalne i maksimalne računske sile napresavanja



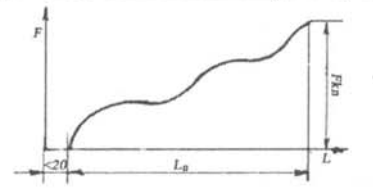
12. USLOVNO ISPRAVAN DIJAGRAM
Dozvoljava se da krajnja sila napresavanja bude za 10% veća od maksimalne računske sile napresavanja, pod uslovom da sklop izdrži probu raspresavanja (da sila raspresavanja (F_s) bude veća od krajnje sile napresavanja (Fkn), a da ne dođe do pomeranja točka duž sedišta glavčine).



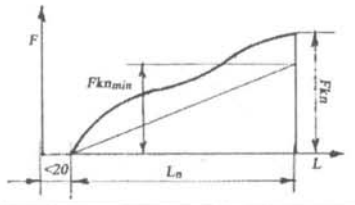
13. DIJAGRAM NEISPRAVAN (ŠKART)
Ukoliko je krajnja sila napresavanja veća od maksimalne računske sile napresavanja za više od 10%, sklop se smatra škartom.



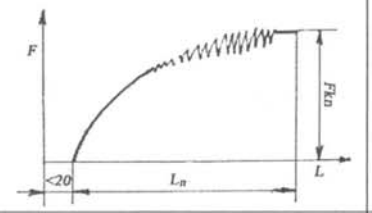
14. DIJAGRAM NEISPRAVAN (ŠKART)
Nije dozvoljen nikakav neravnomeran porast sile napresavanja na bilo kom delu dijagrama.



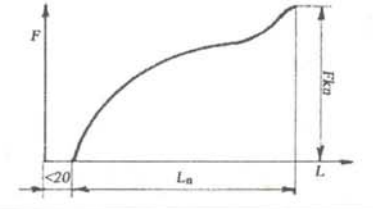
15. DIJAGRAM NEISPRAVAN (ŠKART)
Nije dozvoljen stepenasti oblik dijagrama napresavanja.



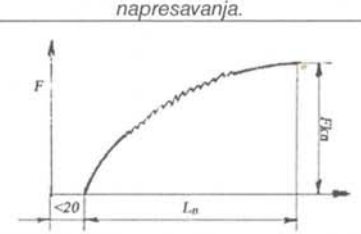
16. DIJAGRAM PRIHVATLJIV
Dozvoljava se delimično pozitivno ulegnuće krive napresavanja pod uslovom da je ista iznad linije minimalne sile napresavanja.

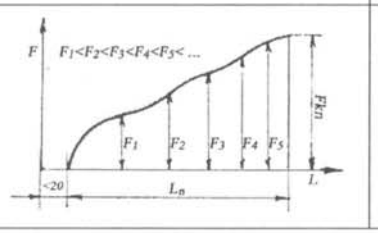


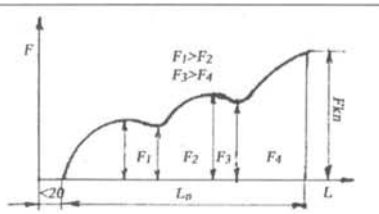
17. DIJAGRAM NEISPRAVAN (ŠKART)
Nisu dozvoljene oscilacije sila napresavanja.



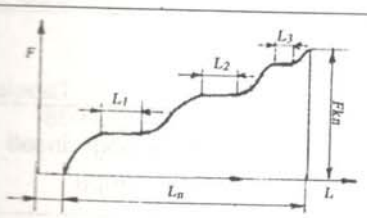
18. DIJAGRAM IZUZETNO PRIHVATLJIV
Sklop se ne smatra škartom, iako na kraju napresavanja postoji nepoželjni naskok sile.



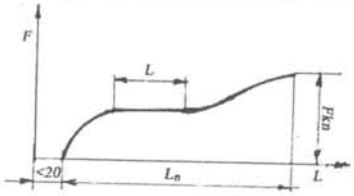




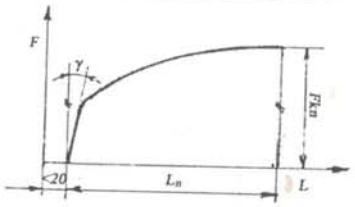
19. DIJAGRAM NEISPRAVAN (ŠKART)
Nisu dozvoljene oštre oscilacije sile navlačenja na bilo kom delu dijagrama.



20. DIJAGRAM PRIHVATLJIV
Dozvoljavaju se blage oscilacije sile napresavanja, ako je vrednost svake naredne sile veća od vrednosti predhodne sile.



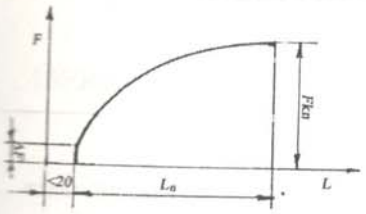
21. DIJAGRAM NEISPRAVAN (ŠKART)
Nisu dozvoljene ni blage oscilacije sile navlačenja, ako je vrednost svake naredne sile manja od vrednosti predhodne sile.

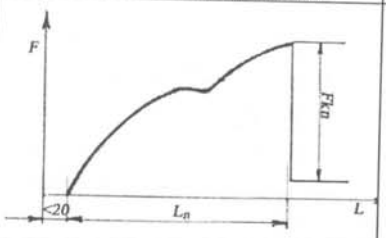


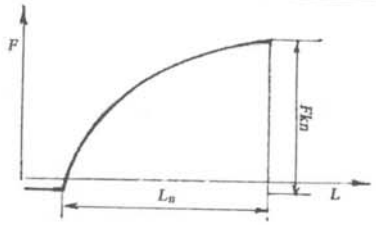
22. DIJAGRAM NEISPRAVAN (ŠKART)
Nisu dozvoljene ni horizontalne prave linije na krivoj napresavanja.

23. DIJAGRAM PRIHVATLJIV
Dovoljava se samo jedno pravo mesto dužine do 5 mm ili više pravih linija ukupne dužine ne veće od 5 mm, pod uslovom da je razmera za dužinu dijagrama 1:2. Kod druge razmere izvršiti preraču–navanje dopuštene dužine horizontalnih pravih. Konkretno za "Valdunes" dozvoljeno 7,5 mm.

24. USLOVNO ISPRAVAN DIJAGRAM
Nije dozvoljen oštar naskok sile navlačenja na početku krive navlačenja. Ukoliko je ugao nagiba naskoka manji od 5⁰ sklop se smatra škartom, a ukoliko je taj ugao veći od 5⁰ sklop se ne smatra škartom.



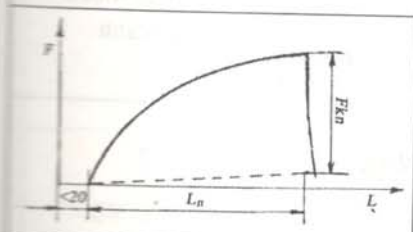


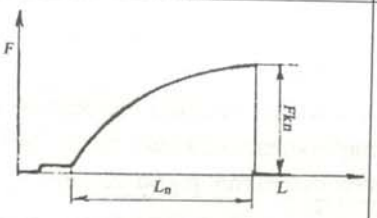


25. USLOVNO ISPRAVAN DIJAGRAM
Ako je naskok sile napresavanja na početku dijagrama manji od 20 kN, sklop se ne smatra škartom.

26. DIJAGRAM PRIHVATLJIV
Prihvatljiv je oblik dijagrama navlačenja, iako kriva na dijagramu odstupa od nulte linije naviše. Krajnja sila navlačenja umanjuje se za vrednost odstupanja od nulte linije.

27. DIJAGRAM PRIHVATLJIV
Prihvatljiv je oblik dijagrama navlačenja, iako kriva na dijagramu odstupa od nulte linije naniže. Krajnja sila navlačenja povećava se za vrednost odstupanja od nulte linije.





28. DIJAGRAM PRIHVATLJIV
Prihvatljiv je oblik dijagrama navlačenja, iako je kriva na dijagramu sa zakošenjem. Krajnja sila navlačenja umanjuje se za vrednost odstupanja od nulte linije.

29. DIJAGRAM PRIHVATLJIV
Presovani sklop sa ovakim oblikom dijagrama ne smatra se škartom iako je na početku dijagrama evidentan prazan hod klipa prese. Krajnja sila navlačenja umanjuje se za vrednost sile praznog hoda klipa prese.

Tabela 2

Redni broj	Broj osovinskog sklopa	Broj šarže osovine	Redni broj osovine u šarži	Sila napresavanja točka (MN)		Preklop (mm)	
				Levog	Desnog	Levog	Desnog
1.	185041	A 7018	3	0,88	0,75	0,33	0,33
2.	185042	A 7016	56	0,82	0,80	0,33	0,33
3.	185043	A 7018	19	0,70	1,00	0,33	0,33
4.	185044	A 7016	57	0,77	0,71	0,33	0,33
5.	185045	A 7018	21	0,75	0,65	0,32	0,32
6.	185046	A 7018	22	0,72	0,65	0,33	0,33

7.	185047	A 7018	15	0,70	0,75	0,31	0,33
8.	185048	A 7018	20	0,84	0,71	0,33	0,32
9.	185049	A 7018	26	0,74	0,70	0,32	0,32
10.	185050	A 7018	5	0,71	0,82	0,33	0,33

Tabela 3

Broj osov. sklopa	Točak L/D	Odstupanje dijagrama od normalnog oblika	Ocena pogodnosti sklopa
185041	L	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja.	Sklop se prihvata
	D	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja.	Sklop se prihvata
185042	L	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja.	Sklop se prihvata
	D	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja.	Sklop se prihvata
185043	L	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja. 2. Negativan trend porasta sile napresavanja u prvoj polovini dijagrama. 3. Postojanje horizontalne prave linije na kraju dijagrama na dužini manjoj od 25 mm, sa tendencijom opadanja iste.	?
	D	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja. 2. Negativan trend porasta sile napresavanja u prvoj polovini dijagrama. 3. Krajnja sila napresavanja je na samoj granici maksimalne računske sile.	Sklop se može prihvatiti
185044	L	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja. 2. Opadanje sile napresavanja sa porastom dužine napresavanja na dužini većoj od 7,5 mm. 3. Negativan trend porasta sile napresavanja u prvoj polovini dijagrama.	Sklop se može prihvatiti
	D	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja. 2. Pad sile napresavanja za više od 0,025 MN na kraju dijagrama na dužini manjoj od 25 mm.	?
Broj osov. sklopa	Točak L/D	Odstupanje dijagrama od normalnog oblika	Ocena pogodnosti sklopa
185045	L	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja. 2. Postojanje horizontalne prave linije na početku dijagrama na dužini većoj od 7,5 mm. 3. Negativan trend porasta sile napresavanja u prvoj polovini dijagrama.	?
	D	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja. 2. Postojanje horizontalne prave linije na početku dijagrama na dužini većoj od 7,5 mm. 3. Sila napresavanja manja od minimalne sile na jednom delu dijagrama. 4. Krajnja sila napresavanja jednaka je minimalnoj računskoj sili.	Sklop se smatra škartom

Broj osov. sklopa	Točak L/D	Odstupanje dijagrama od normalnog oblika	Ocena pogodnosti sklopa
185046	L	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja. 2. Postojanje horizontalne prave linije na početku dijagrama na dužini većoj od 7,5 mm.	Sklop se može prihvatiti
	D	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja. 2. Sila napresavanja ispod minimalne sile na oko 50% dužine dijagrama.	Sklop se smatra škartom
185047	L	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja. 2. Opadanje sile napresavanja sa porastom dužine napresavanja na dužini većoj od 7,5 mm.	Sklop se može prihvatiti
	D	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja.	Sklop se može prihvatiti
185048	L	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja. 2. Postojanje horizontalne prave linije na početku dijagrama na dužini većoj od 7,5 mm.	Sklop se može prihvatiti
	D	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja. 2. Postojanje horizontalne prave linije na početku dijagrama na dužini većoj od 7,5 mm.	Sklop se može prihvatiti
185049	L	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja. 2. Opadanje sile napresavanja sa porastom dužine napresavanja na dužini većoj od 7,5 mm.	Sklop se prihvata
	D	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja. 2. Postojanje horizontalne prave linije na početku dijagrama na dužini većoj od 7,5 mm. 3. Negativan trend porasta sile napresavanja u čitavoj prvoj polovini dijagrama.	Sklop se može prihvatiti
185050	L	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja. 2. Opadanje sile napresavanja sa porastom dužine napresavanja na dužini većoj od 7,5 mm.	Sklop se može prihvatiti
	D	1. Veliki naskok sile na početku napresavanja.	Sklop se prihvata

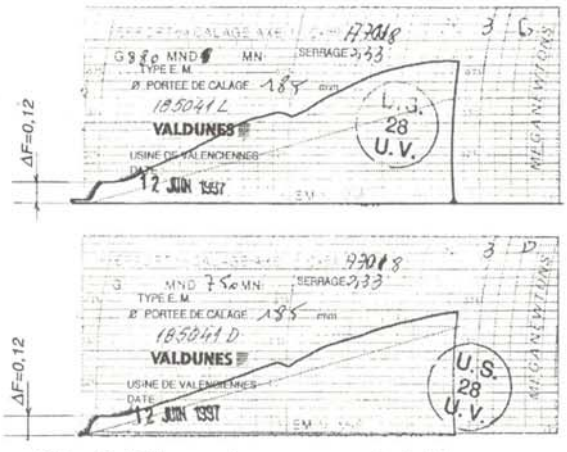
Međutim, opet iz razloga štednje prostora, na slikama 3 do 6 prikazani su dijagrami napresavanja za samo četiri osovinska sklopa, odnosno za osam točkova, za koje se ne može reći da su prezentanti za sve analizirane dijagrame (ima i boljih, a ima i gorih).

Na kraju, u tabeli 4 daje se ocena pogodnosti presovanih sklopova za posmatranih 10 sklopova, a u tabeli 5 – procentualna ocena (procena) stanja svih 40 analiziranih osovinskih sklopova.

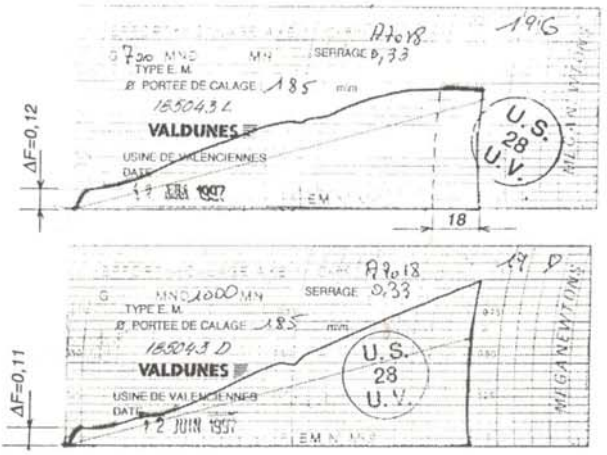
Iz tabele 4 sledi da se od ukupno analiziranih 20 presovanih sklopova (točkova), dva mogu smatrati, po oceni autora, škartom, tri su *nedefinisana* (označena znakom pitanja zbog neusaglašenih stavova Kupca i Prodavca, dok se ostalih 15 presovanih sklopova mogu smatrati ispravnim.

Iz tabele 5 sledi da je od ukupno analiziranih 40 osovinskih sklopova, odnosno 80 presovanih sklopova (točkova), što je nešto manje od polovine ukupnog broja isporučenih i primljenih osovinskih sklopova, neispravno 15 (18,75%), nedefinisano 13 (16,25%) i ispravno 52 (65%) presovanih sklopova.

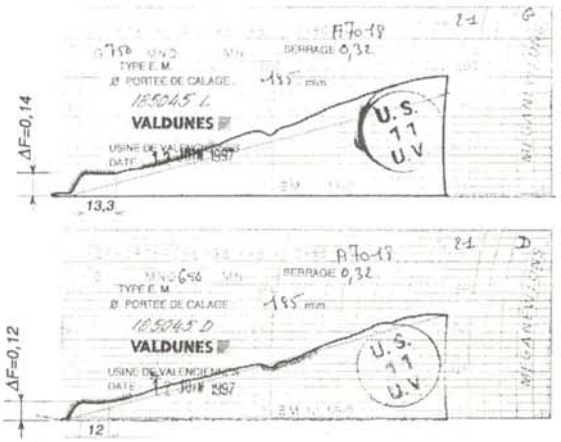
Pada u oči veliki procenat tzv. nedefinisanih sklopova, zbog, kako je malo pre rečeno, neusaglašenih stavova Kupca i Prodavca. Naime, radi se o sledećem. Kupac je zvanično reklamirao tri dijagrama (na osovinskim sklopovima br.185021, 185023 i 185025) Prodavcu za koje Kupac smatra da nisu u skladu sa objavom *UIC 813*. Prodavac nije prihvatio reklamaciju Kupca tvrdeći da su



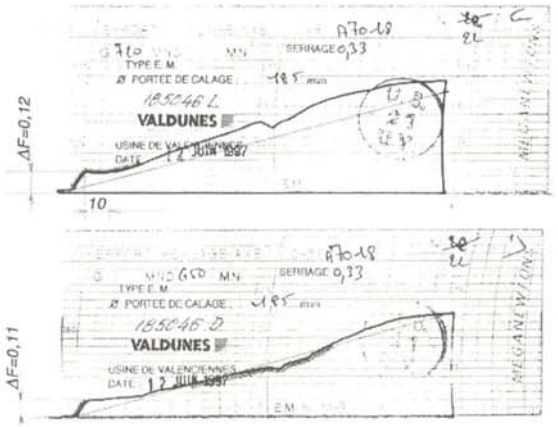
Slika 3. Dijagrami napresavanja točkova na osovinskom sklopu br.185041.



Slika 4. Dijagrami napresavanja točkova na osovinskom sklopu br.185043.



Slika 5. Dijagrami napresavanja točkova na osovinskom sklopu br.185045.



Slika 6. Dijagrami napresavanja točkova na osovinskom sklopu br.185046.

Tabela 4

Red. br.	Broj osovinskog sklopa	Ocena pogodnosti sklopa	
		Levi točak	Desni točak
1.	185041	Ispravan	Ispravan
2.	185042	Ispravan	Ispravan
3.	185043	?	Ispravan
4.	185044	Ispravan	?
5.	185045	?	**ŠKART**
6.	185046	Ispravan	**ŠKART**
7.	185047	Ispravan	Ispravan
8.	185048	Ispravan	Ispravan
9.	185049	Ispravan	Ispravan
10.	185050	Ispravan	Ispravan

Tabela 5

UKUPNO OSOVINSKIH SKLOPOVA	40	
UKUPNO TOČKOVA (DIJAGRAMA)	80	100,00%
NEISPRAVNIH PRESOVANIH SKLOPOVA	15	18,75 %
SKLOPOVI NEDEFINISANE OCENE	13	16,25 %
ISPRAVNIH PRESOVANIH SKLOPOVA	52	65,00 %

dijagrami u skladu sa nacionalnim standardom *NF F 01 126* (*Anex A*), a da neki nedostaci dijagrama nisu ni definisani propisima **UIC**. Kupac nije mogao biti zadovoljan ovakvim stavom Prodavca, jer su, očigledno, neki od propisa citiranih u francuskom standardu u koliziji sa propisima objave **UIC**. Nažalost, zbog intervencije NATO-a na našu zemlju i posledica iste, prekinut je, privremeno, dijalog Kupca i Prodavca o ovom **problemu**.

4. ZAKLJUČAK

Iz napred izloženog, bez obzira što analizom nije obuhvaćen ukupan broj primljenih osovinskih sklopova, i pod pretpostavkom da će se dobar deo spornih dijagrama rešiti u međusobnom dijalogu stručnjaka **ŽTP "Beograd"** i firme **"Valdunes"** u ***korist*** proizvođača, ipak se, po mišljenju autora, oko 10% isporučenih presovanih sklopova, tj. oko 5% isporučenih osovinskih sklopova mogu smatrati škartom, tj. nezadovoljavajućim sa aspekta oblika dijagrama

(L)

Slika 7. šema početka procesa napresavanja i dijagrama napresavanja monoblok točkova na osovinu osovinskog sklopa.

napresavanja, iako su i preklopi i krajnje sile napresavanja u granicama dozvoljenih. Mnogo toga se dešava između početka i kraja napresavanja preko čega se ne bi smelo ćutke prelaziti. Možda bi se preko uočenog problema moglo preći ćutke, jer ne predstavlja masovnu grešku, međutim, imajući u obzir već ugovorenu kooperaciju za proizvodnju (obradu i kompletiranje) osovinskih sklopova **"Valdunes"** u našoj zemlji (**FŽV "Želvoz"**), kao i činjenicu da su do sada isporučeni osovinski sklopovi ugrađeni pod našim kolima namenjenih, prevashodno, za saobraćaj po evropskim prugama brzinama do 200 km/h za koju su i projektovana, a ne nekim ograničenim brzinama kao na našim prugama zbog tehničkog stanja i velikih koeficijenata zakrivljenosti istih, to se ne sme preći ćutke preko ovog propusta (opet se naglašava – po mišljenju autora ovog rada) proizvođača, tj. svakako se mora naći kompromisno rešenje ili, bar, obrazloženje koje će zadovoljiti obe strane, a u interesu nauke, tehnike i, pre svega, bezbednosti saobraćaja.

LITERATURA

(1) Aleksandrov V.: *Železnička kola*, ŽELNID, Beograd, (2000).

(2) Aleksandrov V.: *Održavanje železničkih vozila*, ŽELNID, Beograd, (2000).

(3) Aleksandrov V.: *Održavanje osovinskih sklopova (priručnik pred objavljivanjem)*, ŽELNID, Beograd, (2000).

(4) Aleksandrov V.: *Priručnik za prijem monoblok točkova i osovinskih sklopova* ***"Valdunes"*** *(radni materijal za internu upotrebu)*, ŽTP "Beograd", Beograd, (1998).

(5) Aleksandrov V.: "Kriterijumi za ocenu kvaliteta i pouzdanosti navlačenja monoblok točkova na osovine hladnim postupkom", *Zbornik radova sa*

savetovanja ***Inovacije znanja***, Viša železnička škola Beograd, Beograd, (1998).
(6) Aleksandrov V.: "Naponsko stanje, proračun i ocena kvaliteta presovanih sklopova točak–osovina", *Zbornik radova sa savetovanja* ***Železničko mašinstvo***, Niš, (1998).
(7) Objava UIC 813.
(8) Standard NF F 01 126 (Francuska).

"VALDUNES" MONOBLOCK AXLE/WHELL SETS – PRESSED ASSEBLY DIAGRAM ANALYSIS

Vladimir Aleksandrov, B. Sc. Mech. Eng, Railway Transport Enterprise "Beograd", Rolling Stock Maintenance Department , Belgrade

Abstract *– Axle sets with monoblock wheels and brake dises, manufactured by the Franch firm* ***Valdunes****, were used in carriages of the latest Z1 design (for speeds of 200 km/h), made in* ***Goša Co****. The autor of this paper has participated in quality control acceptance procedure of theese axle sets at factorz site in France. Some discrepancies were noticed during the hand–over between pressed–assembly diagram and the* ***reference*** *diagram. This paper is the analysis of one batch of delivered axle sets with an argument concering the discrepancy causes and the author's proposal of remedial measures that would eliminate them in future deliveries.*

Key words *– Railway, Carriage, Axle/Wheel Set, Axle, Wheels, Pressed–Assembly Diagrams.*

Izbor sistema prenosa snage železničkih vučnih vozila

Stojan Stamenković, Slobodan Stefanović

1. UVOD

Osnovni zadatak železničkih vučnih vozila je da obezbede ekonomičnu i bezbednu vuču vozova. Kada je reč o ekonomičnoj vuči, onda posebno treba voditi računa o racionalnom korišćenju snage pogonskih motora (agregata) vučnih vozila, odnosno, o njihovom izboru. Snaga izabranog pogonskog motora treba u potpunosti da udovolji postavljenim uslovima eksploatacije. Međutim, ako se radi o racionalnom korišćenju snage pogonskih motora, onda je neophodno odgovarajuću pažnju posvetiti sistemu prenosa snage. Zadatak sistema prenosa je transformacija obrtnog momenta od pogonskog motora do pogonskih točkova.

Kod savremenih vučnih vozila, snaga koju treba preneti iznosi i preko11.000 (KW) za brzine od 500 (km/h), što su svakako pokazatelji koji govore o značaju sistema prenosa snage železničkih vučnih vozila i potrebe izbora optimalnog sistema prenosa snage.

2. OSNOVNI KRITERIJUMI ZA IZBOR SISTEMA PRENOSA SNAGE

Kriterijumi za izbor sistema prenosa snage železničkih vučnih vozila formiraju se uglavnom prema nameni vozila, odnosno prema zahtevanim uslovima eksploatacije tog vozila. Sistem prenosa snage treba da obezbedi iskorišćenje nominalne snage pogonskih motora u različitim uslovima vuče i da omogući realizaciju vučne sile u intervalu od njene minimalne do maksimalne vrednosti.

Međutim, pri izboru treba detaljno razmotriti i sve ostale zahteve koji se mogu pojaviti, a mogu imati uticaja na efikasnost eksploatacije vučnog vozila. Kada je reč o sistemu prenosa snage, kod železničkih vučnih vozila praktičnu primenu nalaze sledeće vrste prenosnika:

- mehanički prenosnik snage (DM),
- hidraulični prenosnik snage (DHL),
- dizel- električni prenosnik snage (DEL) i
- električni prenosnik snage.

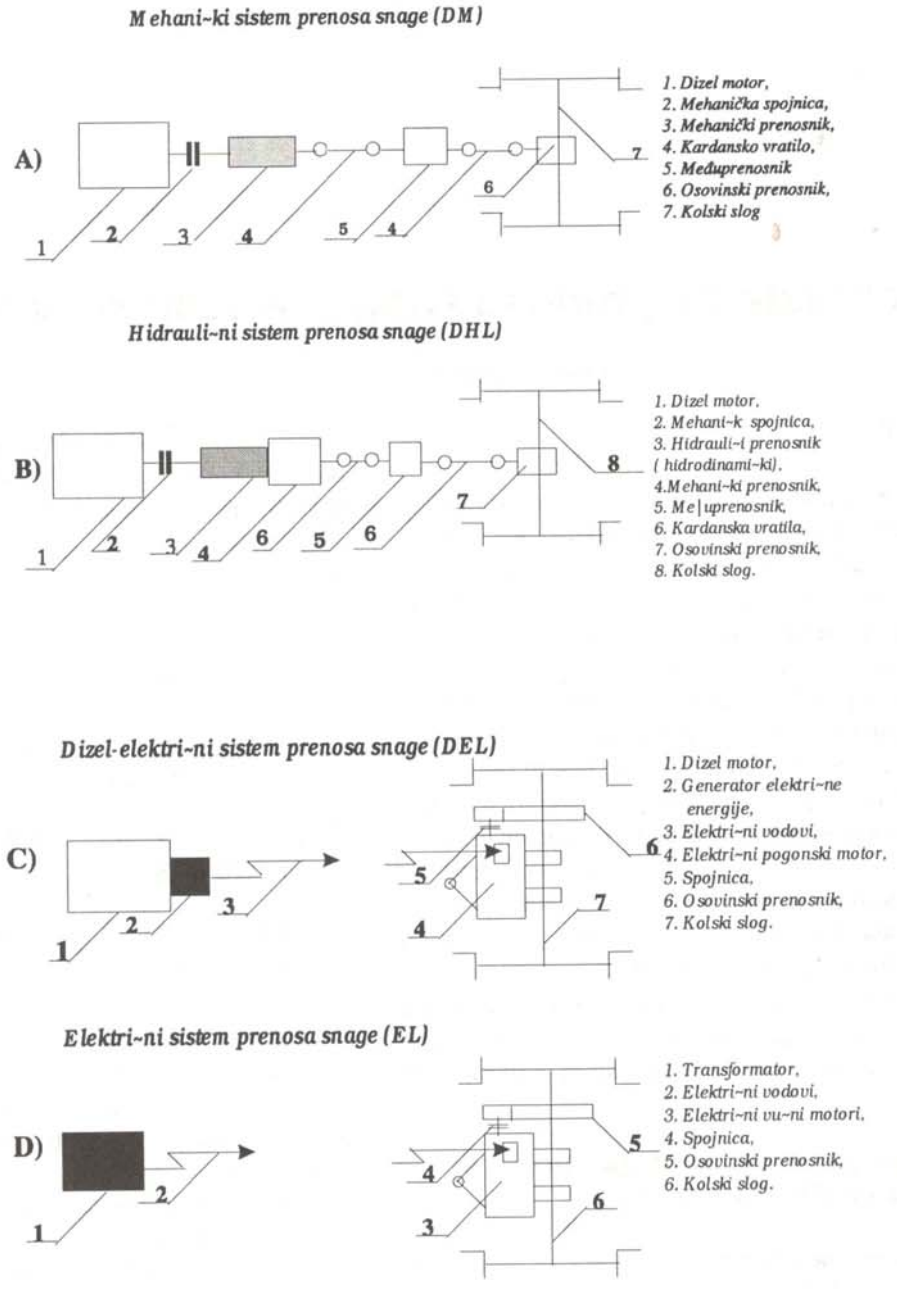
Šematski prikaz ovih prenosnika sa njihovim osnovnim elementima dat je na slici 1.

3. OSNOVNE KARAKTERISTIKE SISTEMA PRENOSA SNAGE

Da bi se izvršio izbor odgovarajućeg sistema prenosa snage (optimalnog prenosnika snage), potrebno je izvršiti detaljnu analizu njihovih osnovnih karakteristika. Pri ovome, moguće je sistem prenosa snage posmatrati samostalno kao celinu, ili pak, kao deo sistema u sklopu vučnog vozila. Svaki sistem prenosa snage ima svoje specifičnosti i značajne karakteristike. U radu je izvršena analiza nekih važnih zajedničkih karakteristika kao što su:

- vučne karakteristike (vučni pasoš),
- stepen korisnog dejstva,
- potrošnja energije za vuču vozova,
- pojava otkaza (kvarova) u toku radnog veka,
- pogodnost održavanja sistema,
- uticaj masa sistema na produktivnost vučnog vozila i td.

Dr Stojan Stamenković dipl. inž., Mašinski fakultet Niš, Beogradska 14.
Mr Slobodan Stefanović dipl. inž., Koordinator mašinskog održavanja, Centar za istraživanje i razvoj D.P. Nitex- Niš, ul. Ratka Pavlovića br. 58.



Slika 1. Šematski prikaz sistema prenosa snage železničkih vučnih vozila

Sprovedena uporedna analiza, pri čemu su istaknute dobre osobine kao i nedostaci pojedinih prenosa, prikazana je tabelarno u tabeli T.1

Tabela T-1. Uporedna analiza osobina određenih sistema prenosa snage

R. B.	Vrste prenosa	Dobre osobine prenosa	Loše osobine prenosa
I	II	III	IV
1.	Dizel - Mehanički sistem prenosa snage (DM)	1.1. Najeftiniji od svih prenosa, 1.2. Ima najbolji stepen korisnog dejstva, 1.3. Ima najmanju težinu i zapreminu, 1.4. Kao neregulisan prenos je ekonomičan, 1.5. Siguran je u pogonu, 1.6. Lak je za održavanje, 1.7. Elementima zupčastog prenosa povećava se transformacija obrtnog momenta i proširuje područje rada sa visokim stepenom korisnog dejstva, 1.8. Potrošnja energije prema dopunjenoj vučnoj karakteristici je najpovoljnije.	1.1. Ne može se primeniti za veće snage zbog povećanja dimanzija, težine i hlađenja (Pmax.=500 KW), 1.2. Menjanje brzine ne može biti potpuno automatizovano, 1.3. Potreban je veći broj zupčastih sprega za veći opseg brzina, 1.4. Veliki broj pokretnih elementa u prenosu, 1.5. Malo područje primene, 1.6. Nemoguća kontinualna regulacija izlazne brzine.
2.	Dizel - Hidraulični sistem prenosa snage (DHL)	2.1. Mali gabarit, 2.2. Mala specifična težina u odnosu na snagu, 2.3. Mali moment inercije pokretnih delova, 2.4. Omogućava povoljnije iskorišćenje snage dizel motora, 2.5. Mogućnost kontinualne regulacije izlezne brzine u širokom dijapazonu, 2.6. Mogućnost relativno jednostavne automatizacije i distancionog upravljanja, 2.7. Automatsko prilagođavanje brzine radnim uslovima (naročito važno kod čestih promena radnih režima), 2.8. Omogućuje dobar koeficijenat athezije (μa=0,33), 2.9. Upotrebljava se za sve snage do P=1500 KW (dobra univerzalna karakteristika prenosa), 2.10. Koeficijent mase sistema prenosa u ukupnoj masi vozila je niži nego kod DEL sistema prenosa snage.	2.1. Automatizovana regulacija čini konstrukciju složenom i skupom, 2.2. Osetljiv je na visoke temperature, 2.3. relativno složen proces proizvodnje elemenata hidropretvarača, 2.4. Mali broj specijalizovanih fabrika koje proizvode hidraulične prenosnike, 2.5. Veliki broj pokretnih elemenat, 2.6. Izrazita zavisnost stepena korisnog dejstva od izlazne brzine (oblast rada je sa visokim stepenom korisnog dejstva i relativno uskom području primene izlazne brzine), 2.7. Veća stručnost osoblja za održavanje i upravljanje ovim sistemom prenosa.
3.	Dizel električni prenos snage (DEL)	3.1. Primenjuje se za veće snage do 2500KW kod J.Ž., a u svetu i do 4400 KW i više, 3.2. Ukoliko je snaga kod ovog prenosa veća bolji je stepen korisnog dejstva, 3.3. Promena snage dizel motora je povoljna, 3.4. Omogućuje najmanju specifičnu potrošnju dizel goriva u odnosu na ostale sisteme prenosa snage dizel vuče, 3.5. Omogućuje dobar polazni moment, 3.6. Omogućuje dobru regulaciju vučne sile.	3.1. Relativno veća masa i cena u odnosu na ostale sistema prenosa snage dizel vuče, 3.2. Znatna potrošnja obojenih metala, visokokvalitetnih čelika sa određenim magnetnim karakteristikama i izolacionih materijala, 3.3. Veća stručnost osoblja za održavanje i upravljanje ovim sistemom prenosa.
4.	Električni prenos snage (EL)	4.1. Konstantan obrtni moment vučnih motora, omogućuje dobro iskorišćenje snage, 4.2. Električna lokomotiva se može za kratko vreme preopteretiti jer ima na raspolaganju velike količine energije iz napojne mreže, jer joj to omogućuju vučni motori. Zbog toga je električna lokomotiva vrlo pogodna za brdske pruge i za pruge sa malim udaljenostima stanica, gde pokretanje voza treba da bude što brže, 4.3. Električnom lokomotivom se znatno smanjuje zagađenost čovekove okoline, 4.4. Težina lokomotive po jedinici snage je mala jer se izvor energije nelezi van nje, 4.5. S obzirom da električna lokomotiva ne nosi postrojenje za proizvodnju električne energije troškovi za njeno održavanje su mali, 4.6. Veliki broj obrtaja elektromotora omogućuje velike brzine lokomotive sa malim prečnikom točka, 4.7. sigurnost u pogonu, 4.8. Odsustvo kinematske veze pogonskog vratila dizel motora i pogonskih točkova i potpuna sloboda razmeštaja opreme prilikom konstruisanja nove lokomotive, 4.9. Veza vučnih motora i transformatora je kablovska i ne zahteva posebno održavanje,	4.1. Za male snage veća težina sistema prenosa, 4.2. potrebna veća stručnost osoblja za upravljanje ovim sistemom prenosa snage, 4.3. Relativno veća cena sistema, 4.4. Visoke investicije za elektrifikaciju pruga (ovakav sistem prenosa iziskuje velike početne investicije).

I	II	III	IV
4.	Električni prenos snage (EL)	4.10. Vučne karakteristike radnog vučnog motora su bolje od karakteristika ostalih prenosa, 4.11. Razmeštaj vučnih motora u obrtnom postolju je takav da je svako vratilo motorno sa nezavisnim pogonom, tako da u slučaju kvara na nekom vučnom motoru on se može isključiti i nastaviti vožnja, 4.12. moguća je kontinualna regulacija vučne sile na obodu točkova lokomotive u zavisnosti od brzine, 4.13. Moguća je automatizacija rada releja i kontaktora vuče u svim režimima rada lokomotive, 4.14. Minimalni gubici u procesu ubrzavanja voza i kod graničnih opterećenja, 4.15. Dug vek trajanja i visok stepen pouzdanosti u eksploataciji, 4.16. Jednostavno rukovanje i održavanje, 4.17. Sa mehaničkim prenosom ima najveći stepen korisnog dejstva sistema., 4.18. Mali broj obrtnih delova u sistemu prenosa, 4.19. Potpuna je automatizacija i regulacija izlazne brzine,	

4. OCENE OSOBINA SISTEMA PRENOSA SNAGE

Na osnovu uporedne analize osobina sistema prenosa snage, u cilju izbora optimalnog prenosnika, izvršena je i ocena značajnih osobina. Rezultati su prikazani u tabeli T.2.

Tabela T-2. Ocena osobina sistema prenosa snage

R.B.	Osobine sistema prenosa snage	Ocene sistema			
		DM	*DHL*	*DEL*	*EL*
1.	Vučne karakteristike	- -	+	+ -	+ +
2.	Maksimalan stepen korisnog dejstva	+ +	-	+ -	+ +
3.	Srednja specifična potreošnja dizel goriva	- -	+	+ +	0
4.	Srednja specifična potreošnja dizel goriva dopunjenom vučnom karakteristikom	+ +	+	- -	0
5.	Broj kvarova (u garantnom roku posle izvršene generalne oprevke) delova po vrstama sistema prenosa snage	0	-	++	+
6.	Srednja vrednost imobilizacije sistema prenosa snage na vučnim volizima	- -	+ +	+ +	+ -
7.	Srednja vrednost inteziteta otkaza (kvarova) po vrstama vučnih vozila na 100.000 pretrčanih kilometara	+ +	- -	+ -	+ +
8.	Održavanje sistema prenosa snage	- -	+ -	+	+ +
9.	Produktivnost lokomotive	*0*	+	-	*0*
10.	Oblast primene sistema prenosa snage (odnosi se na snagu pogonskog agregata)	- -	+ -	+	+ +
11.	Ukupna cena prenosa	+ +	+	- -	+ -
12.	Ukupna težina i masa komponenata sistema prenosa	+	+ +	- -	+ -
13.	Regulacija upravljanja sistemom prenosa snage	- -	+ +	+ -	+
14.	Gabarit ugradnje prenosa (razmeštaj komponenata sistema prenosa)	+ -	+	- -	+ +
15.	Specifična težina sistema prenosa u odnosu na snagu vučnog vozila	+	+ +	- -	+ -
16.	složenost konstrukcije komponenata sistema prenosa	+ -	- -	+	+ +
17.	Uticaj kinemtaskih veza	+ -	+ -	+	+ +
18.	Ponašanje sistema prenosa na preopterećenost komponenata	- -	+	+ -	+ +
19.	Investiciona ulaganja u razvoj i distribuciju energije	+	+	+	-
20.	Zagađenost čovekove životne stredine	-	+ -	+ -	+
21.	Kvalifikacija osoblja za rukovanje i održavanje sistema prenosa snage	-	+ -	+ -	+

***Napomena**: oznaka (+) pozitivna ocena osobina sistema, oznaka (-) negativna ocena osobina sistema, oznaka (0) ne sadrži ocenu osobina sistema.*

Na osnovu ocene osobina prikazanih u tabeli T.2., uveden je koeficijent ocena osobina ($\xi 0$). Ovaj koeficijent definisan je kao odnos (količnik) ocene prednosti i nedostataka osobina sistema prenosa snage, a vrednosti za pojedine sisteme date su u tabeli T.3.

Tabela T-3. Vrednosti koeficijenta ocena osobina - $\xi 0$

Sistem prenosa snage	*Σprednosti osobina (+)*	*Σnedostatak osobina (-)*	*koeficijent odnosa osobina (ξo)*
DM	*14*	*19*	*0,736*
DHL	*20*	*11*	*1,818*
DEL	*17*	*18*	*0,944*
EL	*26*	*5*	*5,2*

Na osnovu prikazanih odnosa ocena osobina sistema prenosa snage može se reći, da je sistem električnog prenosa snage sa najvećom vrednošću koeficijenta odnosa osobina. Kod pruga gde je zastupljena dizel vuča (pruge koje nisu elektrificirane ili se ne mogu elektrificirati zbog složenosti deonica; useeci, veliki radijusi krivina zbog strukture terena, dugački tuneli i sl.) prednost se daje dizel - hidrauličnom sistemu prenosa snage zbog najboljeg odnosa osobina pri analiziranim osobinama dizel vuče.

5. ZAKLJUČAK

Obzirom na komleksnost zahteva koji se postavljaju pred železničkim vučnim vozilima, prilikom izbora sistema za prenos snage, neophodno je detaljno izanalizirati sve vreste prenosa i usvojiti onaj koji će u najvećoj mogućoj meri odgovarati postavljenim zahtevima.

Analiza sprovedena u ovom radu, pruža mogućnost donošenja odgovarajućih konkretnijih zaključaka kada je reč o izboru optimalnog sistema prenosa snage. Na osnovu nje nije teško zaključiti da najviše dobrih osobina ima električni sistem prenosa snage, te uvek kada je to moguće treba mu dati prednost nad ostalim prenosnicima i dalje raditi na njegovom razvijanju i usavršavanju. U prilog ovom zaključku ide i to da je razvojni cilj J.Ž. da se sve pruge elektrificiraju.

LITERATURA:

1. Bogdanović R., Lokomotive (skripta), Mašinski fakultet, Niš, 1992.
2. Bogdanović R., Stamenković S., Teorija vuče (skripta), Mašinski fakultet, Niš, 1993.
3. Dinić D., Vuča vozova, Zavod za novinsko-izdavačku i propagandnu delatnost J.Ž., Beograd, 1985.
4. Lučanin S., Dizel električne lokomotive, Zavod za novinsko- izdavačku i propagandnu delatnost J.Ž., Beograd, 1990.
5. Paunović D., Korišćenje i održavanje železničkih vučnih vozila- vuča, Zavod za novinsko- izdavačku i propagandnu delatnost J.Ž., Beograd, 1975.
6. Pajić D., Vučana vozila- Mašinski deo, Zavod za novinsko- izdavačku i propagandnu delatnost J.Ž., Beograd, 1981.
7. Patin P., Las transmision de pussance, Beograd, 1961.
8. Papov N.I., Toplovozi, Moskva, 1976.
9. Stojimirović P., Dizel vučna vozila J.Ž.- Mašinski uređaji, NIP Borba, Beograd, 1969.
10. Sandner O.,Turbogetribe der Generation fur Diesellokomotiven und Dieseltriebwagen, Munchen, 1989.
11. Stefanović S., Magistarski rad, Mašinski fakultet Niš, 2000.

Mogućnost domaćeg razvoja lakih hidrauličkih dizalica za potrebe železnice

Miomir Jovanović [1], Zoran Marinković [2], Dragan Marković [3], Života Đorđević [4]

Rezime: *U radu je dat postupak razvoja parametarskih i dimenzionih redova veličina, izbor materijala i proračun tipskih modela familije lakih hidrauličkih dizalica. Ovde je maksimalno zastupljena teorija sličnosti, odnosno izvršena je unifikacija i tipizacija sastavnih delova, čime su stvoreni uslovi za grupnu tehnologiju izrade, kvalitetniju proizvodnju, efikasniju eksploataciju i jeftinije održavanje. Tipski modeli familije ovih dizalica nalaze primenu kod interventnih poslova, havarijskih situacija i montažnih radova na železnici.*

Ključne reči: *železnica, familija proizvoda, hidraulička dizalica, klip, cilindar*

1. UVOD

U transportnoj tehnici se prilikom dizanja relativno velikih tereta na male visine često koristi posebna grupa malih hidrauličkih dizalica. Klasičan oblik ovih dizalica koje koriste ulje kao radni fluid se sastoji iz radnog cilindra, klipa na koji se oslanja teret, rezervoara fluida i sistema poluga za ručno pokretanje.

Savremeni oblik ovih dizalica umesto sistema poluga raspolaže posebnim agregatom (elektromotor, zupčasta pumpa, rezervoar ulja ...) u cilju stvaranja hidrostatičke energije koja se putem vodova dovodi do cilindra i tu ponovo pretvara u mehaničku. Faktički to su posebni višestepeni teleskopski klipni parovi (cilindri) koji se odlikuju malom zapreminom i masom. Ovaj hidraulički sistem stvara veliku radnu silu na malom prostoru, jer se radni pritisci kreću do 540 bar.

Spektar primene ovih dizalica je širok i koriste se kod teških montažnih radova u mostogradnji, građevinarstvu (npr. podizanje i postavljanje kupole od deset hiljada tona na hram Svetog Save u Beogradu) itd. Naročitu primenu imaju u interventnim poslovima na železnici u slučaju iskliznuća voza sa šina i njegovog brzog povratka na kolosek uz pomoć sistema firme "LUKAS " [1].

Od ovih dizalica zahteva se operativnost, visoka radna sigurnost i pouzdanost, bezbedan rad i laka prenosivost. Ovo se postiže izborom adekvatnih materijala (Al-legura visokih vrednosti mehaničkih karakteristika), primenom savremenih metoda projektovanja, dimenzionisanja i proračuna sastavnih elemenata, korišćenjem kvalitetnijih tehnologija izrade, montaže i servisiranja.

Kod nas ovakve dizalice od čelika proizvodi firma "DEMI" [2], koje se odlikuju većom masom u odnosu na lake dizalice od aluminijumskih legura koje proizvodi firma "LUKAS" [1]. Zato je u ovom radu dat deo istraživanja koji ukazuje na mogućnost izrade lakih teleskopskih hidrauličkih dizalica od domaćih materijala i komponenata primenom našeg znanja i tehnologije.

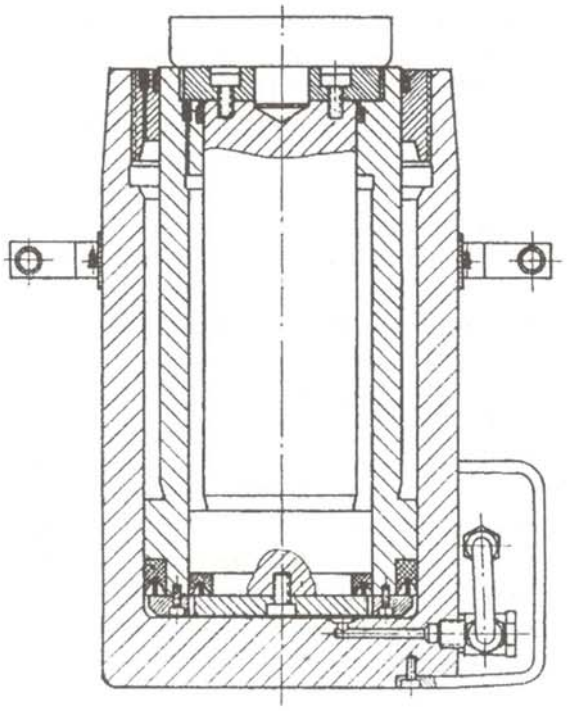
---

[1] dr inž. Miomir Jovanović, van. prof., Mašinski fakultet u Nišu, Beogradska 14, 18000 Niš, E-mail: miomir.jovanovic Ž.ceni.co.yu
[2] dr inž. Zoran Marinković, van. prof., Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu, Beogradska 14, 18000 Niš,
[3] dipl inž. Dragan Marković, šef, Sekcija za vuču i TKS Niš, Sarajevska 22, 18000 Niš,
[4] dipl inž. Života Đorđević, pomoćnik šefa, Sekcija za vuču i TKS Niš, Sarajevska 22, 18000 Niš,

2. KONSTRUKCIJE HIDRAULIČKIH DIZALICA

U principu ovaj tip višestepenih teleskopskih hidrauličkih dizalica (THD) se sastoji iz cilindričnog tela sa vođicom u gornjem delu, dva ili tri klipna para koja se u radu sukcesivno izvlače jedan iz drugog, zaptivki između kliznih površina, priključka za instalaciju sa ventilom sigurnosti i ručica za prenošenje. Telo dizalice predstavlja cilindar za prvi stepen, čiji je klip prilagođen da u sebe primi klipni par drugog stepena kod dvostepenih, a ovaj da prihvati klipni par trećeg stepena kod trostepenih dizalica. Prema tome klip iz prethodnog klipnog para je cilindar za naredni klipni par. Kod poslednjeg klipnog para klip je klasičan, tj. predstavlja klipnu polugu (klipnjaču). Ovo se jasno vidi na slici 1 koja prikazuje u preseku jednu dvostepenu teleskopsku hidrauličku dizalicu firme "LUKAS" iz Erlangena [1].

Podela ovih dizalica se vrši prema vrsti ugrađenih klipnih parova (cilindara) i njihovog broja. Postoje klasični cilindri jednosmernog i dvosmernog dejstva, kao i tzv. plunžerni cilindri. Prema broju cilindara razlikuju se jednostepene i višestepene teleskopske dizalice.



Sl. 1 Dvostepena teleskopska hidraulička dizalica firme "LUKAS", nosivosti 130/60 t

Klasični cilindri imaju dva pokretna zaptivna spoja koja zahtevaju veoma finu obradu dodirnih površina. Oni se prema načinu dejstva dele na cilindre jednosmernog i cilindre dvosmernog dejstva. Kod hidrauličkih dizalica sa prvim tipom cilindara ulje se dovodi samo sa donje strane klipa i imaju samo jedan radni hod u smeru podizanja. Povratak u donji početni položaj vrši se mehanički, povratnom oprugom, dejstvom spoljašnje sile ili pak sopstvenom težinom i vakuumom stvorenim u cilindru ispod klipa uz pomoć pogonskog agregata.

Danas se prednost daje ovakvim dizalicama sa cilindrima dvosmernog dejstva. Kod njih se ulje dovodi sa obe strane, tako da oni imaju radni hod u oba smera. U radnom hodu, kako je istaknuto, pritisak dovedenog ulja sa donje strane pri dizanju dostiže maksimalnu vrednost do p = 540 bar, a u povratnom hodu pri spuštanju ovaj pritisak je sa gornje strane i iznosi p = 150 bar.

Plunžerna hidraulička dizalica je jednostepena, čiji je cilindar sa uronjenom klipnom polugom (klipnjačom), odnosno ona ima samo jedan pokretni zaptivni spoj. Odlikuje se jednostavnom konstrukcijom, kod koje nije potrebna fina obrada površina. Pošto je klipnjača vođena samo na jednom mestu, potrebno je obezbediti dobro vođenje. Vraćanje klipnjače se realizuje spoljašnjom silom ili ugrađenom oprugom. Izražena je osetljivost na bočne sile, takođe su i inercijalne sile velike.

Nabrojani tipovi klipnih parova (cilindara) mogu da čine jednostepene hidrauličke dizalice koje imaju malu visinu dizanja zbog nemogućnosti realizacije cilindara sa velikim hodom. To se izbegava primenom višestepenih teleskopskih hidrauličkih dizalica.

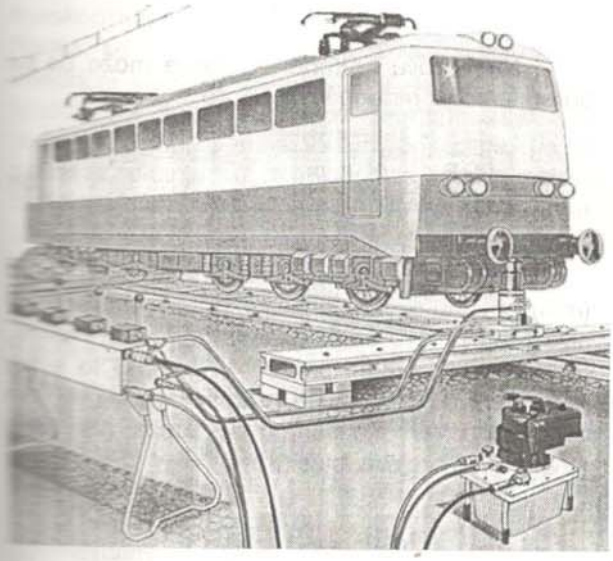
Teleskopske dizalice su tako izvedene da se više klipnih parova (dva ili tri) uvlače jedan u drugi (sl. 1). Pri relativno maloj konstrukciji dizalice, mogu se ostvariti veći hodovi, odnosno veća visina dizanja dizalice i to do 600 mm. Povećanje visine dizanja do 1000 mm može se ostvariti primenom podmetača, i to: spoljašnjih između tela dizalice i tereta i centralnih između klipnjče i tereta uz pomoć ručice za umetanje [1, 2].

Prilikom podizanja tereta uz pomoć višestepenih teleskopskih hidrauličkih dizalica konstantnim pritiskom prvo se izvlači prvi stepen, kada je nosivost dizalice najveća jer je površina radnog klipa najveća. Na narednim stepenima nosivost opada, a brzina podizanja raste, jer

površine radnih klipova opadaju. Kod ovih dizalica centralno pitanje je osiguranje postignute visine, odnosno sigurno držanje podignutog tereta i brzo vraćanje klipnih parova ispod podignutog i osiguranog tereta radi ponovnog podizanja pomoću odgovarajućih podmetača. U prvom slučaju najčešće se koriste mehanički osigurači klipnjače ili se na priključku postavlja nepovratni ventil. Kod povratka klipnih parova najefikasnije rezultate daju cilindri dvosmernog dejstva.

3. PRIMENA HIDRAULIČKIH DIZALICA NA ŽELEZNICI

Kako je istaknuto, ovaj tip dizalica ima veliku primenu na železnici prilikom interventnih radova kod iskliznuća vozova i njihovog povratka na kolosek. U tu svrhu se koristi oprema firme "LUKAS" [1], kako je dato na sl. 2. Komplet ove opreme čine dizelelektrični agregat sa komandnim pultom, vodovi, dve višestepene teleskopske hidrauličke dizalice i dva laka nosača od aluminijumskih legura duž kojih se mogu translatorno pomerati kolica uz pomoć hidrauličnog cilindra. Ova oprema je sastavni deo pomoćnog voza interventnih službi jugoslovenske železnice.



Sl. 2 *Primena hidrauličkih dizalica na železnici pomoću sistema "LUKAS"*

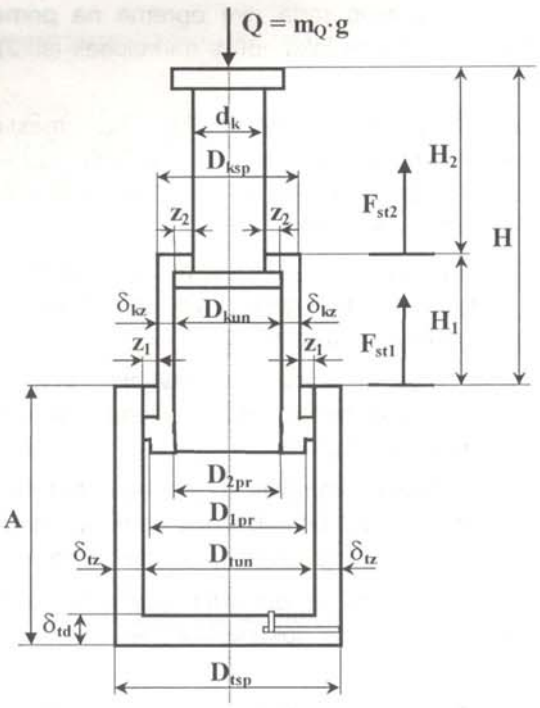
Osnovi princip rada ove opreme na primeru povratka iskliznute lokomotive na kolosek (sl. 2) je sledeći:

- ispod iskliznute lokomotive na mestima oslonaca teleskopskih hidrauličkih dizalica (THD) postavljaju se dva nosača preko šina upravno na kolosek,
- ubacuju se dve THD između lokomotive i nosača, tj. postavljaju se na kolica za horizontalno pomeranje,
- vodovima se vrši povezivanje agregata, upravljačkog pulta, THD i cilindara kolica u hidrauličko kolo,
- jedna strana lokomotve se pomoću THD najpre podiže, horizontalno-bočno pomera za hod cilindra kolica i ponovno spuštanje na tlo,
- ova procedura se ponavlja više puta za oba oslonca dok se lokomotiva ne vrati u osu koloseka.

Višegodišnje iskustvo na interventnim poslovima je ukazalo da se sa ovakvom opremom veoma brzo, relativno lako i uspešno rešavaju i najteži zadaci na različitim terenima. Od ove opreme, naročito od THD se zahteva da je laka jer sa njom najčešće samo jedan radnik manipuliše u nepristupačnom i skučenom prostoru ispod iskliznute lokomotive.

4. RAZVOJ FAMILIJA LAKIH HIDRAULIČKIH DIZALICA

Raznovrsnost navedenih tipova klipnih parova sugerira projektovanje familija hidrauličkih dizalica. Na primer mogu da se razviju familije jednostepenih i višestepenih (dvo i tro) hidrauličkih dizalica sa cilindrima jednosmernog i dvosmernog dejstva, familija plunžer dizalica itd. U principu familiju čine više tipskih modela hidrauličkih dizalica različitih dimenzija, odnosno nosivosti m_Q (t), sila podizanja F_N (kN) i visina dizanja H (mm). Slika 3 daje šematski prikaz teleskopske dvostepene hidrauličke dizalice sa odgovarajućom geometrijom, koja se menja od tipa do tipa jedne familije višestepenih THD [3].



Sl. 3 *Šematski prikaz teleskopske dvostepene hidrauličke dizalice sa odgovarajućim merama*

Elementarni član tipskog modela je klipni par. Da bi se donela odluka o broju tipskih modela jedne familije razmatra se jedan niz od 15 elementarnih klipnih parova (stepeni). Glavni parametar ovog niza je nosivost m_Q (t). Vrednost parametra $m_Q = 10 \div 250$ t predstavljaju standardni niz brojeva R10 sa faktorom porasta $\varphi = 1.25$ (tabele 1 i 2). Parametarski red nazivne sile podizanja F_N, koju ostvaruje pojedinačni klipni par, dobija se kao proizvod dva standardna broja, odnosno $F_N = m_Q \cdot g \approx 10 \cdot m_Q$ (kN), gde je $g = 9{,}81 \approx 10$ m/s^2.

Tabela 1: *Parametarski redovi veličina za p = 450 bar*

Redni broj	Nazivna nosivost i sila podiz.		Stand. prečnik iz R40/2 stvarni prečnik stvarna površina			Stvarna nosivost i sila podiz.	
	m_Q (t)	F_N (kN)	D_i (mm)	D_{ipr} (mm)	A_{st} (cm^2)	m_{st} (t)	F_{st} (kN)
1	10	100	53	55	23.76	10.9	107
2	12.5	125	60	60	28.27	13.0	127
3	16	160	67	70	38.48	17.6	173
4	20	200	75	75	44.18	20.3	199
5	25	250	85	85	56.74	26.0	255
6	31.5	315	95	95	70.88	32.5	319
7	40	400	106	110	95.03	43.6	428
8	50	500	118	120	113.10	51.9	509
9	63	630	132	135	143.14	65.7	644
10	80	800	150	150	176.71	81.1	795
11	100	1000	170	170	226.98	104.1	1021
12	125	1250	190	190	283.53	130.1	1276
13	160	1600	212	215	363.05	166.5	1634
14	200	2000	236	240	452.39	207.5	2036
15	250	2500	265	265	551.55	253.0	2482

Tabela 2: *Parametarski redovi veličina za p = 500 bar*

Redni broj	Nazivna nosivost i sila podiz.		Stand. prečnik iz R40/2 stvarni prečnik stvarna površina			Stvarna nosivost i sila podiz.	
	m_Q (t)	F_N (kN)	D_i (mm)	D_{ipr} (mm)	A_{st} (cm^2)	m_{st} (t)	F_{st} (kN)
1	10	100	50	50	19.63	10.0	98
2	12.5	125	56	56	24.63	12.5	123
3	16	160	63	65	33.18	16.9	166
4	20	200	71	71	39.59	20.2	198
5	25	250	80	80	50.26	25.6	251
6	31.5	315	90	90	63.62	32.4	318
7	40	400	100	100	78.54	40.0	393
8	50	500	112	115	103.87	52.9	519
9	63	630	125	130	132.73	67.6	664
10	80	800	140	145	165.13	84.2	826
11	100	1000	160	160	201.06	102.5	1005
12	125	1250	180	180	254.47	129.7	1272
13	160	1600	200	200	314.16	160.1	1571
14	200	2000	224	225	397.61	202.6	1988
15	250	2500	250	250	490.87	250.2	2454

Nosivost m_Q, odnosno sila podizanja F_N zavisi od radnog pritiska p i površine A, odnosno prečnika D radnog klipa. Poznata veza između ovih veličina glasi:

$$F_N = m_Q \cdot g = p \cdot A = p \cdot \frac{D^2 \pi}{4}. \qquad (1)$$

Na osnovu prethodne relacije može da se odredi prečnik radnog klipa D kao:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_N}{p \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot g \cdot m_Q}{p \cdot \pi}}. \qquad (2)$$

Prilikom određivanja vrednosti prečnika D (mm), za jednu širu analizu, pored prihvaćenog niza brojeva R10 sa 15 standardnih nosivosti m_Q (t), variran je i radni pritisak p (bar). U tu svrhu razmatrani su slučajevi sa radnim pritiskom p = 450 i 500 bar. Konačni oblik izraza (2), zbog standardnih brojeva, biće [3]:

$$D \approx 355 \cdot \sqrt{\frac{m_Q(t)}{p(bar)}} \approx 112 \cdot \sqrt{\frac{F_N(kN)}{p(bar)}} \ (mm). \qquad (3)$$

Pomoću izraza (3) realizovano je 2 × 15 = 30 proračuna vrednosti prečnika D za usvojene standardne vrednosti nosivosti m_Q i pritisaka p. Rezultati proračuna su sređeni u odgovarajućim

tablicama za svaki radni pritisak posebno, kako je dato u tabelama 1 i 2.

Za tako usvojeni niz stvarnih prečnika D_{pr} (mm) sračunate su stvarne vrednosti površine radnog klipa A_{st} (cm^2), nosivosti m_{st} (t) i sile podizanja F_{st} (kN) pojedinačnih klipnih parova, koje su za razmatrane radne pritiske date u tabeli 1 i 2, na osnovu sledećih izraza [3]:

$$A_{st} = D_{pr}^2(mm)\cdot\pi/400 \quad (cm^2),$$
$$m_{st} = p(bar)\cdot D_{pr}^2(mm)/124905 \quad (t), \qquad (4)$$
$$F_{st} = p(bar)\cdot D_{pr}^2(mm)/12732 \quad (kN).$$

Kod formiranja tipskih modela familija teleskopskih višestepenih hidrauličkih dizalica izborom odgovarajućih pojedinačnih (elementarnih) stepena iz tabela 1 i 2, treba imati na umu da se u telo dizalice smeštaju dve vrste klipnih parova. Početni su teleskopski cilindri odgova-rajuće debljine omotača, a završni stepen je od punog materijala - klipnjača (sl. 2). Znači u jedan relativno mali prostor cilindričnog tela dizalice treba smestiti dva ili tri teleskopska klipna para odgovarajućih prečnika i debljina zidova, koji kao cilindrični sudovi pod pritiskom treba da izdrže relativno visoke radne pritiske.

Empirijski izrazi za proračun dimenzija klipnih parova na sl. 2 su dati u radu [3]. Takođe, u tom radu je sprovedena opsežna analiza računskih radnih napona u cilindričnim omotačima sa ciljem da se utvrde kombinacije klipnih parova kod teleskopskih višestepenih hidrauličkih dizalica. Naime sa aspekta geometrije povoljnije je da cilindrični elementi imaju manju debljinu zida δ_z. Međutim, s druge strane ovi elementi su u toku rada podvrgnuti veoma velikim pritiscima, pa se postavlja pitanje da li mogu da izdrže pojavu odgovarajućih naponskih stanja. Analiza je pokazala da prilikom formiranja tipskih modela višestepenih dizalica porast prečnika D_{pr} iz tabela 1 i 2 između usvojenih klipnih parova treba da je u granicama 1.4 ÷ 1.6, odnosno porast nosivosti je 2 ili 2.5 [3]. Tako npr. pri formiranju jedne teleskopske trostepene hidrauličke dizalice nosivosti 10 t sa 450 bara, usvajaju se sledeći klipni parovi iz tabele 1:

3. stepen: 1. m_Q = 10 t, D_{3pr} = 55 mm, F_{3st} = 107 kN,
2. stepen: 5. m_Q = 25 t, D_{2pr} = 85 mm, F_{2st} = 255 kN,
1. stepen: 8. m_Q = 50 t, D_{1pr} = 120 mm, F_{1st} = 509 kN.

Za trostepenu dizalicu nosivosti 20 t, biće:

3. stepen: 4. m_Q = 20 t, D_{3pr} = 75 mm, F_{3st} = 199 kN,
2. stepen: 7. m_Q = 40 t, D_{2pr} = 110 mm, F_{2st} = 255 kN,
1. stepen: 11. m_Q = 100 t, D_{1pr} = 170 mm, F_{1st} = 1021 kN.

Za dvostepenu dizalicu nosivosti 63 t, biće:

2. stepen: 9. m_Q = 63 t, D_{2pr} = 135 mm, F_{2st} = 644 kN,
1. stepen: 12. m_Q = 125 t, D_{1pr} = 190 mm, F_{1st} = 1276 kN,

Zaključak je da se na ovaj način može sačiniti veliki broj kombinacija klipnih parova iz tabela 1 i 2. Inače u proizvodnom programu firme "LUKAS" postoji dvo-stepena dizalica nosivosti 60 t, visine dizanja 490 mm, p = 450 bar i mase 65 kg, koju koriste službe održavanja jugoslovenskih železnica, sledećih karakteristika /1/:

2. stepen: m_Q = 60 t, D_{2pr} = 130 mm, F_{2st} = 597 kN,
1. stepen: m_Q = 130 t, D_{1pr} = 195 mm, F_{1st} = 1344 kN.

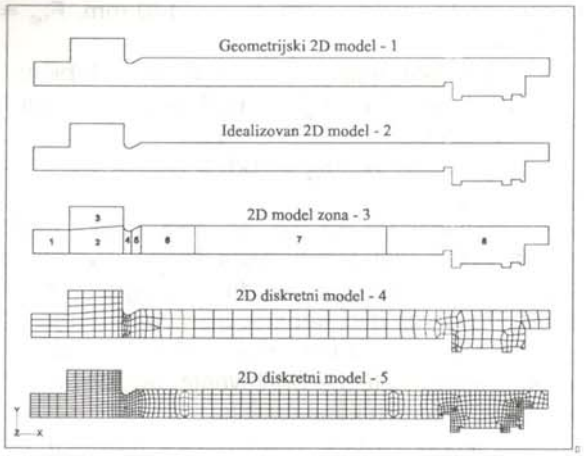
Kod ove izvedene dizalice pojedinačni stepeni su najbliži klipnim parovima 9. i 12. iz tabele 1, odnosno prečnik njene klipne poluge je smanjen za 5 mm, a kod teleskopskog klipa - cilindra povećan za 5 mm.

Kao materijal za izradu tela i klipnih parova treba upotrebiti aluminijumske legure, koje se odlikuju malom gustinom (ρ = 2.7 ÷ 2.8 kg/dm^3) i velikom tvrdoćom, tako da je odnos ovih karakteristika mnogo povoljniji nego kod čelika [4]. Takođe, one dostižu osobine čelika u pogledu čvrstoće i tvrdoće, a mogu se termički obrađivati i variti (navarivati). Otporne su protiv korozije i lako se obrađuju deformacijom i rezanjem. Preporučuje se Al-legura za gnječenje **ALZnCu1.5** (DIN 1747) sledećih karakteristika: $R_m = \sigma_M$ = 55 kN/cm^2, $R_{p0.2} = \sigma_V$ = 48 kN/cm^2, $A_5 = \delta_5$ = 8%, HB 160 kN/cm^2, E = 7200 kN/cm^2, G = 2700 kN/cm^2, μ = 0.26 ÷ 0.33 i $\alpha = 23\cdot10^{-6}$ °C

5.0 POSTUPAK PROVERE FEA POSTUPKOM

Analiza metodom konačnih elemenata (Finite Element Analysis) je osnovna procedura korišćena u projektovanju za utvrđivanje naponsko-deformacionog stanja. Za razvoj diskretnog modela formiran je CAD geometrijski model hidrauličnog cilindra primenom geometrijskog modelera **Micro Station 95**. 3D solid model razvijen je rotacijom 2D preseka zida cilindra oko uzdužne ose. Pri tome su primenjeni osmo-čvorni 3D-konačni elementi (solidi). 2D model (Model-1 Model-5) slika 4, razvijen je iz nekoliko faza u kojima se postavlja osnovna kontura geometrije

preseka THD cilindra, izvodi idealizacija, formiraju zone, generiše ravanska mreža konačnih elemenata u nekoliko topoloških varijanti.



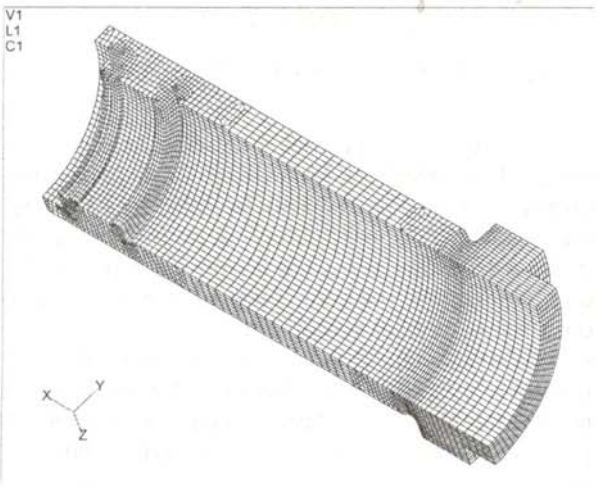
Sl. 4. *Presek diskretnog modela - razvoj 2D topologije konačnih elemenata cilindra*

Generisanje izvedeno je automatskim procedurama kombinacije uniformne i slobodne mreže kojim je dobijen Model-4 i Model-5. Pri tome su primenjeni svi kriterijumi pravilnih topologija (distorzija, proporcionalnost, orijentacija, poboljšanje ravnomernosti, forma). U zonama prelaznih geometrija korišćene su slobodne mreže a u kontinualnim i pravim zonama uniformne mreže. Izmedju zona su uspostavljeni granični uslovi broja i kontinuiteta elemenata [5]. Model-4 i model-5 su razvijeni sa ciljem dokaza tačnosti metodom utvrdjivanja konvergencije. Osnovne karakteristike razvijenih modela date su tabelom 1. Polazni 2D modeli su prikazani na sl.4.

Tabela 1: *Računarski elementi analiza*

	Broj elemenata	Broj stepeni slobode kretanja	Tukupno (sec) PC P III-500 MHz
Model-4	3165	12125	65 / 765
Model-5	22140	77652	~ 3525 / 17065

Osnovni proračun je izveden programom **Algor-SSAP0H** [7]. Za analizu je uzeta izvedena dvostepena teleskopska hidraulička dizalica LUKAS, nosivosti 60 t i visine dizanja 490 mm. Razmatran je slučaj dizalice bez tereta, kada su pod pritiskom od 450 bara izvučena oba cilindra. Računski CAD-FEM model je realizovan četvrtinom realnog cilindra na bazi uslova simetrije modela. Uticaj ostalog kontinuuma je zamenjen graničnim uslovima. Hidrostatički pritisak ulja u cilindru je zamenjen površinskim pritiskom. Primenjene su linearne interpolacione funkcije konačnih elemenata. Iz 2D forme kreirana je 3D forma, alatom za rotaciju (*revolve*). Pri tome je formiran model manje gustine (model-4) sa 15 konačnih elemenata u cirkularnom pravcu i sukcesivno finiji model (model-5) sa 30 elemenata u cirkularnom pravcu. Model-5 se odlikuje najvećim brojem od 22140 konačnih elemenata. Slika 5 pokazuje generalnu formu modela-4 i modela-5.



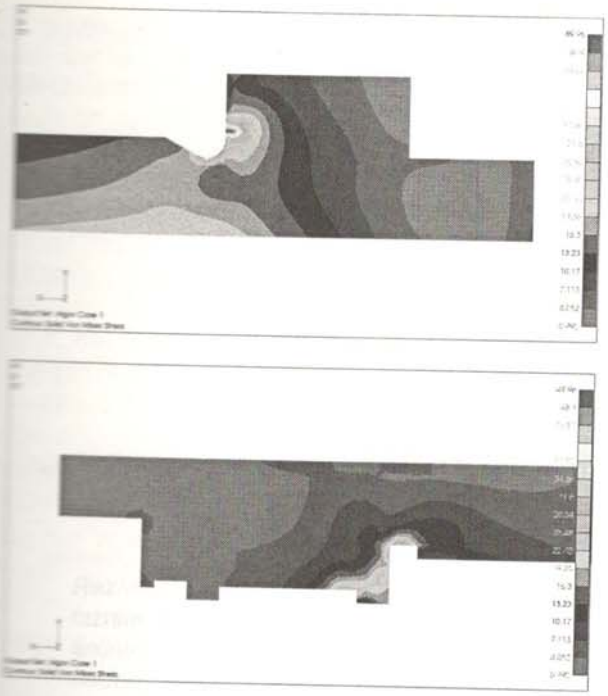
Sl. 5. *Topologija 3D diskretnih modela - 4 i modela - 5*

Strukturnom analizom je obuhvaćena koncentracija napona i definisana stvarna radna sigurnost na bazi diskretnih osobina konstrukcije. Na bazi radnih deformacija tela i cilindara provereno je zaglavljivanje cilindara usled širenja.

Kao materijal, primenjena je prethodno navedena aluminijumska legura za gnječenje **AlZnCu1.5** sa datim karakteristikama.

Uporedni teorijski model za proveru radnog napona familije THD je debelozida cev opterećena iznutra ravnomernim pritiskom p. Provera je izvršena *Lame*-ovim jednačinama [3, 5], koje daju prosečan cirkularni napon unutrašnjeg zida cilindra σ_{CU}=16.48 kN/cm^2. Stvarni naponi se zbog promenljive geometrije preseka cilindra raspo-redjuju oko *Lame*-ove vrednosti.

Rezultati ove analize su prikazani na sl. 6. Slika 6-a prikazuje raspored složenih napona po metodi *Hencky-Huber-Mises* u preseku cilindričnog tela prvog klipa na mestu kritičnog radijusa. Slika 6-b pokazuje raspored napona u zoni zaptivača. Ekstremno dobijen napon (pri linearnoj aproksimaciji deformacije) u korenu žljeba je 40.61 (extr. 43.) kN/cm^2, što je blisko granici razvlačenja.



Sl. 6-a,b. *Rešenje Modela - 5: Složeni naponi po hipotezi Henki Huber-Mises na krajevima konture preseka cilindra*

6. ZAKJLUČAK

Razvoj familije lakih teleskopskih hidrauličkih dizalica je koncept izuzetno značajan za specijalne delatnosti na železnici. Analizirajući sve faze razvoja posmatrane opreme za ove specijalne radove (tehnologija, projektovanje, materijal, izrada) ocenjuje se da su stvoreni svi uslovi za izradu lakih hidrauličkih dizalica. Ti proizvodi od domaćih materijala i komponenata su konkurentni proizvodima najvišeg kvaliteta u svetu.

LITERATURA

[1] Prospektni materijal firme "LUKAS" - Erlangen,
[2] Prospektni materijal firme "DEMI" - Despotovac,
[3] Marinković Z., Jovanović M., Marinković D.,: "Oblikovanje familije lakih hidrauličkih dizalica", COD 2000., Zbornik radova, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad, 2000, str . 89 ÷ 94.
[4] Čurović J., Vratnica M., Burzić Z.: "Kvantitativna mikrostrukturna analiza visokočvrsnih AL-Zn-Mg-Cu legura različitog stepena čvrstoće", *časopis* "Tehnika - Novi materijali", br. 1/2000, Savez inženjera i tehničara Jugoslavije, Beograd, 2000., str. NM14 ÷ NM16.
[5] Jovanović M., Marinković Z., Marinković D.,: "Parametarsko modeliranje - MCAE koncept familije proizvoda", IRMES 2000., Zbornik radova, Mašinski fakultet - Podgorica Univerzitet Crne Gore, Kotor, 2000., str. 145 ÷ 150.
[6] Jovanović, M.: "**Teorija projektovanja konstrukcija računarom** ", Mašinski fakultet Univerziteta u Nišu 1994.
[7] Jovanović M, Jovanović J.: "**CAD-FEA Praktikum**", Mašinski fakultet u Nišu i Mašinski fakultet u Podgorici, Niš-Podgorica, 2000.

POSSIBILITIES OF DEVELOPEMENT OF DOMESTIC LIGHT HYDRAULIC HOIST

Miomir Jovanović, Zoran Marinković,
Dragan Marković, Života Djordjević

Abstract: *The paper deals with the procedure of parametric and dimensional . row values development, choice of materials and of typical light hydraulic hoist family calculation. The theory of similarity is used, that is, the unification and typicalisation of spare parts is done, and conditions for group technology production are stated. It gives better production quality, more effective exploatation and cheaper maintenance. The typical models family of these hoists can be applied at rescue affairs, accident situations and mounting works at railway*

Key words: *Railway, family produces, hoist devices, piston, cylinder*

Numeričko-grafička analiza dinamike planetarnih prenosnika

Katica (Stevanović) Hedrih,[1] Rade Knežević[2] i Stanoje Cvetković[2]

Rezime: *Data je analiza nelinearne dinamike planetarnog prenosnika sa odgovarajućim faznim trajektorijama u faznoj ravni i faznom prostoru i površima ukupne energije sistema i linijama konstantne energije, kao i amplitudno-frekventnim i fazno-frekventnim krivim za prinudne režime kretanja. Posebno je napravljena analiza prolaska sistema kroz rezonantnu oblast, pri rastu i opadanju frekvencije spoljašnje pobude. Na osnovu numeričkog eksperimenta nad izabranim dinamičkim modelom, izvedeni su zaključci o osetljivosti dinamike planetarnog prenosnika na promene pojedinih parametara sistema.*

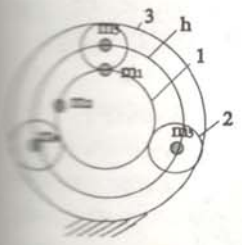
Izvedena je analiza ponašanja dinamike planetarnog prenosnika u polju turbulentnog prigušivanja i zemljine teže. Određene su jednačine faznih trajektorija, krivih konstantne energije, i data analiza karaktera i svojstava singularnih tačaka i homokliničkih orbita u faznoj ravni stanja dinamike planetarnog prenosnika. Prikazane su i površi ukupne energije sistema. Izvedeni su zaključci o uticaju ekscentričnih masa na režim rada planetarnog prenosnika u polju zemljine teže.

Kako su rotaciona kretanja bazna u dinamici železničkih vozila, to koristeći matematičku fenomenologiju i mogućnost uspostavljanja analogije nelinearnih fenomena disparatne prirode, istaknut je značaj grafičke prezentacije za spoznaju nelinearnih fenomena u dinamici železničkih vozila.

Ključne reči: *Planetarni prenosnik, nelinearna dinamika, numerički eksperiment, porvš energije, prinudno kretanje, železnička vozila, inženjerska grafika.*

1. UVOD

U najvećem broju inženjerskih sistema, a sa tim i u dinamici železničkih vozila javljaju rotaciona kretanja, kao i nelinearni dinamički fenomeni.



Slika 1. Model planetarnog prenosnika

Inženjerska praksa je, u svom razvoju, odavno prevazišla linearizovano predstavljanje dinamičkih sistema i dinamiką, tim više što se linearnim modelima mogu opisati samo grube aproksimacije onoga što se stvarno dešava u realnom sistemu (vidi [3], [7] i [8]). Mogućnosti koje su otvorene pojavom brzih računara i njihova dostupnost skoro svakom čoveku, kao i mogućnosti grafičkih predstavljanja funkcija, geometrijskih oblika i uopšteno raznih dinamičkih procesa disparatne prirode, olakšale su i mogućnosti stvaranja vizuelne predstave o nelinearnim fenomenima, koji se javljaju u inženjerskim i drugim sistemima koji nas okružuju. To isto važi i za sisteme železničkih vozila.

Radi prikazivanja mogućnosti upotrebe kompjuterske grafike u cilju identifikacije nelinearnih fenomena u dinamičkim sistemima koji se javljaju u sistemu železeničkih vozila, posma-

[1] Mašinski fakultet, 18000 Niš, Beogradska 14, TELFAX 018-41663,
e-mail: katica@masfak.masfak.ni.ac.yu
[2] Viša tehnička tehnološka škola,17500 Vranje, F.Filipovića 20, telefon 017-21859,24510
[2] Viša tehnička tehnološka škola,17500 Vranje, F.Filipovića 20, telefon 017-21859,24510

traćemo nelinearni dinamički sistem na primeru kretanja planetarnog prenosnika, koji je opisan u našim radovima [9], [10], [11] i [12].

Na slici br. 1 prikazan je model planetarnog prenosnika-reduktora, koji služi za prenos snage i obrtnog momenta sa pogonskog vratila na glavčinu točka i sam točak. Numerički eksperiment i grafika su urađeni za realni sistem sa geometrijsko dinamičkim parametrima koji se mogu naći u gore citiranim referencama.

Izučavamo dinamiku prikazanog planetarnog prenosnika u polju zemljine teže i u uslovima otpornih sila, koje možemo zanemariti, kao i u uslovima kada ih ne zanemarujemo, nego predpostavljamo da su karaktera turbulentnog prigušivanja.

Koncentrisanim masama predstavljen je diskretan uticaj nesavršenosti konstrukcije, kroz debalans masa i devijaciona svojstva oblika zupčanika, a zbog nesaglasnosti projektovane konstrukcije planetarnog prenosnika i stvarne konstrukcije, koje dovode do pojave nelinearnih fenomena u dinamici realnog pranetarnog prenosnika. Za posmatrani model na slici 1, potencijalna energija sistema u polju zemljine teže, data je sledećim izrazom (vidi ref. [9], [10], [11] i [12]):

$$E_p = m_1 g r_1 (1+\cos\varphi_1) + m_2 g r_1 (1+\sin\varphi_1) + m_{34} g r_h (2-\cos\varphi_h) + m_5 g r_h (1+\cos\varphi_h) \quad (1)$$

dok je kinetička energija sistema jednaka:

$$E_k = \frac{1}{2}[I_1 \dot{\varphi}_1^2 + (m_1+m_2) r_1^2 \dot{\varphi}_1^2 + 3M_2 r_h^2 \dot{\varphi}_h^2 + (2m_{34}+m_5) r_h^2 \dot{\varphi}_h^2 + 3I_2 \dot{\varphi}_2^2]$$

gde je: $\varphi_2 = i_{21}^h \varphi_1 + i_{2h}^1 \varphi_h$. Turbulentno prigušivanje uzimamo u račun pomoću otporne sile, koja je proporcionalna kvadratu ugaone brzine sunčevog zupčanika:

$$F_b = b\dot{\varphi}_1^2 \quad (3)$$

Mehanički sistem koji smo usvojili za istraživanje, prema slici 1, je u statičkom stanju ravnoteže za

$$\varphi_1 = \frac{3}{4}\pi; \frac{7}{4}\pi; \ldots\ldots; \quad \text{i} \quad \varphi_h = 0; \pi; \ldots\ldots \quad (4)$$

Prema **Lejen-Dirichlet**-ovoj teoremi određeni su karakteri stanja ravnoteže i prikazani u tabeli 1.

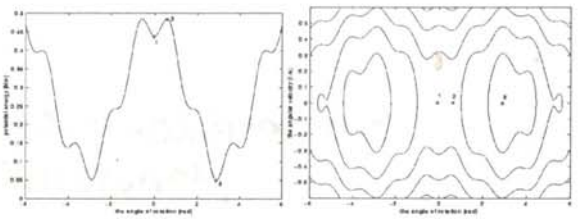
Tabela 1

	φ_1	φ_h	uslov	$\frac{\partial^2 E_p}{\partial \varphi_1^2}$	Karakter stanja ravnoteže
I	3/4 π	0	pri svim odnosima masa	> 0	Stabilna
II	3/4 π	π	$(m_{34}+m_5)p_x > 0{,}7071(m_1+m_2)p_1$	< 0	Nestabilna
			$(m_{34}+m_5)p_x < 0{,}7071(m_1+m_2)p_1$	> 0	Stabilna
			$(m_{34}+m_5)p_x = 0{,}7071(m_1+m_2)p_1$	= 0	Indiferentna
III	7/4 π	0	$(m_{34}+m_5)p_x > 0{,}7071(m_1+m_2)p_1$	>0	Stabilna
			$(m_{34}+m_5)p_x < 0{,}7071(m_1+m_2)p_1$	> 0	Nestabilna
			$(m_{34}+m_5)p_x = 0{,}7071(m_1+m_2)p_1$	=0	Indiferentna
IV	7/4 π	π	pri svim odnosima masa	<0	nestabilna

2. FAZNE TRAJEKTORIJE, POVRŠI ENERGIJE

Numerički eksperiment je izveden za sledeće geometrijsko-konstruktivne parametre:

$r_1=4{,}0375[cm]$, $r_2=4{,}675[cm]$, $r_h=8{,}7125[cm]$, $M_2=4{,}246[kg]$, $I_1=0{,}2728\ [Ncms^2]$, $I_2=0{,}46398[Ncms^2]$, $I_3=17{,}9[Ncms^2]$, $m_1=0{,}5[kg]$, $m_{34}=0{,}05[kg]$.



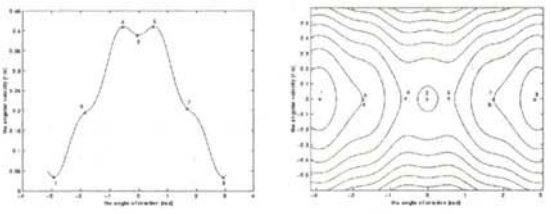
a* b*

Slika 2. a i b* Grafički prikaz nelinearne dinamike planetarnog prenosnika A*

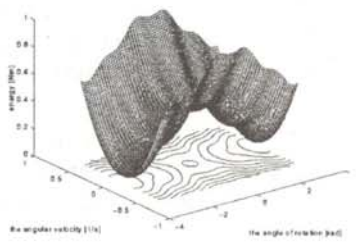
a* kriva promene potencijalne enegije planetarnog prenosnika u funkciji generalisane koordinate i

b* fazne trajektorije nelinearne dinamike planetarnog prenosnika

Na slici 2 a* prikazan je grafik promene potencijalne energije planetarnog sistema u funkciji generalisane koordinate – ugla zaokretanja sunčevog zupčanika, dok je na slici 2 b* prikazan fazni portret sa singularnim tačkama koje odgovaraju položajima ravnoteže posmatranog sistema. Sa grafičkih prikaza se mogu izvesti sledeći zaključci: grafik potencijalne energije poseduje ekstremne vrednosti: minimume i maksimume, ali i prevojne tačke, koje odgovaraju, takođe, singularitetima, ali na faznoj trajektoriji.



a* b*



c*

Slika 3. a, b* i c* Grafički prikaz nelinearne dinamike planetarnog prenosnika E*

a* kriva promene potencijalne enegije planetarnog prenosnika u funkciji generalisane koordinate i

b* fazne trajektorije nelinearne dinamike planetarnog prenosnika

c* Površ ukupne energije sistema planetarnog prenosnika u faznom prostoru koordinata generalisana koordinata, brzina i ukupna energija sistema

Na slikama 3 **a***, **b*** i **c*** za određene masene konfiguracije sistema planetarnog prenosnika u polju zemljine teže i pri zanemarivanju otpornih sila, za slučaj autonomne dinamike, prikazane su grafički: kriva potencijalne energije, fazni portret i površ ukupne energije sistema u faznom prostoru faznih koordinata: generalisana koordinata-ugao zaokretanja sunčevog zupčanika, njegova ugaona brzina i ukupna energija sistema. Na tim graficima se uočava različiti oblik krive potencijalne energije, a sa tim i površi ukupne energije sistema i struktura faznog portreta i raznovrsnost faznih trajektorija u odnosu na prethodni slučaj sa slike br.2.

S obzirom na periodičku strukturu sistema uočava se pojava i trigera i spregnutih trigera singulariteta, kao i za različite parametre sistema pojava istih, u lokalnoj oblasti, oko pojedinih položaja ravnoteže, a za račun gubitka njihove stabilnosti i pojave novih stabilnih singulariteta u okolini istog, a pri diskretnoj promeni nekih bifurkacionih parametara sistema, ili obratno. Fazni portreti sa faznim trajektorijama, za ovaj slučaj konzervativnog modela, su identični sa krivim konstantne energije i portretom krivih konstantne energije sistema. Detaljnija analiza nelinearnih fenomena dinamike ovih sistema može se naći u citiranim radovima sa spiska literature.

3. PLANETARNI PRENOSNIK POD DEJSTVOM PERIODIČKE POBUDE

Oscilovanje mehaničkog sistema planetarnog reduktora, koji se nalazi pod dejstvom unutrašnjeg sinusoidalnog pobudnog momenta i kada zanemarujemo prigušenje, opisano je sledećim sistemom diferencijalnih jednačina

$$2K\varphi_1 - m_1 r_1 g\sin\varphi_1 - m_2 r_1 g\cos\varphi_1 + 4{,}42 m_3 r_h g\sin 4{,}42\varphi_1 + \\ + 4{,}42 m_5 r_h g\sin 4.42\varphi_1 = \varepsilon f_1\sin(\nu t + x)$$

$$\frac{dx}{dt} = \varepsilon\nu_1\cos\Omega t$$

gde je x veličina odstupanja prve tačke dodira od teorijskog položaja, a posledica je deformacije prethodnog para zubaca i greške koraka zuba, ν, f_1- konstante, ε- mali pozitivni parametar.

Očigledno je, da integraljenjem druge jednačine (5) nalazimo direktno

$$(6)\qquad x(t) = -\frac{\varepsilon\nu_1}{\Omega}\sin\Omega t + const.$$

Razlažući $\sin\varphi_1$ i $\cos\varphi_1$ u Mac Laurenov red i uzimajući u obzir prva dva člana prva diferencijalna jednačina kretanja sistema, u sređenom obliku je:

$$(7)\qquad \varphi_1 + \omega^2\varphi_1 = S\varphi_1^3 + \frac{1}{2K}m_2 g r_1 + \varepsilon f_1\sin(\nu t + x)$$

Dalje analiziramo ponašanje amplituda u odnosu na vibracije faze prinudnog momenta. Ovaj moment je uzet kao posledica udara pri sprezanju zuba zupčanika.

Ovde se izučava nelinearno prinudno kretanje oko položaja stabilne ravnoteže $\varphi = 0$, i poremećeno oscilovanje u odnosu na prvi harmonik sopstvenih oscilacija linearizovanog modela, odnosno modela neporemećenog oscilovanja.

U prvoj asimptotskoj aproksimaciji za slučaj osnovnog rezonantnog stanja prvu aproksimaciju rešenja jednačine (7) tražimo u obliku:

$$(8)\qquad \varphi = a\cos(\omega t + \psi)$$

gde su a i ψ amplituda i faza i određuju se iz sistema diferencijalnih jednačina prve aproksimacije

$$(9)\qquad \frac{da}{dt} = \frac{\varepsilon f}{2K(\omega + \nu(t))}\sin\psi$$

$$\frac{d\psi}{dt} = \omega - \nu(t) + \frac{3Sa^2}{16K\omega} - \frac{\varepsilon f}{2Ka(\omega + \nu(t))}\cos\psi$$

gde je $\nu(t) = \nu_o + \frac{dy}{dt}$; $\frac{dy}{dt} = \varepsilon\nu_1\cos\phi t$.

4. DINAMIKA PLANETARNOG PRENOSNIKA U POLJU TURBULENTNOG PRIGUŠIVANJA POD DEJSTVOM PERIODIČKE POBUDE

Ako se palanetarni prenosnik nalazi u polju turbulentnog prigušivanja, tada je otporna sila srazmerna dugom stepenu ugaone brzine sunčevog zupčanika i neka je poremećen sa dva asinhrona periodička momenta, onda se njegova dinamika može opisati sledećim matematičkim modelom:

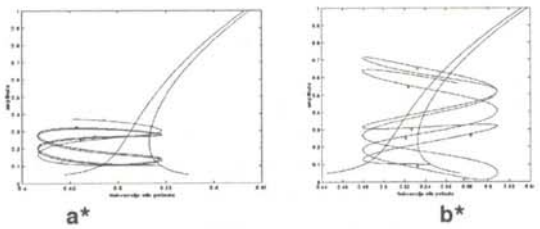
$$(10)\qquad \frac{d\varphi}{dt} = \omega$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{K}[m_1 r_1 g\sin\varphi_1 - 42 m_3 r_h g\sin 4{,}42\varphi_1 - 4{,}42 m_5 r_h g\sin 4.42\varphi_1 \\ - b\omega|\omega| + \varepsilon f_1\sin(\theta_1 t) + \varepsilon f_2\sin(\theta_2 t)$$

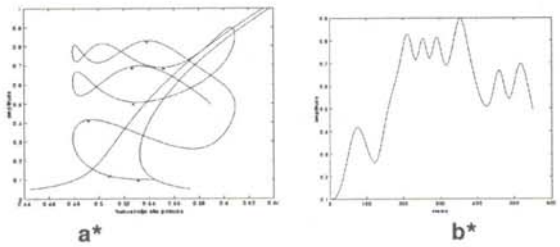
I za ovaj model potencijalna i kinetička energija su date izrazima (1) i (2).

5. DISKUSIJA REZULTATA NUMERIČKOG EKSPERIMENTA

Numerički integrirajući odgovarajuće sisteme diferencijalnih jednačina prvog reda i korišćenjem metode **Runge-Kutta** četvrtog i petog reda u paketu **MATLAB**, pri različitim vrednostima parametara $\nu_o, \varepsilon\nu_1$ i Ω koji karakterišu zakon promene pobude, dobili smo više grafika zavisnosti amplitude osnovnog harmonika poremećenog oscilovanja od frekvencije ili vremena, na osnovu kojih možemo zaključiti o karakteru nestacionarnog, prinudnog, oscilatornog procesa. Na slikama 4 i 5 je dat izbor tih



*Slika 4. Amplitudno-frekventne kriva prolaska sistema kroz rezonantni opseg frekvencija rastom (**a***) i opadanjem (**b***) frekvencije promene faze prinudnog momenta i za različite početne režime*

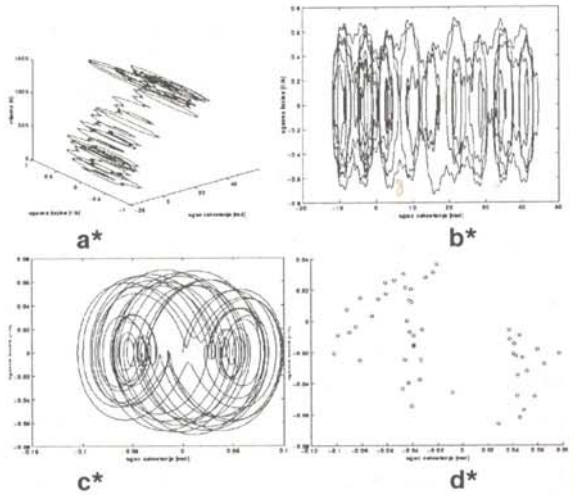


Slika 5. Amplitudno-frekventne kriva (a) i amplitudno vremenska kriva (b*) prolaska sistema kroz rezonantni opseg frekvencija*

grafika. Na osnovu prikazanih grafika uočljivo je da se, za različite frekvencije faze, amplitudno frekventne krive znatno razlikuju što zavisi od smera rasta ili opadanja u prvom ciklusu promene faze prinudnog momenta. U svakom slučaju krive su vrlo različite od stabilnih grana amplitudno-frekventnih krivih stacionarnog režima oscilovanja. Smanjenja frekvencije promene faze Ω amplitudno-frekventne krive, pri prolasku kroz rezonanciju osnovnog rezonantnog frekventnog opsega, se odvijaju u sve nižim amplitudnim područjima i sa izraženim i većim skokovima od manje amplitude prema većoj i obrnuto.

6. PLANETARNI PRENOSNIK POD DEJSTVOM DVOFREKVENTNE POBUDE

Na slikama 6 **a*, b*, c* i d*** dati su grafički



Slika 6 a, b*, c* i d* grafički prikazi faznih trajektorija i Poincare-ovog preseka dinamike sistema pod dejstvom za dvofrekventne prinude*

prikazi faznih trajektorija i Poincare-ovog preseka dinamike planetarnog reduktora izloženog dejstvu dvofrekventne prinude. Prikaz detaljnije analize je onemogućen ograničenjem dužine ovog teksta.

7. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Na karakterističnim primerima dinamike planetarnog prenosnika u polju zemljine teže i polju sa turbulentnim prigušivanjem, a na osnovu rezultata numeričkog eksperimenta, prikazane su površi ukupne energije sistema, sa odgovarajućim singularnim tačkama i odgovarajuće familije krivih konstantne energije i faznih trajektorija. Analiza strukture faznih portreta, singularnih tačaka i separatrisnih krivih ukazuje na mogućnosti da se sa tih grafičkih priloga ***može "čitati" fenomenologija nelinearne dinamike i karakteri položaja ravnoteže i svojstva kretanja***, kao i da može da se donese ***sud o karakteru osetljivosti dinamike sistema oko položaja ravnoteže na male poremećaje i/ili spoljašnje prinude***. Zato je, samo, potrebno da se bude ***teorijski "pismen" u oblasti osnova nelinearne mehanike*** (vidi ref. [5], [7] ili [8]). Ako se predpostavi da inženjer poznaje osnove nelinearne mehanike i poseduje osnovna znanja o grafičkom prikazivanju pojedinih fenomena dinamike, onda se prikazana grafička prezentacija numeričkog eksperimenta izvedenog nad dinamikom planetarnog prenosnika, može prihvatiti kao ***numeričko-grafička metoda analize***

nelinearne dinamike inženjerskog sistema i kao neophodna ***inženjerska grafika*** za analizu ponašanja železničkih sistema, mašinskih, električnih i građevinskih podsistema i drugih, disparatne prirode.

Ukazujemo da grafički prikazi nelinearne dinamike sistema, ovde predstavljeni, predstvaljaju dobar ***numeričko-grafički "alat" za analizu nelinearnih fenomena*** sasvim disparatnih sistema, koji se javljaju u sistemu železnica, železnička vozila, električne instalacije, električna kola, ekonomski sistemi železničkih resursa, jer omogućavaju njihovo povezivanje, ***matematičkom fenomenologijom*** (vidi [6]). Tako, za sasvim disparatne sisteme ili podsisteme, sa istim svojstvima nelinearne dinamike, je moguće uspostavljanje analogije na bazi matematičke fenomenologije. Znači da su na osnovu ***"fenomenološke grafike"*** mogući zaljučci o uspostavljanju *matematičke fenomenologije i matematičke analogije* između sistema sasvim disparatne prirode, kao što su ***tehnički, biološki, ekonomski i društveni ili drugi***, a na na osnovu pojedinih *grafičkih prikaza dinamika* ovih disparatnih sistema. Ukazujemo da se jednom izučena nelinearna dinamika i nelinearni fenomeni na jednom takvom sistemu ili podsistemu, mogu koristiti za objašnjenja, pojedinih ili grupe fenomena u njemu analognom sistemu, po nekoj matematičkoj fenomenologiji. Naravno pri tome se mora voditi računa, da se pri tumačenju ne previde uslovi i oblasti parametara za koje to važi.

8. LITERATURA

[1] Airapetov, N.D., Genkin, D.M. Dinamika planetarnih mehanizmov. Nauka, Moskva 1980., str. 255

[2] Vibracii mehanizmov s zupčatimi peredačami, pod. red. M.D.Genkina i E.L. Ajrapetova, Nauka, Moskva 1978. str. 127.

[3] Vujičić, A. V.: Teorija oscilacija, Savremena administracija, Beograd, 1967, str. 475.

[4] Dinamičeskie procesi v mehanizmah s zupčastimi peredačami, pod. red. M.D.Genkina i E.L. Ajrapetova, Nauka, Moskva 1976. str. 155.

[5] Mitropolskij, JU.A., Nelinejnaja mehanika asimptotičeskie metodi. Institut matematiki NAN Ukraini, Kiev 1995.,str 396.

[6] Petrović, M.: (1933,1999), Fenomenološko preslikavanje, Matematička fenomenologija, Sabrana dela 6 tom, Zavod za udžbenike, Beograd 1999, str. 1-33.

[7] Rašković, D.: Teorija oscilacija, "Naučna knjiga" Beograd 1965, str.503 .

[8] Hedrih (Stevanović), K.: Izabrana poglavlja iz teorije nelinearnih oscilacija, Niš 1977(1975), str. 180.

[9] Hedrih (Stevanović), K., Knežević,R.: Prilog izučavanju dinamike planetarnih prenosnika, Naučnotehnički pregled, vol.XLVIII, br. 6,1998. str.26-32.

[10] Hedrih (Stevanović), K., Knežević, R.: *Analiza stabilnosti planetarnog prenosnika*, Naučnotehnički pregled, vol. XLIX, br. 3,1999., str. 29-36.

[11] Hedrih (Stevanović), K., Knežević, R.: *Planetarni prenosnik kao višemaseni nasledni sistem*, 25.JUPITER Konferencija, 02.1999. godine, Beograd, str. 3.147- 3.152..

[12] Hedrih (Stevanović), K., Cvetković, S. and Knežević, R. : Estimation of Planetary Reductor Sensitivity, Facta Universitatis, Vol. 1, No. 6, 1999, pp. 683-694.

NUMERICAL-GRAPHYCAL ANALYSIS OF THE PLANETARY GEAR DRIVE DYNAMICS

Katica (Stevanović) Hedrih,
Rade Knežević i Stanoje Cvetković

Abstract – *The paper, in its introductory part, shows the nonlinear dynamical models of a planetary gear drive and contributions to the studies of the regimes. The planetary gear drive stability analysis is given with appropriate phase trajectories in phase space and constant energy curves and total energy surfaces, as njell as amplitude-frequency and phase-freljuency curves for forced movement regimes*

On the basis of a numerical experiment over selected dynamical models nje derived conclusions on the sensitivity of dynamics of a planetary transmitter to changes of certain system parameters.

A dynamical analysis of planetary gear drive behavior in the turbulent damping field and Earth's gravity njas done. Phase trajectory eljuations and constant energy curves have been determined and an analysis of syngular points and homoclinic orbits in the phase plane of the planetary gear drive dynamics was given. Total energy surfaces were also shown. Conclusions on the influence of eccentrical masses on the planetary gear drive in the Earth's gravity field work regimen were given.

Key words: *Planetary gear drive, nonlinear dynamics, numerical experiment, energy surface, forced motion,railway system, engineering graphic.*

Planetarni prenosnici u savremenim konstrukcijama menjača

Aleksandar Vulić[1], *Miodrag Velimirović*[2]

Rezime: Ranije su korišćeni mehanički menjači sa spoljašnjim zupčastim parovima. Novije konstrukcije mehaničkih menjača su sa planetarnim prenosnicima. U pogonskim sistemima železničkih vozila i građevinskih mašina koriste se hidromehanički menjači, kod kojih se u savremenim konstrukcijama primenjuju planeterni prenosnici.
Ključne reči: *železnica, planetarni prenosnici, hidromehanički menjač*

1. UVOD

U zavisnosti od toga da li se od prenosnika zahteva i funkcija regulisanja brzine kretanja radnih organa, razlikuju se regulisani i neregulisani prenosnici. Mehanički prenosnici klasične konstrukcije su ekonomični, sigurni u pogonu i laki za održavanje, ali spadaju u neregulisane prenosnike. Ukoliko je potrebno regulisati prenos snage, daljinski ga upravljati ili automatizovati ovi prenosnici su nepogodni. Kod zupčastih prenosnika, najprimenjivanijih iz grupe mehaničkih, nije moguća kontinualna regulacija izlazne brzine, ali je moguće ostvariti stepenastu promenu na izlazu iz prenosnika. Ovakva promena se može ostvariti menjačima klasične konstrukcije i savremenim konstrukcijama menjača sa planetarnim prenosnicima.

Kontinualna promena brzine kretanja radnih organa može se u određenom dijapazonu ostvariti hidrodinamičkim prenosnikom. Izražena prednost hidrodinamičkog prenosnika nad ostalim je u automatskom prilagođavanju brzine radnim uslovima. Ovo je naročito važno kod čestih promena radnih režima. Nedostatak ovih prenosnika je u relativno maloj transformaciji momenta i zbog izrazite zavisnosti stepena iskorišćenja od izlazne brzine, tako da je oblast rada sa visokim stepenom iskorišćenja u relativno uskom području promene izlazne brzine.

Pored mehaničkih, hidrauličkih i električnih postoje i kombinovani prenosnici snage, kao što su hidromehanički menjači, koji predstavljaju kombinaciju hidrodinamičkog i zupčastog prenosnika. Hidrodinamičkim prenosnikom obezbeđuje se automatska prilagodljivost radnom režimu, a zupčastim prenosnikom povećava se transformacija obrtnog momenta i proširuje područje rada sa visokim stepenom iskorišćenja. Elementima zupčastog prenosnika obično se obezbeđuje i promena smera obrtanja izlaznog vratila. Savremene konstrukcije hidromehaničkih menjača su sa planetarnim zupčastim prenosnikom.

Sa ugradnjom hidromehaničkih menjača u transmisije dizel lokomotiva i motornih kola započelo se istovremeno sa ugradnjom u automobile, tako da su automobilska industrija i železnica bili glavni pokretači razvoja ovih menjača. Prednosti hidromehaničkih prenosnika nad električnim su mala zapremina, znatno manja težina, niža cena i jednostavnije održavanje.

[1] Dr Aleksandar Vulić, red. prof., Mašinski fakultet Niš, Beogradska 14, e-mail: vulic@masfak.ac.ni.yu
[2] Mr Miodrag Velimirović, asistent, Mašinski fakultet Niš, Beogradska 14, e-mail: m_velimirovic@yahoo.com

2. PRINCIP RADA PLANETARNOG MENJAČA

Svaki od tri člana planetarnog seta može biti pogonski, gonjeni ili nepokretan, pa su prema unapred određenom zadatku koji treba da vrše opremljeni kočnicom ili spojnicom. U slučaju da je zupčasti venac planetarnog seta ukočen a pogon na centralnom zupčaniku planetarni set radi kao reduktor. Ako je pogonsko vratilo nosač satelita set radi kao multiplikator. Ako je ukočen centralni zupčanik set radi kao reduktor ako je zupčasti venac pogonski, odnosno kao multiplikator ako je pogonski element nosač satelita. Redukcije odnosno multiplikacije dobijene kočenjem centralnog zupčanika manje su od onih koje se dobijaju kočenjem zupčastog venca. Kada je ukočen nosač satelita vratila centralnog zupčanika i zupčastog venca obrću se u suprotnim smerovima, pa ukoliko je vratila centralnog zupčanika pogonsko imamo redukciju, a ako je vratilo zupčastog venca pogonsko imamo multiplikaciju. Planetarni menjači sadže više povazanih setova ćiji se pojedini elementi mogu ukočiti ili spojiti. Aktiviranjem odgovarajućih kočnica ili spojnica menja se veličina prenosnog odnosa. Kako svaki planetarni set u menjaču ima dva stepena slobode kretanja, planetarni menjač sa dva stepena ima četri stepena prenosa, odnosno tri stepena prenosa za kretanje unapred i jedan unazad. Menjač sa tri planetarna seta ima osam stepena prenosa.

Kod automobilskih planetarnih menjača dovoljno je da imamo samo jednu brzinu za kretanja nazad, što je moguće rešiti kočenjem nosača satelita kako je objašnjeno. Međutim kod pogonskih sistema dizel lokomotiva i motornih kola, kao i kod pogonskih sitema građevinskih mašina, potrebno je da imamo više brzina za oba smera kretanja.

Na sl. 1 šematski je prikazan planetarni menjač koji može ostvariti tri brzine u oba smera kretanja. Kod ovog menjača prva dva planetarna seta, sa lamelastom spojnicom V i lamelastom kočnicom R, imaju funkciju menjača smera kretanja. Dva planetarna seta, na slici desno, sa lamelastim kočnicama A i B lamelastom spojnicom C obavljaju funkciju menjača prenosnih odnosa ugaonih brzina odnosno broja obrtaja. Smer kretanja napred, kada se pogonsko i gonjeno obrću u istom smeru, ostvaruje se uključivanjem lamelaste spojnice V. Smer kretanja nazad, sa obrtanjem gonjenog vratila u suprotnom smeru od pogonskog, ostvaruje se aktiviranjem lamelaste spojnice R.

Indeksiranjem oznaka za ugaone brzine i brojeve zubaca slovima kojima su označeni odgovarajući zupčanici i nosači satelita, jednačine veza ugaonih brzina su:

$\omega_m \cdot (z_g + z_i) = \omega_g \cdot z_g + \omega_i \cdot z_i$ za prvi planetarni set

$\omega_n \cdot (z_h + z_j) = \omega_h \cdot z_h + \omega_j \cdot z_j$ za drugi planetarni set

S obzirom na uslove stalnih veza ova dva planetarna seta $\omega_g = \omega_h = \omega_1$; $\omega_i = \omega_n = \omega_{i,n}$; $\omega_j = \omega_a$ napred date jednačine veza ugaonih brzina svode se na:

$$\omega_m \cdot (z_g + z_i) = \omega_1 \cdot z_g + \omega_{i,n} \cdot z_i \quad (1)$$

$$\omega_{i,n} \cdot (z_h + z_j) = \omega_1 \cdot z_h + \omega_a \cdot z_j \quad (2)$$

Kada je spojnica V uključena za hod napred, nosač satelita prvog planetarnog seta **m o**brće se istom ugaonom brzinom kao i pogonsko vratilo $\omega_m = \omega_1$ pa se prema jednačini (1) dobija da je $\omega_{i,n} = \omega_1$ a prema jednačini (2) da je $\omega_a = \omega_1$.

Kada je kočnica R ukopčana za hod nazad nosač satelita prvog planetarnog seta je ukočen $\omega_m = 0$. Prema jednačini (1) dobija se da je ugaona brzina zupčastog venca prvog planetarnog seta $\omega_{i,n} = -\omega_1 \cdot z_g / z_i$ a prema jednačini (2) da je ugaona brzina vratila na izlazu iz menjača smera kretanja, odnosno ulazu u menjač prenosnog odnosa

$$\omega_a = -\omega_1 \frac{z_g}{z_i \cdot z_j} \left(z_h + z_j + \frac{z_h}{z_g} \right). \quad (3)$$

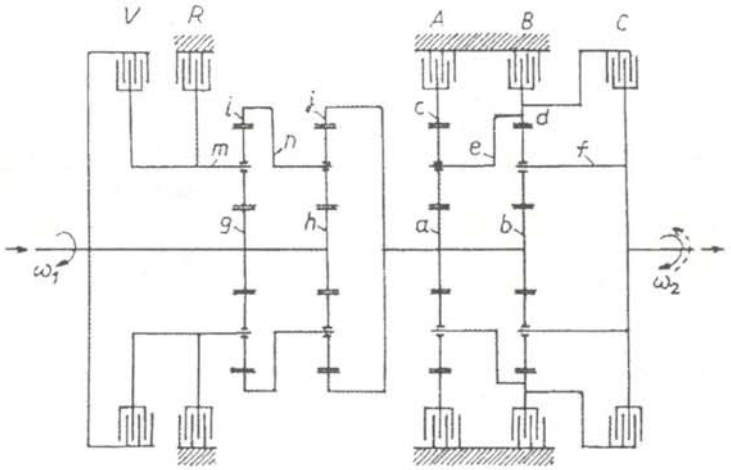
Kako su zupčanici oba planetarna seta jednakih dimenzija $z_h = z_g$ i $z_j = z_i$ izraz za određivanje ugaone brzine ω_a dobija oblik:

$$\omega_a = -\omega_1 \frac{z_g}{z_i} \left(2 + \frac{z_g}{z_i} \right) \quad (4)$$

Promenu smera obrtanja izvršio je prvi planetarni set uz redukciju, pa je drugi planetarni set umetnut da ovu redukciju anulira $\omega_a = \omega_1$.

Na isti način se mogu napisati i jednačine veza ugaonih brzina za planetarne setove menjača prenosnog odnosa:

$$\omega_{e,d} \cdot (z_a + z_c) = \omega_1 \cdot z_a + \omega_c \cdot z_c \quad (5)$$



Sl. 1 Trobrzinski planetarni prenosnik za oba smera kretanja
Oznake: A,B,R-lamelaste kočnice; C,V-lamelaste spojnice; a,b,g,h-centralni zupčanici planetarnih setova; e,d,i,j-zupčasti veni- planetarnih setova; e,f,m,n-nosač i satelita

$$\omega_2 \cdot (z_b + z_d) = \omega_1 \cdot z_b + \omega_{e,d} \cdot z_d \qquad (6)$$

Prvi stepen prenosa ostvaruje se aktiviranjem lamelaste kočnice B, kočnica A i spojnica C su isključene. Kako je tada $\omega_e = \omega_d = \omega_{e,d} = 0$ snaga se prenosi preko drugog planetarnog seta i nosača satelita f pa je odnos ugaonih brzina gonjenog i ulaznog vratila u menjač brzina ($\omega_a = \omega_b$):

$$\frac{\omega_2}{\omega_a} = \frac{z_b}{z_b + z_d} \qquad (7)$$

Drugi stepen prenosa ostvaruje se aktiviranjem lamelaste kočnice A a kočnica B i spojnica C su isključene. Zupčasti venac prvog planetarnog seta menjača brzine je ukočen $\omega_c = 0$, a prenos snage ide preko oba planetarna seta. Prema jednačini (5) $\omega_{e,d} = \omega_a \cdot z_z / (z_a + z_c)$, što zamenom u jednačinu (6) dovodi posle sređivanja do odnosa ugaonih brzina gonjenog i ulaznog vratila:

$$\frac{\omega_2}{\omega_a} = \frac{z_a \cdot z_d + z_b \cdot (z_a + z_c)}{(z_a + z_c) \cdot (z_b + z_d)} \qquad (8)$$

Treći stepen prenosa ostvaruje se aktiviranjem lamelne spojnice C a kočnica A i B su isključene. Spajanjem nosača satelita f i zupčastog venca d, oba nosača satelita i zupčasti venac d obrću se istom ugaonom brzinom kao i gonjeno vratilo $\omega_{e,d} = \omega_2$ pa se prema jednačini (6) može zaključiti da se gonjeno vratilo obrće istom ugaonom brzinom kao i ulazno vratilo $\omega_2 = \omega_a = \omega_1$ a prema jednačini (5) da se slobodni zupčasti venac prvog planetarnog seta obrće istom ugaonom brzinom kao i ulazno vratilo $\omega_c = \omega_a$.

Zbog jednakih ugaonih brzina centralnih zupčanika i zupčastih venaca sateliti se ne obrću oko svojih osovinica već se kreću zajedno sa njima. Ovakav prenos snage, bez promene ugaone brzine, naziva se direktnim prenosom. U neutralnom položju menjača brzina obe kočnice i spojnica su isključeni i pri tome se prekida prenos snage.

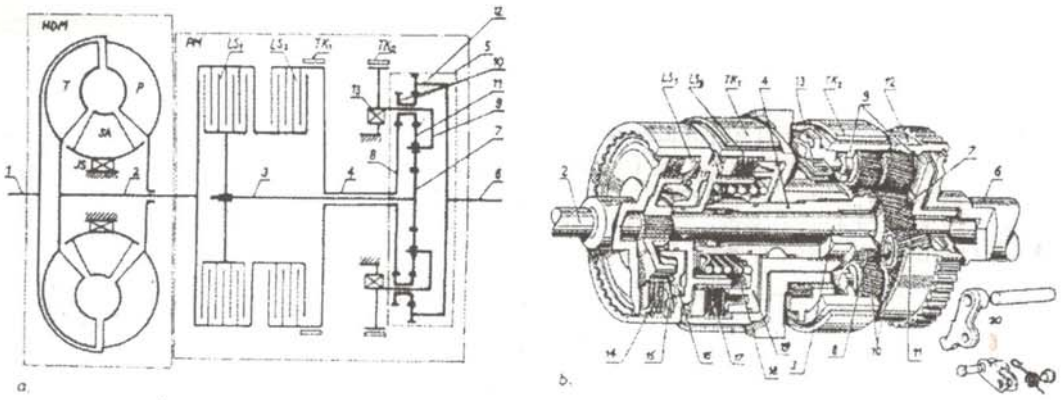
3. HIDROMEHANIČKI MENJAČ SA PLANETARNIM PRENOSNICIMA

Konstrukcija hidrodinamičkog i mehaničkog menjača, koja je najčešće izvedena u zajedničkom kućištu, naziva se hidrodinamički menjač.

Prema vrsti mehaničkog menjača mogu biti:

- sa klasičnim mehaničkim menjačem i
- sa planetarnim menjačem.

Savremeni hidrodinamički menjači su sa planetarnim menjačem, a i hidrodinamički menjač je obično složene konstrukcije.



Sl. 2 Šema hidromehaničkog menjača (a) sa planetarnim menjačem BW (b).
Oznake: HDM-hidrodinamički menjač; P-B planetarni menjač; $L_1SL_2S_1$-lamelaste spojnice; TKT,K_2–trakaste kočnice; 1-radilica motora; 2u turbinsko vratilo-ulazno vratilo PM,v3-vratilo pr5e lamelaste spojnice; 4-vratilo druge lamelaste spojnice; -vplanetarni sklop; 6-izlazno vratilo; 7-centralni zupčanik dnigog planetarnog sloga; 8-centralni zupčanik prhog planetarnog sloga; 9-nosač satelita; 10-spojni sateliti; 11-unutrašnji sateliti; 12-zupčasti venac; 13-uređaj slobodnog aode nosača satelita; 14-lamele pr1dnje spojnice; 5h-lepezasta opruga; 16,19-klipovi hidraulični: cilindara spojnica; 17-lamele spojnice; 18-cilidrična zavojna opruga spojnice; 19-vidi 16; 20-kvaka brave za blokiranje zupčastog venca.

Na sl. 2 je prikazan hidrodinamički menjač sa redno vezanim hidrodinamičkim menjačem i planetarnim menjačem.

Ovakvim menjačem moguće je različitim kombinacijama uključivanja lamelastih spojnica i trakastih kočnica ostvariti tri stepena prenosa pri vožnji napred i jedan stepen prenosa pri vožnji nazad.

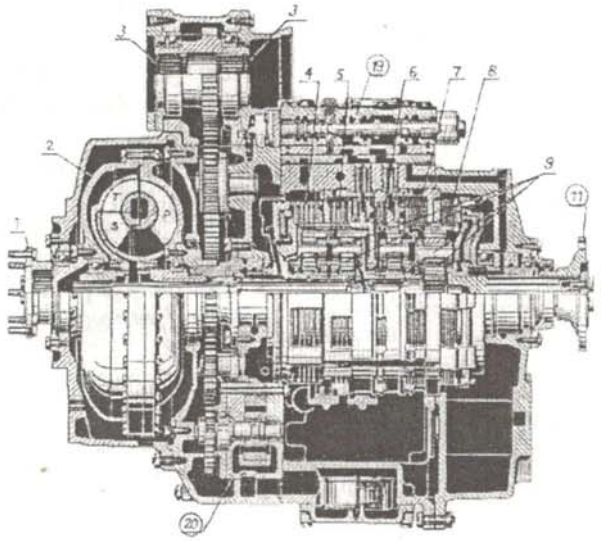
Prenosni odnosi i koeficijenti transformacije obrtnih momenata u hidrodinamičkom menjaču sa redno vezanim hidrauličkim i planetarnim menjačem računaju se korišćenjem izraza:

$$i = i_{HDM} \cdot i_{PLj} \qquad (9)$$

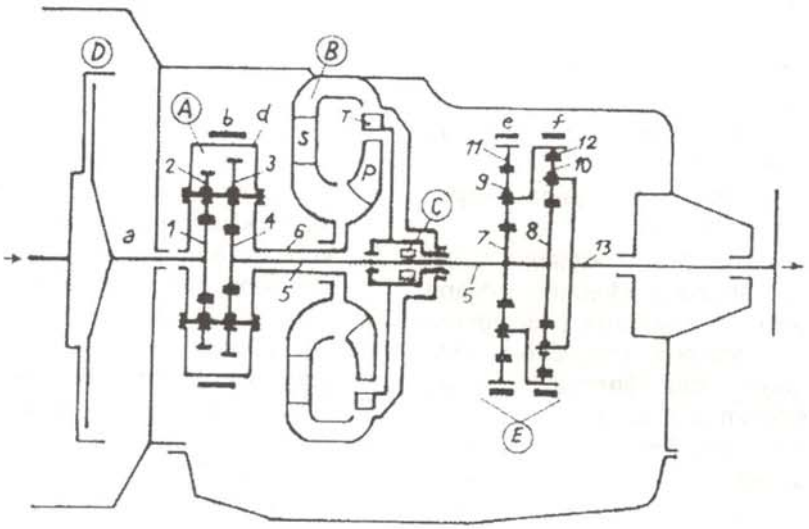
$$\frac{M_{iz}}{M_{ul}} = i_{HDM} \cdot \eta_{HDM} \cdot i_{PLj} \cdot \eta_{PLj} \qquad (10)$$

Na sl. 3 dat je hidromehanički trobrzinski planetarni menjač za oba smera kretanja u kome je ugrađen planetarni menjač kakav je dat na sl. 1 i čije je funkcionisanje i princip rada objašnjen.

U novije vreme se konstruišu i proizvode hidromehanički menjači kod kojih se snaga prenosi paralelno kroz granu hidrodinamičkog menjača i granu mehaničkog menjača, odnosno postoje dva puta prenosa snade i to: hidraulički put koji ide preko hidrodinamičkog menjača i mehanički put koji ide samo preko mehaničkog planetarnog menjača.



Sl.3 Hidromehanički trobrzinski planetarni menjač za oba smera kretanja



Sl. 4 Šema hidrodinamičkog menjača firme "Voith"
Oznake: A-planetarni razdelnik snage; B-hidrodinamički menjač; C-jednosmerno automatsko kvačilo; D-frikciono kvačilo; P-pumpno kolo; S-sprovodni aparat, T-turbinsko kolo; a-ulazno (pogonsko) vratilo; b-trakasta kočnica; d-kućište planetarnog razdelnika snage; 1,4-centralni zupčanici planetarnih slogava; 2,3-zupčanici sateliti; S-izlazno (gonjeno) vratilo; 6-šuplje vratilo pumpnog kola

Prema principu rada razlikuju se:

- hidromehanički menjači kod kojih se u prvom stepenu prenosa snaga prenosi hidrauličkim putem, a u ostalim sistemima prenosa mehaničkim putem i
- hidromehanički menjači sa grananjem prenosa snage, kod kojih se snaga istovremeno može prenosi i hidrauličkim i mehaničkim putem.

Prenos iz prvog stepena prenosa sa hidrauličkim putem prenosa snage u drugi stepen prenosa sa mehaničkim putem prenosa snage vrši se kada je brzina vozila dostigla brzinu kod koje počinje da opada stepen iskorišćenja menjača. U sistemima prenosa sa mehaničkim putem prenosa snage stepen iskorišćenja menjača je veći, ali se zato brzina ne menja automatski već promenom stepena punjenja motora, pri čemu pri preopterećenju motor može da se ugasi.

Kod hidromehaničkih menjača koji se koriste kod dizel lokomotiva ili motornih kola motornog voza, menjač smera može biti u međuprenniku ili "osovinskom" prenosniku.

Grupu hidromehaničkih menjača sa hidrodinamičkim i mehaničkim putevima prenosa snage čine menjači kod kojih se bar u jednom (prvom) stepenu prenosa, može istovremeno prenositi i hidrauličkim i mehaničkim putem.

Na sl. 4 dat je šematski prikaz hidrodinamičkog menjača proizvodnje nemačke firme "Voith" koji je namenjen za ugradnju u šinska vozila kao što su šinobusi, motorna kola ranžirne lokomotive manjih snaga.

Koji će deo snage da se prenosi hidrauličkim a koji mehaničkim putem zavisi od broja obrtaja izlaznog vratila, odnosno od brzine vozila. Mehanički put prenosa snage ide preko centralnog zupčanika 1, satelita 2 i 3, centralnog zupčanika 4 i izlaznog vratila 5. Hidraulički put snage ide preko kućišta d i šupljeg vratila pumpnog kola hidrodinamičkog menjača. Sa povećanjem brzine vozila, odnos broja obrtaja vratila 5 povećava se deo snage koji se prenosi mehaničkim putem a smanjuje deo snage se prenosi hidrauličkim putem.

Jednovremenim prenosom snage i hidrauličkim i mehaničkim putem zadržava se automatska promena obrtnog momenta u zavisnosti od otpora kretanju, koja karakteriše hidromehanički prenos snage, a na račun mehaničkog puta prenosa snage povećava se ukupan stepen iskorišćenja prenosa snage.

$$i_{Pl}^{I} = \frac{z_8 + z_{12}}{z_8} \qquad (11)$$

$$i_{Pl}^{II} = \frac{z_8 + z_{12}}{z_8}\left(1 + \frac{z_8}{z_7}\cdot\frac{z_7 + z_{11}}{z_{12}}\right) \qquad (12)$$

U svakom stepenu prenosa planetarnog menjača, zavisno od uključenog stepena prenosa planetarnog razdelnika snage (uključena ili isključena trakasta kočnica b) prenos snage se vrši jednovremeno i hidrauličkom i mehaničkim putem kada kočnica b nije uključena ili samo mehaničkim putem kada je uključena kočnica b.

3. ZAKLJUČAK

Na osnovu prethodnog razmatranja može se zaključiti sledeće:

- Stepenasta promena na izlazu iz prenosnika može se ostvariti menjačima klasične konstrukcije i savremenim konstrukcijama menjača sa planetarnim prenosnicima.
- Kontinualna promena brzine kretanja radnih organa može se ostvariti u određenom dijapazonu mehaničkim prenosnicima (varijatorima) kod kojih je ograničena mogućnost opterećenja, a takođe i hidrodinamičkim prenosnikom sa određenim prednostima.
- Hidrodinamičkim menjačima obezbeđuje se automatska prilagodljivost jednom rešenju, povećava se mogućnost promene obrtnog momenta i proširuje se područje rada sa visokim stepenom iskorišćenja.
- Savremene konstrukcije hidrodinamičkih menjača su sa planetarnim menjačima i sa paralelnim tokovima snage odnosno sa hidrodinamičkim i mehaničkim putevima prenosa snage, čime se znatno poboljšavaju stepen iskorišćenja i druge radne karakteristike.
- Opterećenje planetarnih menjača u sistemu prenosa snage je bez značajnih udara čime se znatno produžuje radni vek a hidrodinamički menjač omogućuje olakšano upravljanje sistemom.
- Primena hidrodinamičkih menjača je sve brojnija u savremenim mašinskim sistemima i postaje različita varijantna rešenja u pogonskim sistemima različitih mašina, pa i na železničkim vozilima.

LITERATURA

1. Bogdanović B. Nikodijević D. Vulić A.: Hidraulički i hidrodinamički prenosnici snage, Mašinski fakultet, Niš, 1998,
2. Vulić A. Tanasijević S.: Planetarni i harmonijski prenosnici snage, Mašinski fakultet Niš, 1994,
3. Vulić A., Bogdanović B.: Konstrukcije hidromehaničkih prenosnika na železničkim vozilima, Zbornik radova sa simpozijuma "Tehnika železničkih vozila", Niš, 1998,
4. Kelić V.: Hidroprenosnici, Naučna knjiga, Beograd, 1989,
5. Tehnički i prospektni materijali firme "14. Oktobar"

PLANETARY GEAR IN MODERN GEAR BOX DESIGN

Aleksandar Vulić, Miodrag Velimirović

Abstract *Mechanical gears were previously used with external gear pairs. New mechanical gears design are with planetary gears. Hydromechanical gears are used for railway vehicles driving systems and civil engineering machines where a modern design with planetary gear is applied.*

Key words: *railway, planetary gears, hydromechanical gears*

Relevantni parametri za izbor lokomotiva za manevru na železnici

Radisav Vukadinović[1]

Rezime: U radu *se obrađuje aktuelna problematika vezana za vučni park manevarskih lokomotiva na našim železnicama. Daje se osvrt na postojeće stanje. Utvrđuju se relevantni tehničko-tehnološki parametri koji su merodavni za proračun osnovnih veličina i utvrđivanje potrebnih karakteristika kod izbora tipa odgovarajućih manevarskih lokomotiva za naše uslove eksploatacije*

Ključne reči: *železnica, manevra, lokomotiva, vučna sila, snaga.*

1. UVOD U PROBLEM

Manevrisanjem se naziva svako pokretanje pojedinih vozila (kola, lokomotiva) ili celih voznih kompozicija u reonu službenih mesta radi određenog cilja.

Manevarski rad se obavlja u cilju rastavljanja i sastavljanja vozova u rasporednim, ranžirnim i putničkim stanicama, premeštanja, ranžiranja ili grupisanja kola po kolosecima, postavljanja kola po mestima utovara ili istovara odnosno vaganja, kao i njihovo odvoženje sa tih mesta.

Osim toga manevra se obavlja u cilju dodavanja i izdvajanja kola iz vozova, obavljanja rada vozova na industrijskim, rudničkim i fabričkim kolosecima za potrebe njihove proizvodnje kao i na radioničkim kolosecima u okviru procesa pranja, čišćenja, tekućeg ili investicionog održavanja železničkih vozila u radionicama i depoima.

Najveći deo manevarskog rada na železnici obavlja se lokomotivskom vučom tj. pomoću odgovarajućih manevarskih lokomotiva. Manevrisanje se vrši stalno ili povremeno manje ili više u svim stanicama železničke mreže.

Prema osnovnoj nameni i mestu obavljanja manevre razlikujemo: stanične, pružne i fabričko-radioničke odnosno radioničke manevarske lokomotive.

S obzirom na način rada, tehnologija izvođenja manevre može biti:

- vožnjom, potiskivanjem ili naguravanjem;
- odbacivanjem (pojedinačnim, grupnim ili serijskim);
- spuštanjem kola preko spuštalice pomoću sile gravitacije.

Najveći deo manevarskog rada otpada na rasformiranje i formiranje vozova u ranžirnim i rasporednim stanicama. Ovaj rad se izvršava pomoću spuštalica – kolosečnih postrojenja specijalne konstrukcije ili pomoću koloseka izvlačnjaka u tim stanicama, koji mogu biti postavljeni u horizontali ili nagibu.

Na mreži ŽTP-a "Beograd" postoji oko 50 službenih mesta gde je potrebno obavljati manevarski rad. Potreban radni park manevarskih lokomotiva treba da iznosi oko 90 lokomotiva.

Postojeći inventarski vučni park manevarskih lokomotiva čini ukupno 131 dizel električnih lokomotiva od čega je:

- najviše lokomotiva serije 641, koje služe za manevru i vuču lakih vozova, ima ih 96 komada, čija je prosečna starost 25 godina, a njihova imobilizacija iznosi oko 80%;
- lokomotive serije 642, koje služe za tešku manevru i vuču vozova, ima ih 23 komada, čija je prosečna starost preko 35 godina, a njihova imobilizacija iznosi 87%;

[1] Radisav Vukadinović, docent Mašinskog fakulteta u Nišu i profesor Više železničke škole u Beogradu.

- lokomotiva serije 643 ima svega 4 komada čija je prosečna starost oko 28 godina, a imobilizacija iznosi oko 80%.

Zbog starosti ovih lokomotiva, istrošenosti i nezadovoljavajućeg tehničkog stanja, prouzrokovan je visok procenat njihove imobilizacije i njihov nedovoljan broj za potrebe eksploatacije, pa zbog toga postojeći vučni park manevarskih lokomotiva neće biti u stanju da obavi predviđeni manevarski rad. Iz tih razloga je potrebno pristupiti planskoj obnovi i revitalizaciji postojećeg vučnog parka manevarskih lokomotiva, što treba postaviti kao jedan od prioritetnih zadataka na JŽ odnosno u ŽTP-u "Beograd".

2. OSNOVNE KONSTRUKCIONE I TEHNIČKE KARAKTERISTIKE MANEVARSKIH LOKOMOTIVA

Lokomotive za manevarsku službu prema vrsti vučnog pogona mogu biti: parne, električne, dizel i kontaktno-akumulatorske.

Parne manevarke se u sadašnjim uslovima mogu retko naći u upotrebi (poznata je lokomotiva serije 62).

Električne manevarke mogu biti sa jednim od četiri poznata sistema, ali se ograničeno primenjuju, zato što se u stanicama iziskuje potpuna elektrifikacija svih koloseka.

Za manevarski rad u stanicama sa mrežom delimično elektrificiranih koloseka koriste se lokomotive sa dvojnim pogonom tzv. B—mode lokomotive. U tom slučaju električna lokomotiva je opremljena i sa dizel-generatorskom ili alternatorskom grupom koja sa električnim vučnim motorima obezbeđuje manevarsku vuču i na neelektrificiranim kolosecima. Kod lokomotiva za dvojni vučni pogon može biti i akumulatorska vuča.

Za manevarski rad najpovoljnije su dizel lokomotive s obzirom na njihovu snagu i ekonomičnost, pa su zato i našle najširu primenu za manevarsku službu na skoro svim železnicama, te one predstavljaju osnovni sistem manevarske vuče. Osnovu njihovog vučnog pogona čini odgovarajući dizel motor i prenosnik snage.

Prema vrsti prenosnika snage u primeni se mogu naći dizel manevarske lokomotive sa mehaničkim, električnim, hidrauličnim i hidromehaničkim prenosnikom snage.

U pogledu konstrukcije manevarske lokomotive su kraćeg voznog postolja, zbijene su konstrukcije, a raspoznaju se po malim prečnicima točkova i manjim razmakom osovina da bi lakše prolazile kroz krivine na skretnicama. Mogu biti sa obrtnim postoljima ili bez obrtnih postolja. Manevarske lokomotive bez obrtnih postolja su tzv. ramovske konstrukcije kod kojih su lokomotivske osovine ugrađene u ram lokomotivskog postolja. Kod savremenih i lokomotiva za tešku manevru i vuču vozova isključivo se upotrebljavaju obrtna postolja u koja se ugrađuju pogonske osovine.

Prema broju i rasporedu osovina manevarske lokomotive mogu biti: dvoosovinske tipa (B i Bo), troosovinske tipa (C ili Co), četvoroosovinske tipa (B'o B'o) i šestoosovinske tipa (Co Co) koje služe za tešku manevru i vuču vozova.

Dvo i troosovinske lokomotive su sa kruto vezanim osovinama za glavni noseći ram lokomotive, a kod ostalih su u primeni obrtna postolja.

Lokomotivski sanduk manevarskih lokomotiva je po pravilu sandučastog ili kontejnerskog tipa sa jednom upravljačkom kabinom u kojoj je smešten jedan komandni pult, a upravljačnica je izdignuta prema mašinskom prostoru, što olakšava obavljanje manevre jednog mašinovođe. Upravljačnica može biti postavljena na zadnjem kraju ili u srednjem delu postolja – bliže zadnjem kraju.

Upravljačnica treba da je dobro zvučno i toplotno izolovana i oslobođena vibracija.

Izbor najcelishodnijih lokomotiva za manevarsku službu treba izvršiti na osnovu konkretnih uslova manevarskog rada koji se obavlja u toku eksploatacije pruga i stanica na našoj železničkoj mreži. Izbor najracionalnijeg tipa manevarskih lokomotiva vrši se primenom određenih tehničkih odnosno vučnih proračuna na osnovu kojih se utvrđuju njihove potrebne vučne i ostale tehničke karakteristike.

Izbor osnovnih karakteristika za manevarske lokomotive treba izvršiti pod uslovom njihove maksimalne unifikacije što znači da sve lokomotive treba da budu iste u cilju stvaranja uslova za industrijski remont, tj. efikasno održavanje. Rad ovih lokomotiva u staničnom području obavlja se pod specifičnim uslovima vuče.

Zato se od manevarskih lokomotiva traži, sažeto rečeno, da poseduju sledeće osnovne karakteristike:

- treba da budu dovoljno složene i da su sposobne za postizanje osrednjih brzina V mah 60-80 km/h;
- da su u stanju da za kraće vreme razviju potrebnu brzinu;
- da mogu povući veći broj kola (veće mase manevarskih odnosno voznih kompozicija);
- da imaju dovoljno visoku vrednost vučnih sila pri pokretanju i u zoni malih brzina kako po osnovu adhezije tako i po termičkom kriterijumu;

- da imaju kvalitetnu regulaciju brzine, naročito pri polasku i u oblasti malih brzina (od 3-25 km/h);
- da ispunjavaju uslove za trajan pogon pri malim brzinama;
- da su lako pokretljive u oba smera kretanja;
- da imaju mogućnost međusobnog sprezanja i komandovanja sa jednog mesta;
- da imaju zadovoljavajući stepen iskorišćenja i energetsku ekonomičnost vučnog pogona i kod malih brzina pogodnih za manevrisanje, i na kraju;
- da su u konstrukcionom pogledu lakšeg tipa, tj. relativno manje mase (u službi i van službe) kako bi imale manja osovinska opterećenja (do 16 t/o) odnosno opterećenja po dužnom metru (4-5 t/m), kako bi mogle da obavljaju vuču na staničnim, industrijskim i pružnim kolosecima slabijeg stanja u pogledu njihove nosivosti za dozvoljena opterećenja.

Izbor i proračun osnovih elemenata najpogodnijeg tipa manevarskih lokomotiva koji će odgovarati postojećim uslovima eksploatacije koji vladaju na mreži naših pruga i stanica, može se izvršiti po sledećem metodološkom postupku.

3. ODREĐIVANJE POTREBNE SNAGE LOKOMOTIVE

1. Minimalno potrebna snaga na obodu pogonskih točkova (Po) manevarske lokomotive određuje se po poznatom obrascu:

$$P_o = \frac{Fo \cdot Vc}{360} \text{ (kW)}$$

gdeje:

Fo (da N) - vučna sila na obodu pogonskih točkova

Vc (km/h) - utvrđena (ravnomerna) brzina kretanja pri manevrisanju.

Za određivanje potrebne snage manevarske lokomotive treba uzeti u obzir najnepovljnije uslove za rad kod manevre, što se sagledava kroz sledeće parametre režima rada u njihovoj eksploataciji:

1. Najveća moguća masa manevarskog sastava uzima se za najteže vozove, mase od Q = 1200

2. Vu (km/h) – najvećom brzinom koja se postigne u toku ubrzavanja koja je ograničena do 30 km/h;

3. Lu (m) – dužina vožnje na kojoj treba da se postigne određena brzina;

4. W (da N/t) — ukupnim specifičnim otporima kretanja vozne kompozicije (manevarskog sastava) i

5. ± i (‰) – vrednost svedenog nagiba koloseka u zoni manevrisanja (najveći dozvoljeni uspon u stanicama je do 2%). Na bazi prednjih parametara minimalna nominalna snaga manevarskih lokomotiva (Pe) proračunava se po sledećem obrascu:

$$Pl = \frac{(L+Q)\left(W \pm i + \frac{dv}{dt}\cdot\frac{1}{\xi}\right)Vu}{360 \cdot \eta p} \text{ (kW)}$$

gde je:

L(t) – masa manevarske lokomotive u službi

$$fu = \frac{dv}{dt} \cdot \frac{1}{\xi} \text{ (daN/t)}$$

- specifična vučna sila lokomotive koja se troši na ostvarivanje zadatog ubrzanja manevarskog sastava, pri čemu je ubrzanje iskazano u (km/h²) pri čemu je:

ξ = 120 km/h – što predstavlja konstantu preračunavanja kojom se iskazuje ubrzanje manevarskog sastava pod dejstvom specifične vučne sile od 1 da N/t.

- odnos snage na obodu pogonskih točkova i nominalne snage kod lokomotive (za dizel manevarske lokomotive u zoni manevrisanja se kreće od 0,65 do 0,75) pri čemu je ukupni specifični otpor manevarskog sastava jednak:

$$Wl = \frac{Wk \cdot Wl \cdot L}{L+Q} \text{ (daN/t)}$$

(uzima se približno W=2,2 daN/t)

Pri čemu je:

$$Wk = 2 + m\left(\frac{V}{Io}\right)^2 \text{ (daN/t)}$$

- specifičan otpor (uzima se 2,2 daN/t)

m - konstanta u zavisnosti od vrste sastava kola u manevarskoj kompoziciji (tovarena, prazna, mešana) (m=0,057 kod sastava od tovarenih i praznih kola)

$W_1 = 2,5 + \frac{V^2}{1500}$ (daN/t) - specifični otpor lokomotiva (uzima se 3,0 (daN/t)

V (km/h) - maksimalna brzina kretanja manevarskih sastava kreće se do 40 km/h.

4. ODREĐIVANJE POTREBNE MASE LOKOMOTIVE

Potrebna masa lokomotive utvrđuje se iz uslova da je vučna sila na obodu pogonskih

točkova (Fo) manja ili najviše jednaka adhezionoj vučnoj sili (Fa) što se iskazuje nejednakošću: Fo ≤ Fa, odnosno da je ukupna vučna sila na obodu pogonskih točkova jednaka ukupnim otporima voza: Fo ≤ fo (L+Q) (daN), gde je: fo = $w + i + f_u$ (daN/t).

Specifična sila ubrzanja manevarskog sastava izračunaće se na osnovu relacije koja je izvedena iz jednačine kretanja voza, a glasi:

$$fu = tv - w - i = \frac{\Delta V}{2t} \text{ (daN/t)}$$

Pri čemu važe sledeći ograničavajući uslovi:

- da vreme ubrzavanja manevarskog sastava iznosi t = 1,2 min, u intervalu brzine od V = 0 do V = Vk (kritična brzina) na maksimalnom usponu u stanici od i=2‰.

Kako se kritična brzina manevarske lokomotive može uzeti da je približno jednako oko Vk=10 km/h to je ΔV = 10 km/h, pa iz prethodne relacije imamo da je specifična sila ubrzanja jednaka:

$$fo=fo-w-i=\frac{\Delta V}{2t}=\frac{10}{1}\cdot\frac{1}{2}=4{,}1 \text{ daN/t}$$

Ovde imamo da je:

fo=tu+w+i=4,1+2,2+2=8,3 daN/t.

Srednja vučna sila na obodu pogonskih točkova treba da iznosi: Fo=fo (L+Q) = 8,3 (60 + 1200)=9.960 daN, odnosno približno 10.000 (daN), a u intervalu od 0-10 km/h a pri polasku oko 1.300 daN.

Dizel manevarska lokomotiva mora imati sopstvenu masu jednaku adhezionoj masi (La).

Na osnovu prednjih parametara može se izračunati potrebna masa lokomotive po obrascu:

$$L = La = \frac{Fo}{1000\varphi_a} \text{ (t)}$$

Za slučaj električnog prenosnika snage imamo da je koeficijent adhezije jednak φa=0,25 te masa takve lokomotive treba da iznosi 52 (t). Takva lokomotiva treba da ima raspored osovina tipa "B - B" tj. četiri osovine i sve da su pogonske, smeštene u dva obrtna postolja. Takvom uslovu odgovara postojeća lokomotiva serije 641.

Za slučaj hidrauličnog prenosa snage imamo da je koeficijent adhezije jednak φa=0,33 te masa takve lokomotive treba da iznosi 40 (t). Takva lokomotiva treba da ima raspored osovina tipa "S" tj. tri osovine, da su sve pogonske, smeštene u lokomotivskom ramu. Takvom uslovu odgovara lokomotiva tipa DHL 650 MIN Niš.

Napred navedeni tipovi lokomotiva bili bi sa osovinskim opterećenjima od 14 do 16 tona po osovini što uslovljava njihovu minimalnu adhezionu masu i omogućava kretanje i po kolosecima slabog stanja tj. male nosivosti.

Na osnovu napred utvrđenih parametara potrebna snaga manevarskih lokomotiva na obodu pogonskih točkova iznosi

$$Po=\frac{Fo\cdot V}{360}=\frac{13.000\cdot 10}{360}=361\,(kW)$$

Ako se usvoji da je stepen korisnosti prenosnika snage pri malim brzinama ηp=0,75 i da se za rad pomoćnih uređaja troši oko 10% (α=0,1) od snage dizel motora to će potrebna snaga dizel motora biti jednaka:

$$Pdm=\frac{Ro}{(1-\alpha)\cdot\eta p}=\frac{361}{(1-0{,}1)\cdot 0{,}75}=534 \text{ (kW)}$$

Minimalna potrebna snaga manevarskih lokomotiva na obodu pogonskih točkova ne treba da bude manja od potrebne snage za pokretanje voznog sastava sa mesta mirovanja (pri polasku) što se proverava po istom obrascu uzimajući u proračun povećane otpore pri pokretanju.

Za manevru u ranžirnim stanicama sa spuštalicama gde se vrši potiskivanje celih voznih kompozicija na određenim kraćim deonicama uspona ka vrhu spuštalice radi ranžiranja, neophodno je da tip lokomotive i njena snaga odgovaraju specifičnim uslovima rada. Zato je neophodno da manevarska lokomotiva za ranžiranje preko spuštalice raspolaže vučnom silom na obodu pogonskih točkova koja se određuje po sledećem kriterijumu:

$$Fo \geq Q(Wk + Wmp) + L(Wl + Wmp) + (Q + L)\left(\sum i\cdot\frac{li}{lv}+\sum\frac{750}{R}\cdot\frac{lr}{lv}+\sum nsk\cdot Wsk\cdot\frac{lsk}{lk}+fu\right)[daN/t]$$

Q;L (t) - masa voza odnosno manevarske lokomotive

Wk; Wl (daN/t) - osnovni specifični otpor kola odnosno manevarske lokomotive

Wmp (daN/t) - dopunski specifični otpor pri pokretanju voza s mesta

$\frac{\Sigma 750}{R}$ (daN/t) - specifični otpor od krivine koloseka poluprečnika R(m)

i[‰]=[daN/t] – specifični otpor od uspona koloseka

li; lr; lv (m) – dužina uspona, krivine odnosno voza

nsk, Wsk, lsk – broj skretnica, specifični otpor od jedne skretnice u (daN/t) odnosno dužine voza na manevarskom putu vožnje sa najnepovoljnijim uslovima.

5. ZAKLJUČNO RAZMATRANJE

Postojeće stanje vučnog parka manevarskih lokomotiva zbog starosti, visokog stepena istrošenosti i tehničke neispravnosti neće biti u stanju da predviđeni obim manevarskog rada na našoj železničkoj mreži.

Iz tih razloga je potrebno pristupiti planskoj obnovi i revitalizaciji vučnog parka manevarskih lokomotiva vodeći računa o njegovoj unifikaciji.

Na osnovu proračuna minimalne neophodne snage odabira se od raspoloživih manevarskih lokomotiva onaj tip koji je najbliži po snazi i pogodnosti vučnih karakteristika.

Za naše uslove eksploatacije bi najpogodnije odgovarala lokomotiva serije 641 nad kojom treba izvršiti potrebnu rekonstrukciju i modernizaciju u cilju poboljšanja njihove efikasnosti i pouzdanosti u radu.

U dosadašnjoj eksploataciji ovaj tip lokomotive je pokazao dobre vučne i manevarske sposobnosti

LITERATURA

[1] Dr Vukadinović, R. (1998), "Eksploatacija železnice", "Želnid" Beograd

[2] Dr Dinić, D. (1984), "Električna vozila", Saobraćajni fakultet Beograd

[3] Dr Čičak, M. (1990), "Organizacija železničkog saobraćaja", Saobraćajni fakultet Beograd

[4] Dipl inž. Pajić, D. (1981), "Vučna vozila (mašinski deo"), Zavod NIPD JŽ Beograd

[5] Dipl. inž. Šida, S. (1988), "Vuča vozova", VŽŠ Beograd

RELEVANT PARAMETRES FOR THE SELECTION OF SHUNTING LOCOMOTIVES ON RAILWAYS

Dr Vukadinovic Radisav,
Assistant Professor
at the Faculty of Mechanical Engineering, Nis and Professor of Railway Polytechnic School, Belgrade

Abstract: *This paper focuses on the problem of shunting, identifying the current state and the need for shunting locomotive fleets revitalization on Yugoslav railways I have pointed out the basic constructional-technical features and the relevant parametres of shunting locomotives, as well as the methodological procedure for the selection of shunting locomotive types in accordance with the exploitation conditions on Yugoslav railway network*
Key words: *railway, locomotive, shunting, power, tractive effort*

Presovani spojevi kod pogonskih sklopova železničkih vozila

D. Stamenković[1], M. Đurđanović[2], S. Jovanović[2], S. Radenković[1], D. Tonić[1]

Rezime: *Spojevi točak-osovina, zupčanik-osovina, kočni disk-osovina i sl. kod osovinskih sklopova železničkih vozila su veoma odgovorni i zbog toga je neophodno obezbediti potrebnu nosivost. Nosivost presovanih spojeva zavisi od brojnih faktora a istraživanje sprovedeno na Mašinskom fakultetu u Nišu imalo je za cilj da ispita uticaj triboloških parametara. U radu su navedeni zahtevi koje treba da ispune presovani spojevi kod pogonskih sklopova železničkih vozila. S obzirom da su u eksperimentu tretirani tribološki uslovi koji odgovaraju presovanim spojevima kod pogonskih sklopova železničkih vozila to se rezultati istraživanja mogu da primene u održavanju vozila na železnici.*

Ključne reči: *presovani spoj, tribologija, pogonski sklop, železnička vozila.*

1. Uvod

Osnovni zadatak presovanih spojeva je da prenesu opterećenje (obrtni moment i/ili aksijalnu silu) i zbog toga se, u konstrukciji saobraćajnih sredstava i transportnih postrojenja, koriste za spojeve prirubnica i vratila, zupčanika i vratila, ležajeva i vratila, obruča (bandaža) i tela točkova, monoblok točkova i osovina i sl.

Pošto su presovani spojevi sposobni da prenesu velike obrtne momente to se primenjuju u pogonskim sklopovima železničkih vozila. Tako, hidraulični prenosnik GSR 20/5,7 – 480 kW, nemačke proizvodnje za dizelhidrauličnu manevarsku lokomotivu DHL-650 ima ukupno 42 presovana spoja koji su izvedeni sa cilindričnim i konusnim dodirnim površinama.

2. Osovinski sklop

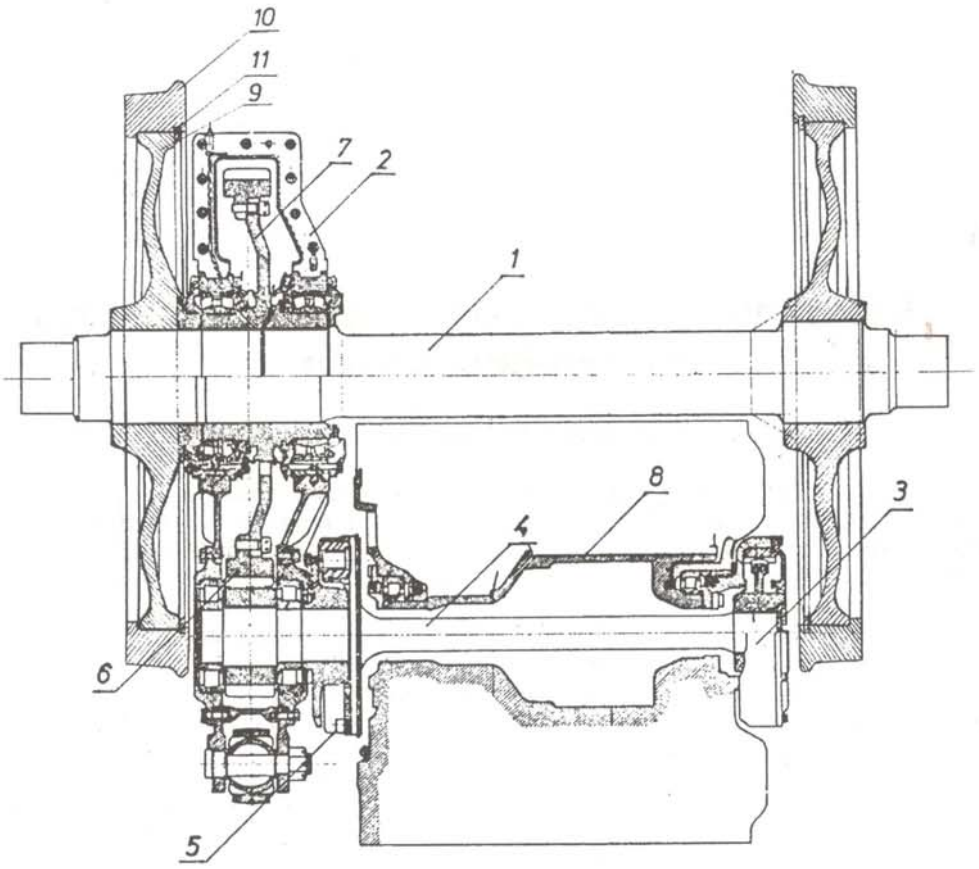
Osovinski sklop se sastoji od dva točka i vratila (osovine) i ima funkciju nošenja i vođenja vozila a u slučaju da je pogonski onda ima i zupčanik i prenosi vučne sile. Osovinski sklop, takođe, prenosi i kočne sile a kočenje može da se ostvari naleganjem kočnih papuča na vence točkova ili naleganjem kočnih papuča na kočne diskove koji su presovanim spojem vezani za osovinu.

Zbog velikih masa i mogućih velikih brzina ove su funkcije od izuzetnog značaja za sigurnost i bezbednost železničkog saobraćaja. Osovinskim sklopovima pripadaju i ležajevi sa kućištima koji služe za oslanjanje vozila na osovine. Na slici 1 prikazan je pogonski sklop vučni motor-osovinski slog kod električnih lokomotiva serije 441 i 461, a pregled osnovnih podataka za presovane spojeve kod istog sklopa dat je u tabeli 1. Veličine preklopa su date kao srednje vrednosti prema tehničkoj dokumentaciji. U tabeli su date srednje vrednosti dodirnih pritisaka u spojevima utvrđenih računski na osnovu standardnih postupaka proračuna [1,2,3]. Navedene vrednosti opterećenja presovanih spojeva predstavljaju adhezione obrtne momente odnosno maksimalno moguće u eksploataciji.

3. Železnički propisi i iskustva u remontu osovinskih sklopova

Tehničke uslove za izradu i isporuku osovinskih sklopova železničkih vozila propisuju objava UIC-813V iz 1989.godine i JUS-P.F2.010 iz 1973. godine. Jugoslovenski standard je usklađen sa odredbama Međunarodne unije železnica (UIC) i propisuje uslove obrade delova, sklapanja, ispitivanja, prijema i isporuke osovinskih sklopova. Propis UIC-813V je detaljniji i daje dozvoljene opsege preklopa, uslove obrade i montaže, uslove koje mora da ispunjava dijagram presovanja kod uzdužno presovanih spojeva kao i uslove sklapanja kod poprečno presovanih spojeva. Međutim, ovaj propis ne daje tehničke uslove za konusne presovane spojeve.

[1] MIN Holding Co. DD "Lokomotiva", ul. Šumadijska 1, 18000 Niš
[2] Mašinski fakultet Niš, ul. Beogradska 14, 18000 Niš



Slika 1. Pogonski sklop vučni motor-osovinski slog kod lokomotiva serije 441 i 461
1- Osovina; 2- Kućište reduktora; 3- Zupčasta spojnica; 4- Torziono vratilo; 5- Elastična spojnica;
6- Mali zupčanik reduktora; 7- Veliki zupčanik reduktora; 8- Vratilo rotora; 9- Telo točka;
10- Obruč točka (bandaž); 11- Prsten za pričvršćivanje obruča točka

Tabela 1 Osnovni podaci za presovane spojeve sa slike 1

R. br.	Serija vozila	Sklop	Prečnik spoja [mm]	Dužina spoja [mm]	Preklop spoja [μm]	Dodirni pritisak [N/mm^2]	Opterećenje ob. moment [Nm]
1.	441/461	točak–osovina	229	186	245	102	21875
2.	441/461	bandaž–točak	1098	93	1475	34	21875
3.	441/461	zupčanik–osovina	229,77	284	235	98	43750
4.	441/461	zupčanik spojnice–torziono vratilo	96/100	120	217	160	11986
5.	441/461	zupčanik–pogonsko vratilo	135	104	163	87	11986
6.	441/461	spojnica–pogonsko vratilo	116/119	95	147	126	11986

Na jugoslovenskoj železnici važi Uputstvo JŽ 260 za opravku osovinskih sklopova i osovinskih ležišta za kola JŽ od 1. 6. 2000. godine i po njemu se upravljaju sve radne jedinice u sastavu JŽ kao i remontna preduzeća koja su organizaciono izvan železnice ali vrše usluge za JŽ. U ovom Uputstvu su date mere, tolerancije, hrapavost površina kao i veličine neuravnoteženosti za osovinske sklopove za kola a takođe su date i granične radioničke i eksploatacione dimenzije. Pored toga, opisani su uslovi za opravku, održavanje i ispitivanje osovinskih sklopova.

Međutim, bez obzira na detaljnost u ovim dokumentima, presovani spojevi su nedovoljno precizno obrađeni. Obično su date granične vrednosti preklopa i sile presovanja uzimajući u obzir pojedina sredstva za podmazivanje. Ovakva opšta pravila, u određenim praktičnim slučajevima remonta železničkih vozila, ne mogu da se primene i tada se za rešavanje problema zahteva šire poznavanje presovanih spojeva.

Spojevi točak – osovina, zupčanik – osovina i kočni disk – osovina mogu da se ostvare kao uzdužno presovani (pod dejstvom sile prese) ili kao poprečno presovani (zagrevanjem točka ili hlađenjem osovine). Najčešće je u primeni uzdužno presovani spoj zbog mogućnosti registrovanja sile upresavanja u toku procesa formiranja sklopa, s obzirom da se na osnovu sile upresavanja može oceniti nosivost spoja. Za razliku od drugih delova i sklopova na železničkim vozilima, zbog izuzetnog značaja i odgovornosti, dijagrami sile presovanja za osovinske sklopove se čuvaju 10 godina.

Da su železnički propisi po pitanju presovanih spojeva nedovoljno usaglašeni pokazuje sledeći primer. Spoj monoblok točak-osovina kod električnih lokomotiva JŽ serije 441 i 461 treba da se ostvari određenom silom upresavanja koja se kreće, po različitim izvorima, u sledećim granicama:

– po uputstvu proizvođača THYSSEN – Nemačka	898 – 1572 kN
– po UIC 813-V	687 – 1488 kN
– po JUS P.F2.010	801 – 1374 kN
– po proračunu	700 – 1650 kN.

Proračun sile presovanja uzima u obzir toleranciju propisanog preklopa i korišćenje različitih mazivnih sredstava (loj, M_oS_2 i Loctite Wheel Mount).

Za isti presovani spoj na slici 2. prikazane su vrednosti računske i ostvarene vrednosti sile presovanja (za osovinske sklopove električnih lokomotiva 461-138 i 441-518) pri čemu su računske vrednosti određene prema literaturi [2] koristeći izmerene vrednosti preklopa i hrapavosti. Bez obzira što je proračun izvršen na osnovu izmerenih (a ne projektovanih) podataka, uočavaju se značajna odstupanja ostvarenih i računskih vrednosti sila presovanja.

Odstupanja vrednosti ostvarenih sila upresavanja od računskih su stohastičkog karaktera i može da se zaključi da uglavnom potiču od odstupanja vrednosti koeficijenta trenja. Znatno rasipanje vrednosti koeficijenta trenja objašnjava se nemogućnošću da se obezbede identične karakteristike dodirnih površina u mikro oblasti i jednaki uslovi formiranja spojeva odnosno ujednačene frikcione karakteristike.

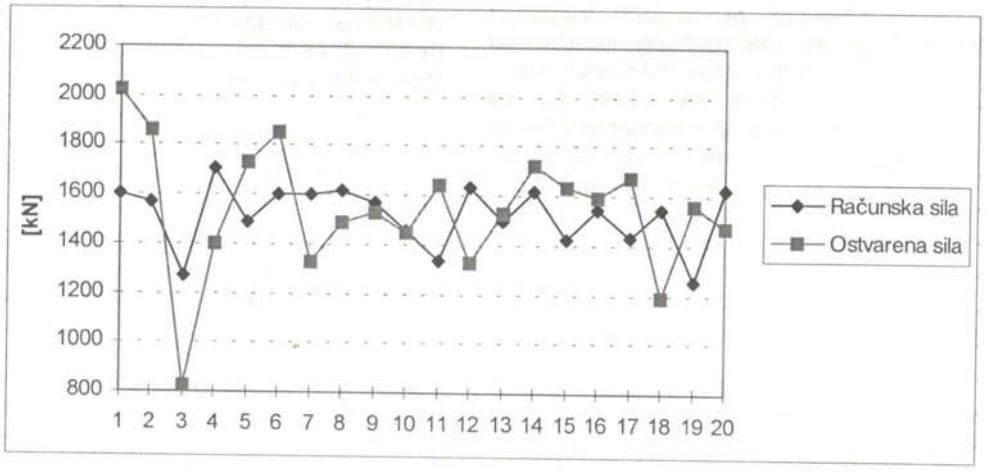
4. Uporedna analiza uticajnih veličina na nosivost presovanog spoja

Neophodan uslov za formiranje presovanog spoja je postojanje preklopa između delova u spoju. Dodirni pritisak koji nastaje usled elastičnih deformacija delova mora da bude dovoljan da izazove neophodan otpor protiv klizanja koji će nadvladati spoljašnje opterećenje. S druge strane, dodirni pritisak ne može da bude isuviše veliki, odnosno ograničen je dopuštenom veličinom koja neće izazvati plastične deformacije materijala u delovima spoja. U tom smislu, dodirni pritisak je od izuzetnog značaja za nosivost presovanog spoja. Sa aspekta naponskog stanja delova presovanog spoja poželjno je da veličina dodirnog pritiska bude što manja.

Koeficijent trenja, koji se ostvaruje u međusobnom kontaktu delova presovanog spoja, direktno utiče na veličinu sile trenja koja predstavlja nosivost spoja. U procesu upresavanja i ispresavanja, zahtev je da veličina koeficijenta trenja bude što manja, dok je u periodu eksploatacije potrebno da vrednost koeficijenta trenja bude što veća kako bi nosivost spoja bila veća.

Veličina preklopa kod presovanih spojeva osovinskih sklopova železničkih vozila, može da se odredi po preporuci objave UIC 813 V (slika 3).

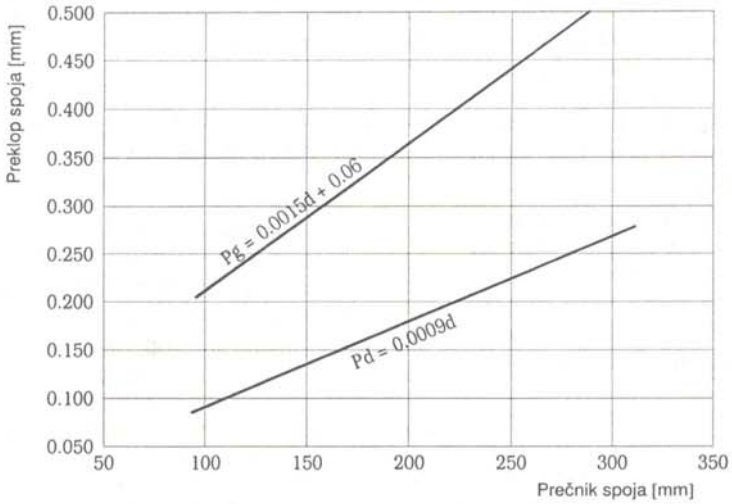
Dodirni pritisak zavisi od veličine preklopa, koeficijenata elastičnosti delova spoja i modula elastičnosti materijala. Ako dimenzije delova spoja i karateristike materijala smatramo utvrđenim na



Slika 2. Sila upresavanja (računska/ostarena) za presoanje spojea točak-osovina

osnovu drugih konstruktivnih zahteva, onda može da se zaključi da je dodirni pritisak određen veličinom preklopa. Uzimajući u obzir preporuke za izbor veličine preklopa sa slike 3, najveća vrednost preklopa odnosno dodirnog pritiska

metara. Numerički podaci za koeficijent statičkog trenja, dobijeni merenjem na odgovarajućem modelu sa uzorcima pločastog oblika i modelu presovanog spoja koji je analogan presovanim spojevima pogonskih sklopova železničkih vozila,



Slika 3. Veličina preklopa presoanih spojea kod osovinskih sklopoa železničkih vučnih i vučenih vozila

može da bude najviše dva puta veća od najmanje vrednosti ($p_g \approx 2p_d$).

Vrednost koeficijenta trenja može da se kreće u širokim granicama. Ako se uzmu u obzir različita mazivna sredstva i uslovi spajanja, bez nanošenja specijalnih prevlaka na dodirnim površinama, najveća vrednost koeficijenta trenja može da bude i pet puta veća od najmanje vrednosti ($\mu_g \approx 5\mu_d$).

Smatrajući veličinu dodirne površine presovanog spoja utvrđenom (nepromenljivom) veličinom, a na osnovu prethodnih postavki, zaključuje se da najveća nosivost presovanog spoja može da bude deset puta veća od najmanje:

$$F_{max} = \mu_g p_g A \approx 5\mu_d 2p_d A \approx 10 F_{min}.$$

Znači, nosivost presovanog spoja se značajno može menjati promenom frikcionih karakteristika. Predmet realizovanog istraživanja [5] je, zbog toga, razmatranje frikcionih karakteristika presovanog spoja sa ciljem da se obezbedi potrebna nosivost uz umanjenje veličine dodirnog pritiska a povećanje vrednosti koeficijenta trenja. Tako bi se obezbedilo povoljnije naponsko stanje delova u spoju tj. smanjilo njihovo prednaprezanje.

5. Eksperimentalno istraživanje (zaključak)

S obzirom da su materijali delova i vrsta mazivnog sredstva utvrđeni prema realnim presovanim spojevima pogonskih sklopova železničkih vučnih vozila, u eksperimentalnom istraživanju je analiziran uticaj hrapavosti, tvrdoće i čistoće dodirnih površina kao značajnih triboloških para-

komparirani su sa rezultatima dobijenim na osnovu prethodnog teorijskog istraživanja [5].

Na osnovu ukupnih rezultata istraživanja može da se zaključi sledeće:

- Hrapavost kontaktnih površina ima direktni uticaj na koeficijent statičkog trenja. Globalno može da se tvrdi da sa porastom hrapavosti raste i koeficijent statičkog trenja, što je u skladu sa teoretskim postavkama procesa trenja. Međutim, kod iste klase hrapavosti dodirnih površina pločastih uzoraka i uzoraka presovanih spojeva javlja se značajna razlika u vrednosti koeficijenta statičkog trenja. Ova razlika je prvenstveno posledica načina obrade dodirnih površina a pored toga i različitog načina formiranja spoja i vremena trajanja kontakta. Naime, kako se pokazalo, nije isto da li je dodirna površina iste klase hrapavosti obrađena glodanjem ili struganjem odnosno ravnim ili kružnim brušenjem, jer dobijene mikrotopografije površina u tim slučajevima se razlikuju.

- Prisustvo i karakteristike mazivnog sredstva u mnogome određuju tribološke uslove na kontaktnim površinama a time i vrednost koeficijenta trenja.

- Tvrdoća dodirnih površina nema direktan i ujednačen uticaj na vrednost koeficijenta statičkog trenja. Naime, uticaj povećanja razlike površinskih tvrdoća dodirnih površina na veličinu koeficijenta statičkog trenja zavisi od vrste obrade i klase hrapavosti. Kod dodirnih površina sa većom klasom hrapavosti (npr. obrada glodanjem), vrednost koeficijenta statičkog trenja uglavnom raste sa povećanjem razlike tvrdoća dodirnih površina. Kod dodirnih površina sa manjom klasom hrapavosti (npr. obrada brušenjem ili lepovanjem), vrednost ko-

eficijenta statičkog trenja opada sa povećanjem razlike tvrdoća dodirnih površina.

- Čišćenje kontaktnih površina je potrebno zbog uklanjanja kontaminanata (opiljaka, masnih opni i sl.) koji mogu da utiču na veličinu koeficijenta statičkog trenja.

Za proučavanje kontakta između dva čvrsta tela kao i triboloških procesa u zonama kontakta, poznavanje mikrotopografije površina je od izuzetnog značaja. Savremena merna oprema pruža izvanredne mogućnosti za identifikaciju oblika i veličine neravnina na površinama čvrstih tela kao i raspored masa u površinskim slojevima.

Nosivost presovanog spoja (sila statičkog trenja) je teško precizno prognozirati s obzirom da zavisi od brojnih uslova koji su stohastičkog karaktera. Da bi ovaj postupak mogao da se sprovede za konkretan presovani spoj, neophodno je utvrditi parametre hrapavosti dodirnih površina pomoću savremenih mernih uređaja – profilometra. S obzirom da su danas ovakvi uređaji u masovnoj upotrebi, kako u laboratorijama, tako i u proizvodnim procesima, to se ovakva metodologija za prognozu nosivosti presovanih spojeva može da primeni i u proizvodnim uslovima.

Realizovano istraživanje takođe ukazuje na to da za odgovorne presovane spojeve (velikoserijske i visoko opterećene) treba izvršiti eksperimentalnu proveru i utvrditi parametre za proračun koeficijenta statičkog trenja za konkretne uslove u kojima se oni formiraju (način obrade dodirnih površina, način spajanja, mazivno sredstvo, i dr.).

6. LITERATURA

[1] OGNJANOVIĆ, M.; MILTENOVIĆ, V. *MAŠINSKI ELEMENTI -I; mašinski spojevi, Mašinski fakultet Beograd - Niš; 1996.*

[2] KRAUSE, W.; *Konstruktionselemente der Feinmechanik VEB Verlag Technik, Berlin 1989.*

[3] NIEMANN, G.; *Maschinenelemente Band 1 2. Auflage Springer-Verlag Berlin·Heidelberg · New York, 1975.*

[4] DIN 7190 *Berechnung und Anwendung von Pressverbinden 1981.*

[5] STAMENKOVIĆ, D.; *Istraživanje nosivosti presovanog spoja kao tribosistema u okviru pogonskih sklopova železničkih vozila Doktorska disertacija, Mašinski fakultet Niš, 1999.*

[6] *Standardi JUS, propisi UIC, železnička uputstva i dr.*

Prilog proračuna procenta kočne mase (λ) kočenog šinskog vozila

Dame Korunoski, Ivan Mickoski[1]

Rezime - *Prema objavi UIC-a 544-1 prilog 6, dat je dijagram iz koga možemo odrediti procenat kočne mase (λ) za pojedine diskretne parove (S,V). Ovako određen procenat kočne mase nije stvarni. Stvarna efektivna vrednost λ dobija se ponavljanjem više puta za različne brzine kočenja za koje ćemo dobiti više zaustavnih puteva kočenja. Povezivanjem dobijenih parova (S,V) u dijagramu dobija se kriva linija - linija snage, koja sa presekom zaustavnog puta $S = 1000\,[m]$ na apscisi daće stvarnu vrednost λ – efektivnu vrednost snage kočnice. U tom smislu u ovom radu dat je originalan postupak – algoritam za proračun stvarne vrednosti λ prilikom kočenja iz bilo koje brzine, gde se javlja potreba automatske interpolacije samog dijagrama, a ne vizuelna za pojedine brzine kočenja. U suštini interpolacijom funkcije dveju promenljivih dolazi se do stvarne vrednosti procenta kočne mase.*

Ključne reči - *Železnica, kočna masa, zaustavni put, algoritam.*

Iz literature je poznato [1] da je diferencijalna jednačina kretanja vagona (kočenog pomoću disk kočnice) u procesu kočenja šinskog vozila u obliku:

$$\rho m_d \frac{d^2 s}{dt^2} = -F_{Rd} - 2\left[p(t)A - F_r\right] i \eta \mu \frac{r_k}{R_t}$$

gde je :

ρ – koeficijent uticaja rotacionih masa
s – pređeni put
t – vreme
m_d – masa koja otpada na jedan disk
F_{Rd} – otporna sila na jedan disk

$$m_d = \frac{m_v}{n \cdot N}$$

$$F_{Rd} = \frac{F_R}{n \cdot N}$$

gde je :

n – broj osovina na vagonu
N – broj kočnih diskova po osovini
m_v – masa vagona
F_R – ukupna otporna sila vagona
$p(t)$ - promena pritiska u sopirnom cilindru
A – površina klipa sopirnog cilindra
F_r – povratna sila na klipu
i – prenosni odnos kočnog polužja
η – stepen iskorišćenja kočnog polužja
μ – koeficijent trenja između kočnih umetaka i diska
r_k – radius kočenja
R_t – radius točkova

Takođe je poznato da se ova jednačina ne može rešiti u zatvorenom obliku, radi čega je neophodno iskoristiti neki numerički metod za približno integrisanje diferencijalnih jednačina. U ovom radu iskorišćen je

[1] Doc. dr Dame Korunoski, Mašinski fakultet - Skopje, R. Makedonija, E-mail - dame@ereb1.mf.ukim.edu.mk
Prof. dr Ivan Mickoski, Mašinski fakultet - Skopje, R. Makedonija, E-mail - ivanm@ereb1.mf.ukim.edu.mk

metod *Runge-Kuta* četvrtog reda, na bazi koga napisali smo potprogram (modul) za integrisanje proizvoljne diferencijalne jednačine ovog oblika.

Integrisanjem date diferencijalne jednačine dobiće se zaustavni put (S) i vreme kočenja (t). Prema objavi UIC-a 544 -1 prilog 6, procenat kočne mase (λ) dobiće se kad se u dijagramu : *zaustavni put-procenat kočne mase*, za dobijeni zaustavni put S i brzinu V, pročita vrednost procenta kočne mase λ.

Međutim, dobijena vrednost za λ nije merodavna za ocenu efikasnosti kočnice.

Stvarnu efektivnu vrednost procenta kočne mase λ, dobiće se, kad se gorespomenuti postupak ponovi za što više različnih brzina, dobijajući isto toliko različnih zaustavnih puteva. Svi ti dobijeni parovi (S,V) u dijagramu UIC-a 544 -1 prilog 6, obrazuju neku krivu liniju, zvanu *linija snage*. Nakon dobijanja linije snage, potrebno je naći presečnu tačku te krive sa pravom $S = 1000\,[m]$ i za tako dobivenu tačku od istog dijagrama treba pročitati apscisu te tačke, koja je stvarna, efektivna vrednost procenta kočne mase λ (efektivna snaga kočnice).

Međutim, kao što se od samog dijagrama može videti, zavisnosti (S,λ) su dati samo za nekih diskretnih vrednosti brzine vozila V.

U cilju ocenjivanja performanse kočnice i pri zaustavljanju iz bilo koje proizvoljne brzine vagona, a da pri tom sve proračune izvrši jedan glavni program, javlja se potreba od automatske interpolacija u samom dijagramu, a ne vizujelnu.

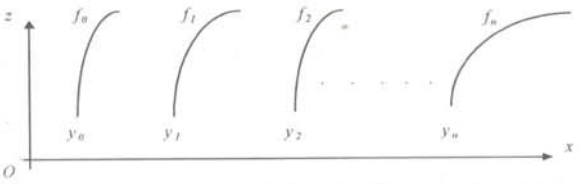
Kao što se može videti, zapravo radi se o interpolaciji funkcije od dve promenljive. U tom cilju napisali smo sledeći originalni algoritam :

1. Algoritam za interpolaciju funkcije od dve promenljive

Neka je data funkcija od dve promenljive $z = f(x,y)$ i neka su poznate krive f_i za $i = 0,1,2,..,n$,

Za

$$y = y_0 \;,\; z = f_0(x)$$
$$y = y_1 \;,\; z = f_1(x)$$
$$y = y_2 \;,\; z = f_2(x)$$
$$\cdots\cdots\cdots$$
$$y = y_n \;,\; z = f_n(x)$$



Slika 1 - Zavisnost z = f(x) za različne vrednosti y

Da bi izvršili interpolaciju za bilo koje vrednosti na y, dovoljno je da pronađemo polinom od dve promenljive $P(x,y)$ koji će ispuniti uslov :

$$P(x,y_i) = f_i(x) \text{ za } i = 0,1,2,...,n$$

Neka su $\phi_i(y)$ polinomi za koje važi :

$$\phi_i(y_j) = \delta_{ij} = \begin{cases} 1\,, & i = j \\ 0\,, & i \neq j \end{cases}$$

gde je δ_{ij} simbol Kronekera.

Očevidno je da ovi polinomi $\phi_i(y)$ pošto ispunjavaju uslov $\phi_i(y_j) = 0$ za $i \neq j$ mogu da se izraze u obliku :

$$\phi_i(y) = C_i(y-y_0)(y-y_1)\cdots(y-y_{i-1})\cdot (y-y_{i+1})\cdots(y-y_n)$$

gde je :

$i = 0,1,2,...,n$

C_i – konstante

Koristeći se uslovom $\phi_i(y_i) = 1$, od zadnje jednačine dobijaju se konstante C_i :

$$\cdot(y_i-y_{i+1})\cdots(y_i-y_n)$$

$$C_i = \frac{1}{\prod_{\substack{j=0 \\ j\neq i}}^{n}(y_i-y_j)}$$

tako da za polinome $\phi_i(y)$ dobija se izraz :

$$\phi_i(y) = \frac{\prod_{\substack{j=0 \\ j\neq i}}^{n}(y-y_j)}{\prod_{\substack{j=0 \\ j\neq i}}^{n}(y_i-y_j)}$$

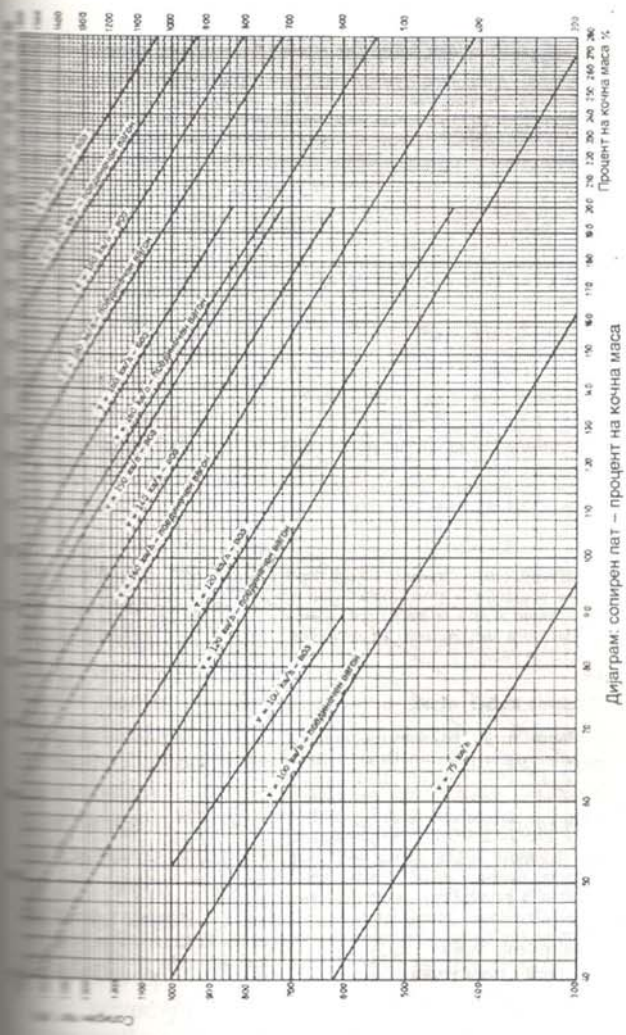
i konačno polinom koga tražimo $P(x,y)$ možemo zapisati u obliku :

$$P(x,y)=\sum_{i=0}^{n}\phi_i(y)f_i(x)$$

Lako je proveriti da ovaj polinom zaista ispunjava uslov :

$$P(x,y_j)=f_j(x)$$

za $j=0,1,2,\ldots,n$.



Slika 2 – Zavisnost zaustavni put-procenat kočne mase (objava UIC 544 -1 prilog 6)

Međutim, u nomogramu UIC-a 544 -1 prilog 6, krive (prave) $f_0, f_1, \ldots, f_n$ nisu dati svojim analitičkim izrazima (njihovim jednačinama), pa zato da bi se mogao iskoristiti prikazani algoritam, potrebno je izvršiti interpolaciju svake krive u nomogramu, a to je već problem interpolacije funkcije od jednu promenljivu, koji u matematičkoj literaturi je detaljno razrađen (na primer Lagrange-ov polinom).

Na bazi Lagranžovog polinoma za interpolaciju funkcije od jedne promenljive i prikazani originalni algoritam za interpolaciju funkcije od dve promenljive (koji po svojoj suštini pretstavlja generalizaciju - obopštenje Lagranžovog polinoma), napisali smo programski modul, koji bilo koje proizvoljne vrednosti od spomenutog nomograma UIC-a, generiše automatski.

LITERATURA

(1) V. Lučanin, "Teorija vuče", Beograd, 1996. godina.
(2) Codex UIC 545, 543, 541, 546, 540, 547.
(3) N. Dujmović, "Smjernice razvoja suvremenih železničkih vozila velikih brzina", Železnice, Beograd, 1987. godina.

A CONTRIBUTION TO CALCULATION OF BRAKED MASS PERCENTAGE ON RAILWAY VEHICLE THAT IS BRAKING

Dame Korunoski, Ivan Mickoski

Abstract *– According to the notification of UIC 544-1 part 6, it is possible to determination the braking mass percentage which one is not real. The real braking mass percentage is getting with many times repetitions for different velocities, so that there, ll be getting many stopping distances. Connecting the points (S, V), results with curve line – power line, which one with stopping distance S=1000 m, there, ll be giving the real braking mass percentage – effective power of disk brake. This paper gives original algorithm to calculation the real braking mass percentage, where is necessary for automatic interpolation in that diagram. As a meter of fact there s getting the real braking mass percentage using interpolation of two variables function.*

Key words *– Railway, braking mass, stopping distance, algorithm.*

Dijagnostika kotrljajnih ležaja sa osvrtom na primenu u železnici

Nedeljko Plavšić, Tatjana Lazović

Rezime *- Povećani zahtevi prema kotrljajnim ležajima u odnosu na njihovu tačnost, pouzdanost, radni vek i kvalitet rada uslovljavaju širu primenu ispitivanja njihovog stanja u toku eksploatacije. Iz tih razloga razvijene su različite metode dijagnostike i kontrole rada ležaja. Posebno treba izdvojiti metode kod kojih se defekti kotrljajnih ležaja identifikuju bez njihove demontaže. U takve metode spadaju vibracione metode dijagnostike ležaja. U slučaju železnice, vibraciona dijagnostika je primarni vid dijagnostike kotrljajnih ležaja. U radu su generalno opisani osnovni principi vibracione dijagnostike kotrljajnih ležaja, a ukazano je i na važnost i neophodnost primene dijagnostike ležaja u železnici.*

Ključne reči *- kotrljajni ležaj, dijagnostika, železnica*

1. UVOD

Kotrljajni ležaji spadaju među najvažnije strukturne elemente mašina i mehanizama. Do otkaza mašina u velikom broju slučajeva dolazi usled otkaza ležaja, koji, na taj način, ograničavaju vek mašina. U rešavanju problema poboljšanja eksploatacionih karakteristika ležaja i kontrole njihovih otkaza veoma važnu ulogu ima dijagnostika. Dijagnostika kotrljajnih ležaja predstavlja određivanje njihovog tehničkog stanja na osnovu pojedinačnih parametara: momenta trenja, sloja maziva, vibracija, temperature, ili njihovog skupa.

Kotrljajni ležaji treba u radu da zadovolje određene opšte i specifične zahteve. Opšti zahtevi su: povećanje radnog veka, pouzdanosti, otpornosti na habanje, smanjenje buke i vibracija, momenta trenja. U specifične zahteve spadaju: otpornost na temperaturu, otpornost na koroziju i niz drugih zahteva koji se odnose na specifične konkretne slučajeve konstrukcije ležaja i uslova eksploatacije.

Savremene tendencije ka što većem zadovoljavanju ovih zahteva usmerene su na razvoj dijagnostike. Pri tome je najodgovorniji zadatak – pravilan izbor i definisanje kriterijuma dijagnoze, kao i određivanje stepena tačnosti dobijene informacije o vrednostima kriterijuma, po kojima se može suditi o stanju ležaja.

U poslednje vreme se sve više vrše istraživanja usmerena na izučavanje karaktera i osobina dinamičkih karakteristika ležaja za različite uslove i režime rada. Sve pojave koje se dešavaju u ležajima imaju vibracioni karakter. Istraživanja i analiza vibracionih procesa koji se odigravaju u ležajima su neophodni za rešavanje praktičnog zadatka određivanja karakteristika i metoda dijagnostike ležaja, uležištenja i mašina u celini.

2. VIBRACIONA DIJAGNOSTIKA KOTRLJAJNIH LEŽAJA

Dijagnostika ležaja predstavlja ocenu njihove radne sposobnosti određivanjem strukturnih, geometrijskih i fizičkih parametara. Strukturni parametri se određuju ispitivanjem tvrdoće i mikrotvrdoće materijala metalografskom analizom. Geometrijski parametri se određuju utvrđivanjem zazora, odstupanja od geometrijskih mera i oblika.

Dr Nedeljko Plavšić, red.prof., Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 27.marta 80, 11000 Beograd
Mr Tatjana Lazović, asist., Mašinski fakultet Univerziteta u Beogradu, 27.marta 80, 11000 Beograd,
telefon: 011/337-0-337, e-mail: lazovic@alfa.mas.bg.ac.yu

Fizički parametri se određuju utvrđivanjem momenta trenja, nivoa buke, nivoa vibracija i promene debljine sloja maziva. Fizički parametri spadaju u osnovne u dijagnostici, tj. određivanju radne sposobnosti ležaja bez demontaže i u toku rada na uređaju za ispitivanje ili realnom objektu - mašini.

Provera stanja ležaja se može vršiti na osnovu određivanja svake pojedinačne karakteristike radne sposobnosti. Međutim, iskustvo pokazuje da se i na osnovu jednog, kompleksnog dijagnostičkog obeležja može oceniti stanje kotrljajnog ležaja. Vibracioni procesi koji prate rad ležaja, uležištenja i mašine u celini su veoma složeni i sadrže veliku grupu karakteristika koje mogu da daju kompletnu informaciju o stanju ležaja. To je i jedan od razloga burnog razvoja vibracione dijagnostike u poslednje vreme.

Vibracije kotrljajnog ležaja su posledica reakcije njegovih spregnutih delova na dejstvo spoljašnjih i unutrašnjih sila. Uzrok pojave vibracija prstenova, kaveza i kotrljajnih tela ležaja su oscilacije izazvane njihovim konstruktivnim karakteristikama, elastičnim deformacijama, kinematskim procesima, tehnološkim greškama njihove izrade i montaže, kao i pojavom oštećenja na radnim površinama.

Vibracije kotrljajnih ležaja utiču na njihovu tačnost obrtanja, radni vek i pouzdanost, kao i na tačnost rada mehaničkih sistema čiji su sastavni deo posmatrani ležaji. Vibracioni signali se mogu koristiti kao indikacija mehaničkog stanja ležaja. Svaki mehanički problem generiše vibracije na »svoj« jedinstveni način. Zato, u cilju identifikacije uzroka pojave vibracija i buke i preduzimanja odgovarajućih mera, treba analizirati »tip« vibracija. U vezi sa tim, nastala je potreba za proračunom, merenjem i normiranjem vibracionih karakteristika kotrljajnih ležaja.

Vibraciju kao oscilatorni proces karakterišu amplituda, učestanost i faza vibracionih pomeranja, brzine i ubrzanja. Pri analizi vibracija prati se promena dve komponente vibracionog signala: učestanost i amplituda. Učestanost vibracija daje informaciju o tipu oštećenja, tako da se što je moguće tačnijim utvrđivanjem učestanosti vibracija dobija jasnija slika o uzrocima vibracija. Amplituda je karakteristika intenziteta vibracionog signala. Na osnovu poznate amplitude vibracija može se suditi o stepenu oštećenja koje je tu vibraciju izazvalo. Amplituda i učestanost sadrže informaciju o karakteru i značaju defekta kotrljajnog ležaja, te se koriste za obezbeđivanje zadatog nivoa vibracija u radu, kao i dijagnostike stanja ležaja.

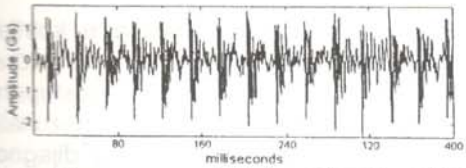
Vibraciona dijagnostika spada u nerazarajuće metode kontrole koja ne zahteva demontažu ležaja. Prednost ove metode je u tome što ona praktično omogućava dijagnostikovanje skoro svih oblika defekata izrade, montaže i eksploatacije ležaja. Merenje vibracija ležaja je kompleksni problem koji podrazumeva merenje mnogih parametara: učestanosti osnovnih oscilacija, učestanosti sopstvenih oscilacija, amplituda vibracija, brzine i ubrzanja, pomeranja itd. Objekat merenja je celi uređaj u kome su osnovni izvor vibracija ležaji, kućica ležaja ili samo njegovi pojedini elementi. Sredstvo za realizaciju dijagnostike je sistem koji se sastoji od mernog uređaja, personalnog kompjutera i odgovarajuće programske podrške za obradu rezultata merenja. Vibraciona dijagnostika se može ostvariti primenom više principijelno različitih metoda.

3. METODE VIBRACIONE DIJAGNOSTIKE KOTRLJAJNIH LEŽAJA

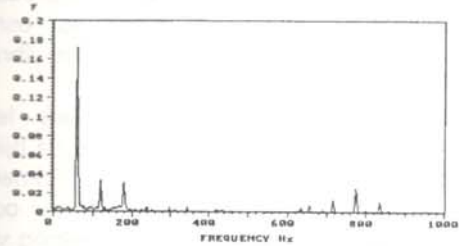
Sastavni deo svakog sistema vibracione dijagnostike kotrljajnih ležaja su uređaji za merenje karakteristika vibracionog signala i njihovu dalju obradu radi dijagnostičkih analiza. Pri merenju vibracija nastalih kao posledica geometrijskih defekata spregnutih delova ležaja (odstupanja dimenzija, oblika i položaja, kao i oštećenja radnih površina) najčešće se primenjuju dve metode:

- metoda opšte vibracije i
- metoda obvojnice spektara brzine i ubrzanja.

Metoda opšte vibracije zasniva se na merenju ukupne vibracione energije u frekventnom dijapazonu. Merenje ukupnog nivoa vibracija i njegovo upoređivanje sa odgovarajućim normiranim vrednostima daje informaciju o trenutnom stanju ležaja. Vibraciju, kao oscilatorno kretanje, karakterišu pomeranje, brzina i ubrzanje – tri različite, međusobno matematički povezane karakteristi-ke. Svaka od navedenih karakteristika se može meriti u cilju realizacije metode ukupne vibracije. Najčešće primenjivani postupak je merenje ubrzanja. Ubrzanje u širokom spektru učestanosti se meri akcelerometrima. Rezultati tih merenja se snimaju, analiziraju i prezentuju u vidu dijagrama - »vremenske talasne karakteristike«, koja predstavlja promenu amplitude ubrzanja vibracija u vremenu (slika 1).



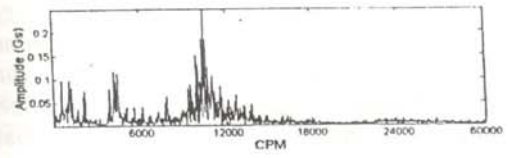
Slika1. *Primer vremenske talasne karakteristike [3]*



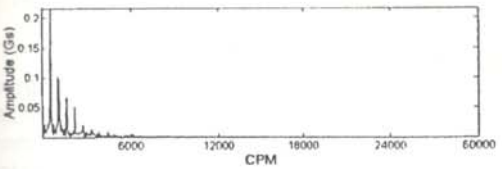
Slika2. *Primer FFT spektra [3]*

Znatno pogodniji dijagram za analizu rezultata merenja vibracija je dijagram zavisnosti amplitude od učestanosti dobijen »Brzom Furijeovom transformacijom« - FFT spektar (slika 2). Inače, FFT je veoma pogodan »alat« koji omogućuje da se odredi uzrok pojave vibracija.

Vibracioni signal od kotrljajnog ležaja ima mnogo manju amplitudu i višu učestanost od rotacionih i strukturnih vibracionih signala mašine. Metoda obvojnice se zasniva na filtriranju niskofrekventnih vibracionih signala i registrovanju samo signala prouzrokovanih prisutnim defektom ležaja (slika 3). Analizom dobijenog dijagrama, a na osnovu poznatih radnih učestanosti spregnutih delova ležaja (prstenova, kaveza, kotrljajnih tela), određenih na osnovu radnog broja obrtaja ležaja, može se detektovati uzrok i locirati mesto oštećenja.



a)



b)

Slika3. *a)Primer spektra ubrzanja vibracija oštećenog ležaja; b) primer filtriranog spektra istog ležaja [3]*

Metoda obvojnice se najčešće koristi u dijagnostici ležaja, jer omogućava identifikaciju skoro svih vrsta defekata ležaja (defekti montaže i eksploatacije), kao i defekata vratila, prenosnika, spojnica i dr. koji indukuju dinamičke sile u ležajima Š2Ć. Ovu metodu odlikuje i prilična efikasnost u slučajevima kada je mala amplituda vibracionog signala kotrljajnog ležaja »skrivena« u opštoj rotacionoj i strukturnoj vibraciji mašine.

U savremenoj vibracionoj dijagnostici prisutna je istovremena primena obe opisane metode. Primenom vibracionih metoda i dopunjena novim perspektivnim akustičnim metodama, dijagnostika kotrljajnih ležaja dobija multiparametarski karakter.

Multiparametarski pristup kontroli stanja ležaja omogućuje najbolju moguću identifikaciju i dijagnozu stanja ležaja. Na taj način je omogućena rana detekcija oštećenja ležaja koja se ne mogu konstatovati uobičajenim praćenjem stanja i obezbeđeno više načina za merenje odstupanja vrednosti karakterističnih parametara stanja od normalnih vrednosti. Za multiparametarsku kontrolu stanja ležaja danas postoje kompletni sistemi snabdeveni uređajima za više tehnologija merenja vibracija i odgovarajućim softwear-om za obradu rezultata merenja kao i bazama znanja radi identifikacije problema, opisa simptoma i preporuka za dalje aktivnosti (tendencija ka ekspertnim sistemima).

4. PRIMENA VIBRACIONE DIJAGNOSTIKE KOTRLJAJNIH LEŽAJA U ŽELEZNICI

U zavisnosti od radnih uslova može se govoriti o posebnoj kategoriji kotrljajnih ležaja koji rade u teškim režimima eksploatacije. U tu kategoriju spadaju i ležaji vagonskih osovina. Specifičnost njihovog rada uslovljena je sledećim faktorima: visoka statička i dinamička opterećenja, kratkotrajna zakošenja osovina, oscilacije temperature sredine, zagađenost neposredne okoline prašinom, vodom, snegom i dr. Osim navedenih faktora, pri projektovanju, proizvodnji i eksploataciji uležištenja, treba uzeti u obzir da od osovina točkova lokomotiva i vagona zavisi i bezbednost kretanja. Stoga je vrlo važan zahtev prema povećanoj verovatnoći rada bez otkaza uležištenja, čime je određena i veća pouzdanost osovina. U toku svog radnog veka lokomotive i vagoni se podvrgavaju višekratnim remontnim intervencijama, a izvršenje tih operacija treba obezbediti sa minimalnim troškovima. Naime, kotrljajni ležaji osovina bi trebalo da imaju i povećani radni vek radi izbegavanja troškova usled čestih neplaniranih zamena.

Stanje kotrljajnih ležaja osovina predstavlja vitalni činilac za efikasnost rada lokomotiva i vagona. Statističke analize su pokazale da su u polovini slučajeva neplaniranih remonta uzrok bila

oštećenja ležaja i prenosnika i da su ti remonti oduzeli više od polovine ukupnog vremena remontnih operacija, jer popravke vezane za ležaje i prenosnike spadaju u komplikovanije i trajnije Š1Ć. Može se reći, da je jedino rešenje problema smanjenja broja neplaniranih remonta i vremena njihovog trajanja uvođenje adekvatnih dijagnostičkih sistema i postupaka kojima bi se vršilo praćenje i predviđanje stanja kotrljajnih ležaja vagonskih osovina u toku eksploatacije. Pri tome se sa sigurnošću može tvrditi da finansijski gubici uslovljeni neplaniranim remontom prevazilaze troškove uvođenja i primene dijagnostike. Analize su pokazale da redukcija broja nepredviđenih lomova za 20% može pokriti troškove instalacije dijagnostičkih sistema i akvizicije [1].

U svetu su u upotrebi razrađeni sistemi dijagnostike kotrljajnih ležaja koji se razlikuju u preciznosti mernih instrumenata, efikasnosti kompjuterskih programa ili opštem komforu primene, ali se uglavnom zasnivaju na klasičnim, gore opisanim, metodama vibracione dijagnostike. Postoje sistemi dijagnostike čija je primena namenski maksimalno prilagođena primeni u železnici. Međutim, i univerzalnim sistemima se može vršiti sasvim zadovoljavajuće praćenje, dijagnoza i predviđanje stanja ležaja u radu.

ZAKLJUČAK

Kvalitet rada vagonskih osovina u velikoj meri zavisi od odgovarajućih eksploatacionih karakteristika kotrljajnih ležaja. U cilju povećanja radne sposobnosti i veka ležaja, od njih se zahteva što veća tačnost dimenzija, pouzdanost, radni vek, otpornost na habanje, toplotu i koroziju i što manja buka, vibracije i moment trenja. To su ujedno i karakteristike radne sposobnosti i na osnovu njihovog određivanja se može vršiti provera stanja ležaja. Dovoljno jasna slika o stanju ležaja se može formirati na osnovu analiza vibracionih procesa koji prate njegov rad.

Istraživanja vibracionih procesa u kotrljajnim ležajima su upravo usmerena na određivanje karaktera i nivoa vibracija izazvanih odstupanjima različitih parametara stanja ležaja. Rezultati tih istraživanja nalaze svoju primenu u dijagnostici kotrljajnih ležaja, gde se mogu konstatovati skoro svi oblici defekata izrade, montaže i eksploatacije bez demontaže ležaja, a samo na osnovu kvalitativnih i kvantitativnih karakteristika vibracija registrovanih u ležaju i njegovoj blizini.

U cilju što preciznije dijagnostike ležaja razvijene su različite metode i u skladu sa njima i odgovarajuća sredstva dijagnoze. Primenom metode i sredstava dijagnostike vrši se ocena kvaliteta izrade, radne sposobnosti i radnog veka, kao i sprečavanje mogućih havarija. Značaj dijagnostike kotrljajnih ležaja osovina lokomotiva i vagona je u tome, što njena pravilna realizacija određuje pouzdanost i radni vek kako ležaja, tako i mašine u celini.

LITERATURA

[1] »Application of Bearing Diagnostics in Railway Repair Shops«, VibroAcoustical Systems and Technologies, Sant Petersburg, Russia, (1999)

[2] Барков А.В, Баркова Н.А., Азовцев А.Ю.: «Особенности диагностики низкооборотных подшипников качения», АО ВАСТ, Санкт-Петербург, (1998)

[3] Vibration Diagnostic Guide, SKF Condition Monitoring, Inc., (1997)

ROLLING BEARING DIAGNOSTICS IN RAILWAY

Nedeljko Plavšić, Tatjana Lazović

Abstract *– In this paper is given general description of basic characteristics of rolling bearing vibrational diagnostics and shown importance of the application of diagnostic systems in railways.*

Key words *– rolling bearing, diagnostics, railway*

Vučni pogon sa sinhronim reluktantnim motorom

Zoran Milićević[1]

Rezime *– Istraživanja novih vrsta vučnih pogona dovela su do sinhronog reluktantnog vučnog motora. NJegova primena interesantna je zbog jednostavne konstrukcije. Međutim, nizak faktor snage jedna je od prepreka njegovoj, za sada, široj primeni. U radu se istražuju pogodnosti primene sinhronog reluktantnog vučnog motora u odnosu na postojeće vrste koje su u širokoj primeni.*

Ključne reči *– železnica, vučni pogon, vučni motori, sinhroni reluktantni vučni motor*

1. UVOD

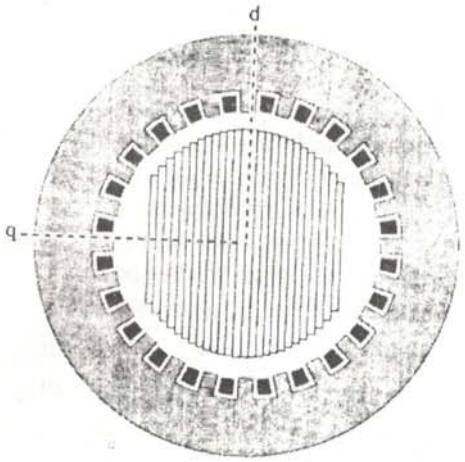
U vučnim pogonima primenjuju se različite vrste vučnih motora: komutatorski (jednosmerne struje, naizmenične struje, valovite struje), asinhroni (s naponskim i strujnim napajanjem) i sinhroni (s pretvaračkim napajanjem).

Asinhroni vučni motori su praktično tek započeli osvajanje vučnih pogona, a već se razmišlja o novoj vrsti vučnog motora. Ovo je rezultat težnje da konfiguracija vučnog pogona bude što jednostavnija i da eksploatacija vučnih vozila bude što ekonomičnija. Jedan od pravaca daljeg razvoja vučnih pogona zasniva se na primeni sinhronog reluktantnog vučnog motora.

2. SINHRONI RELUKTANTNI MOTOR

Rad sinhronog reluktantnog motora zasniva se na principu stvaranja reluktantnog momenta. Reluktantni momenat nastaje iz težnje rotora da se prema pobudnom polju postavi u stanje minimalne reluktanse (magnetnog otpora). Prema tome, reluktantna mašina je mašina naizmenične struje sa standardnim trofaznim statorom i nepobuđenim rotorom s magnetnom nesimetrijom (sl. 1). Rotor je oblikovan s malim međugvožđem po podužnoj (d) osi i velikim međugvožđem po poprečnoj (q) osi [3].

Na rotoru nema nikakvog namotaja, četkica niti trajnog magneta pa je reluktantna mašina jednostavna i robusna električna mašina.



Slika 1

Rotor se obrće pod dejstvom reluktantnog momenta sinhronom brzinom, pri čemu osa obrtnog polja i podužna osa rotora zaklapaju određeni ugao.

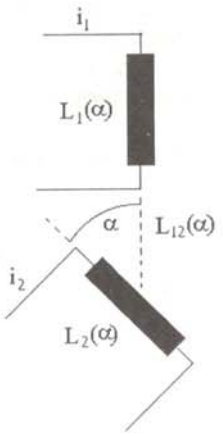
1 Docent dr Zoran Milićević, Elektrotehnički fakultet Banja Luka

3. RELUKTANTNI MOMENAT

Pri radu električnih mašina energija se pojavljuje u različitim oblicima i na različitim mestima. Na prvom mestu je električna energija koja se dovodi motorima ili se dobija iz generatora. Sledi mehanička energija koja se dobija iz motora ili se dovodi generatorima.

Usled proticanja struje kroz namotaje, proticanja fluksa kroz magnetna kola (indukovanje vrtložnih struja i pojava histerezisa) i različitih mehaničkih trenja nastaje toplotna energija. U obrtnim delovima akumulira se kinetička energija, a u magnetnim kolima akumulira se magnetna energija.

Nastajanje reluktantnog momenta prikazaće se na primeru dva namotaja od kojih jedan može da se pomera (zakreće) (sl. 2) [4].



Slika 2

Od međusobnog položaja namotaja zavise međusobna induktivnost L_{12} i sopstvene induktivnosti L_1 i L_2. Ovo razmatranje odgovara predstavi električne mašine s namotajima na statoru i na rotoru, pri čemu induktivnosti nisu konstantne već zavise od magnetnog otpora (reluktanse).

Promene magnetnih flukseva su

$$d\Phi_1 = L_1 di_1 + i_1 dL_1 + L_{12} di_2 + i_2 dL_{12}$$

$$d\Phi_2 = L_2 di_2 + i_2 dL_2 + L_{12} di_1 + i_1 dL_{12}$$

Zanemarujući toplotni gubitak snage u namotajima, dovedena energija je

$$dA = i_1\, d\Phi_1 + i_2\, d\Phi_2 =$$

$$= L_1 i_1 di_1 + i_1^2 dL_1 + L_{12} i_1 di_2 + i_1 i_2 dL_{12} +$$

$$+ L_2 i_2 di_2 + i_2^2 dL_2 + L_{12} i_2 di_1 + i_1 i_2 dL_{12}$$

Ova energija troši se za pomeranje drugog namotaja (zakretanje za ugao α) i za stvaranje magnetnog polja

$$dA = dA_{meh} + dA_{mp}$$

Izvršeni mehanički rad je

$$dA_{meh} = M\, d\alpha$$

a obrtni momenat

$$M = dA_{meh}/d\alpha$$

Za stvaranje magnetnog polja utrošena je energija

$$dA_{mp} = L_1 i_1 di_1 + i_1^2 dL_1/2 + L_2 i_2 di_2 +$$
$$+ i_2^2 dL_2/2 + L_{12} i_1 di_2 + L_{12} i_2 di_1 + i_1 i_2 dL_{12}$$

Pošto je

$$dA_{meh} = dA - dA_{mp}$$

dobija se

$$dA_{meh} = i_1^2 dL_1/2 + i_2^2 dL_2/2 + i_1 i_2 dL_{12}$$

Obrtni momenat je, prema tome

$$M = i_1^2 dL_1/2d\alpha + i_2^2 dL_2/2d\alpha + i_1 i_2 dL_{12}/d\alpha$$

Prva dva člana postoje samo ako je $dL_1/d\alpha \neq 0$ i $dL_2/d\alpha \neq 0$, a to znači samo ako je reluktansa za različite položaje rotora različita. Zato oni predstavljaju reluktantne momente. Treći član uvek postoji jer se međusobna induktivnost menja pri zakretanju bez obzira na otpor magnetnog kola ali pod uslovom da u oba namotaja postoje struje.

Reluktantna sinhrona mašina nije ni indukciona ni komutatorska, pa je struja $i_2 = 0$. Prema tome, obrtni momenat je

$$M = i_1^2 dL_1/2d\alpha$$

Pošto je $i_2 = 0$ u rotoru nema gubitaka. Svi gubici su na statoru.

4. MOGUĆNOSTI PRIMENE

Reluktantna sinhrona mašina ima nizak faktor snage zato što magnetni fluks nastaje iz reaktivne komponente statorske struje, koja je znatna zbog velikog otpora magnetnog kola [2].

Aktuelna istraživanja pokazuju da reluktantna sinhrona mašina pod kontrolom strujnog vektora i sa optimalno dizajniranim statorom i rotorom ima zadovoljavajuće karakteristike momenta i faktora snage [1]. Tipične strukture statora i rotora prikazane su na slikama 3 i 4 [1].

Slika 3

Slika 4

Poboljšanje karakteristika reluktantne sinhrone mašine mogućno je konstrukcijom magnetnog kola rotora s nemagnetnim preprekama na putu poprečnog fluksa, dok na putu podužnog fluksa takve prepreke ne postoje.

Na ovaj način količnik X_d/X_{lj} dostiže vrednost 4-5, čime se znatno povećava maksimalna vrednost momenta bez povećanja reaktivne snage. Povećanjem količnika X_d/X_{lj} povećava se i faktor snage [2,3].

5. UPOREĐENJA

Bez četkica i rotorskog namotaja reluktantna sinhrona mašina zahteva manji obim održavanja i u principu je pouzdanija od mašina s faznim rotorom ili kaveznim rotorom. Troškovi izrade mašine mogli bi biti niži. Ako je rotor pravilno izrađen na njemu nema gubitaka. Kontrola strujnog vektora ili kontrola fluksa i momenta je veoma jednostavna jer nikakvi rotorski parametri ne moraju da budu identifikovani. Mehanička karakteristika motora u potpunosti odgovara zahtevima vučnog pogona.

Pošto se radi o sinhronoj mašini potreban je invertor za svaku vučnu mašinu koja se koristi na vučnom vozilu. Za razliku od asinhronih mašina, nije moguće da jedan invertor napaja više vučnih motora.

Glavni nedostatak reluktantne sinhrone mašine je relativno nizak faktor snage, čak i u slučaju optimalno dizajnirane mašine. Tipično bi mogao da dostigne 75% vrednosti faktora snage asinhrone mašine. Nizak faktor snage negativno utiče na snagu, a time i na cenu invertora. Drugi nedostatak je ograničenje maksimalne brzine obrtanja zbog nekompaktne konstrukcije rotora usled ugradnje nemagnetnih prepreka na putu poprečnog fluksa. Ovaj nedostatak postaje važan kod mašina velikog prečnika za velike brzine obrtanja.

4. ZAKLJUČAK

Za vučne pogone manjih snaga nameće se, zbog veoma jednostavne konstrukcije, sinhroni reluktantni motor. Jednostavna konstrukcija znači da bi troškovi proizvodnje i održavanja ovakvih motora mogli biti niži u odnosu na asinhrone motore, a pogotovo u odnosu na komutatorske motore. Hlađenje mašine je manji problem nego kod mašina s namotanim rotorom ili s kaveznim rotorom. Ovo je veoma značajno kada se radi o primeni mašine u vučnom pogonu.

LITERATURA

[1] M. J. Kamper: "The Reluctance Synchronous Machine as Traction Motor" WCR 97, Firenze (1997)

[2] А. В. Иванов-Смоленский: "Електрические машини" ЕНЕРГИЈА, МОСКВА (1980)

[3] G. R. Slemon: "Electrical Machines for Variable-Freljuency Drives" PROCEEDINGS OF THE IEEE, VOL. 82, NO. 8 (1994)

[4] R. E. Steven: "Electromechanics and Machines" CHAPMAN AND HALL LTD, LONDON (1970)

TRACTION DRIVE WITH SYNCHRONOUS RELUCTANCE MOTOR

Zoran Milicevic

Abstract *– The investigations of the new types of traction drive lead to the synchronous reluctance traction motor. Its application is interesting for its simple construction. However, for the moment low power factor is one of the obstacles for its wider application. The advantages of the application of the synchronous reluctance traction motor in relation to the current types, already widely applied, have been investigated in this paper.*

Key words *– railway, traction drive, traction motors, synchronous reluctance traction motor*

Savremeni aspekti u razvoju kriterijuma za sistem gornji stroj/trčeći stroj/sanduk kola

Aranđel Babić[1]

Rezime — *Jedan od savremenih zahteva u projektovanju železničkih kola se odnosi na istraživanje i razvoj parametara jedinstvenog sistema "kolosek/trčeći stroj/sanduk kola" kao funkcionalne osnove za poboljšanje kvaliteta mirnoće hoda i povećanje sigurnosti od iskliznuća kola. Međusobni uticaj komponenti sistema se definiše/propisuje kao značajno ograničenje narastajućim zahtevima koji će obeležiti razvoj kola u narednom veku. U radu se daju aktuelna sagledavanja ovih istraživanja u svetu sa osvrtom na neke rezultate dobijene u ispitivanju kola u našoj zemlji.*

Ključne reči — *železnička kola, kolosek, trčeći stroj, mirnoća hoda, sigurnost kretanja*

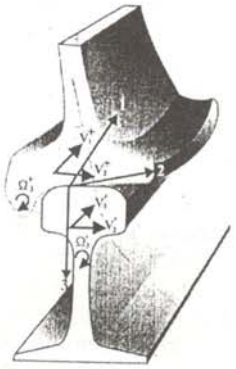
1. UVOD

Projektovanje železničkih kola se odvija između aktivnosti ispunjenja funkcionalnih zahteva (intezivnog konceptualnog generisanja) i procenjivanja, uvažavajući zahteve i ograničenja pri čemu je broj jednih i drugih relativno veliki. Za ilustraciju, prema jednom od zadnjih propisa za projektovanje i proizvodnju vagon cisterni, UIC 573, izdanje od 1. 1. 1999. obuhvaćeno je više od 30 UIC propisa kojima se bliže procenjuju i definišu ograničenja.

U železničkom saobraćaju funkcionalni zahtev sigurnosti se odnosi na tzv. aktivnu i pasivnu sigurnost u slučaju udesa. Svakako da oba aspekta, aktivna i pasivna sigurnost, nisu u suprotnosti: rizik od sudara, odnosno iskliznuća, je glavni rizik u železničkom saobraćaju.

Najčešći uzrok akcidentnih situacija je dinamička nestabilnost kretanja svedena na kontakt točak/šina prvenstveno u horizontalno poprečnom pravcu (slika 1). Nepovoljan međusobni odnos horizontalnih i vertikalnih sila, opterećenja, oblika profila venca točka i glave šine kao i neusklađene karakteristike krutosti "gornjeg stroja/trčećeg stroja/sanduka kola", dovode do pojave vijugavog (cik/cak) kretanja (slika 2), a zatim iskliznuća i svih drugih nepoželjnosti [4].

Uvođenjem propisa UIC 432, 80-tih godina ovog veka, razvoj gornjeg stroja pruge, trčećeg stroja (obrtnih postolja) i sanduka kola se dovodi u međusobno uslovljenu vezu. U istraživanjima se dolazi do saznanja da ove tri komponente pruga/trčeći stroj/sanduk kola sačinjavaju jedinstven sistem pri čemu se dobar kvalitet trčanja kola ogleda kroz optimalan izbor parametara ovih komponenti kao rezultat pozitivnog međudejstva jedinstvenog sistema. Detaljnije sagledavanje stabilnosti kretanja (pasivne sigurnosti) kola odnosi se na analizu većeg broja parametara koji pripadaju ovim komponentama:



Slika 1. Sile u kontaktu točak/šina

[1] Docent dr Aranđel Babić, Mašinski fakultet Kraljevo

- odnos točak/šina izražen preko vrednosti ekvivalentne koničnosti,
- krutost gornjeg stroja pruge u vertikalnom pravcu,
- međusobni odnos profila točak/šina i širine zone kontakta pri čemu su habanje i zamor materijala smanjeni na minimum,
- masa neogibljenih elemenata kao i ukupna masa trčećeg stroja treba da su minimalne,
- momenti inercije za osu z treba da su neznatni naročito kod trčećih strojeva za brzine ≥ 160 km/h,
- sistem povezivanja sanduka kola i trčećeg stroja u vertikalnom a naročito u horizontalno-poprečnom pravcu mora da je krajnje elastičan (meko ogibljen),
- meko ogibljenje i vođenje osovinskih sklopova u obrtnom postolju,
- poznavanje nivoa vibracija opruga, histerezisa i dinamičkog otvrdnjavanja,
- ojačanje aktivnih elemenata u primarnom i sekundarnom ogibljenju trčećeg stroja,
- projektovanje strukture sanduka kola tako da su sopstvene frekvence i glavni oblici oscilovanja znatno udaljeni od sopstvenih frekvenci trčećeg stroja i sistema trčeći stroj/gornji stroj pruge i
- značajno poboljšanje sopstvenog prigušenja u elementima veze sanduka kola i trčećeg stroja, [3].

Zadnjih godina ulažu se veliki napori na nivou UIC-a za formiranjem jedinstvenih kriterijuma koji treba da pokriju vrlo široki dijapazon navedenih parametara [6,7,8,9,10,11].

2. POREMEĆAJNI FAKTORI SISTEMA

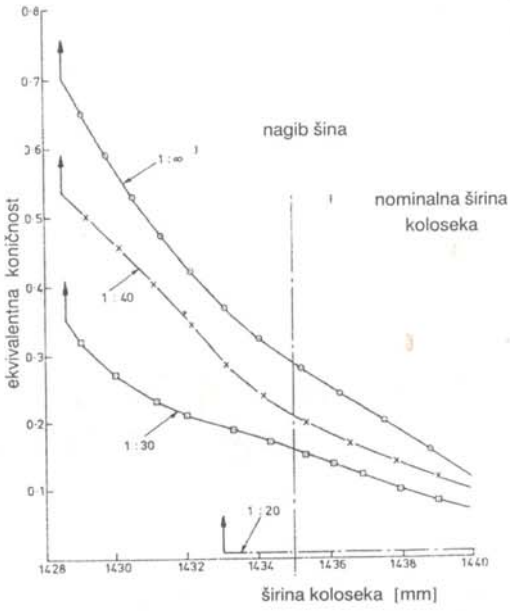
Analiza ograničenja navedenog sistema obuhvata izuzetno veliki broj parametara uz uvažavanje više istraživačkih oblasti iz kojih potiču. U analizi se ukazuje na dva, po uticaju, značajna ograničenja: ekvivalentnu koničnost u kontaktu točak/šina i vertikalnu krutost gornjeg stroja pruge.

2.1 Ekvivalentna koničnost

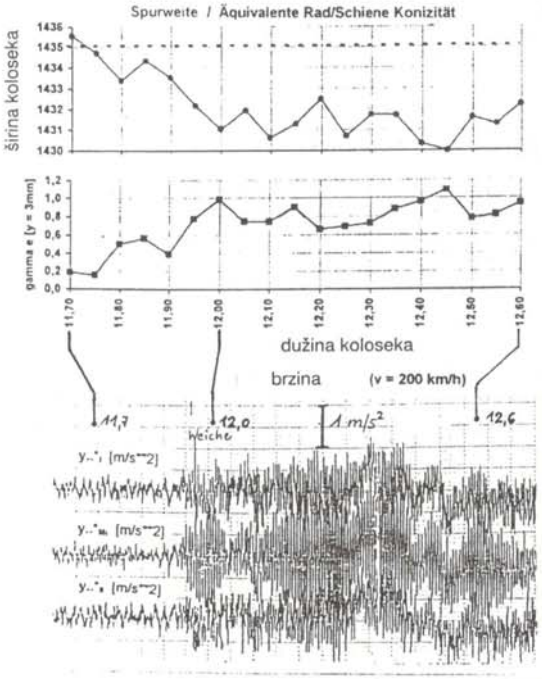
Za ograničenje funkcije kvaliteta trčanja, neophodno je raspolagati sa odgovarajućim podacima o horizontalno-poprečnom pošetaju osovinskog sklopa, profilu venca točka, razmaku šina, širini točkova osovinskih sklopova i profilu glave šine. Optimizacija ovih parametara na pravom delu pruge se iskazuje preko "ekvivalentne koničnosti".

Ekvivalentna koničnost λ je prema definiciji linearna aproksimacija izraza:

$$\lambda = (r_D - r_L) / (2 \cdot y), \text{ gde je}$$



Slika 2. Ekvivalentna koničnost za profil točka S1002 i šinu UIC60.



Slika 3. Oscilovanje sanduka kola kao funkcija širine koloseka i ekvivalentne koničnosti

r_D – poluprečnik kotrljanja desnog točka,

r_L – poluprečnik kotrljanja levog točka, pri čemu je

y-relativni bočni pošetaj osovinskog sklopa u odnosu na centralnu osu koloseka.

Činjenica je da se ekvivalentna koničnost menja sa pređenim putem izraženim najčešće u hiljadama kilometara, pri čemu polaznu osnovu za

sagledavanje predstavljaju profil točka, profil glave šine i širina koloseka.

Uticaj ekvivalentne koničnosti na kvalitet trčanja kola na pruzi nemačkih železnica, Augsburg – Minhen, pri brzini kretanja od 200 km/h, praćen je merenjem bočnog ubrzanja na krajevima i sredini kola. Drastično povećanje bočnog ubrzanja nastaje pri povećanju ekvivalentne koničnosti iznad 0,4 i smanjenju širine koloseka ispod 1434 mm. Povećanje ide do granice stabilnosti kretanja prema Prud'homme.

Ovaj rezultat istraživanja ukazuje da se u osnovi, moraju ispoštovati preporuke za sledeća dva parametra geometrije vođenja: širina koloseka 1436 ± 2 mm i nagib šina 1:40.

2.2. *Vertikalna krutost gornjeg stroja pruge*

Za kvalitetnu mirnoću hoda i stabilnost kretanja kola vertikalna krutost gornjeg stroja pruge predstavlja značajno ograničenje u međusobnom kontaktu, trčeći stroj/kolosek. Ovde se preuzimaju i iznose isključivo podaci od značaja za sagledavanje poboljšanja međusobnog dejstva napred navedenih komponenti jedinstvenog sistema oscilovanja.

Zastor kao prvi element znatno utiče na ukupnu vertikalnu krutost gornjeg stroja. Značajnim izmenama u tehnologiji gradnje postignuto je da se specifični modul zastora C = 0,10 - 0,15 N/mm^3 poveća na C = 0,30 - 0,40 N/mm^3.

Geometrijske karakteristike šina su pretrpele vidljive izmene u cilju poboljšanja nosivosti, kontakta sa točkom i stabilnosti od bočnog prevrtanja.

U ukupnoj krutosti sistema, elastičnost umetka za vezu šina sa pragovima ima zavidan uticaj pa je ostvarenju ove veze bilo poklonjeno dosta pažnje.

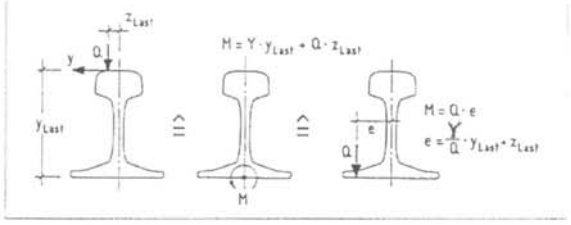
Na slici 4 prikazana je zavisnost ukupnog vertikalnog ugiba gornjeg stroja pruge u zavisnosti od krutosti umetka i zastora za korišćenu šinu UIC 60 [5].

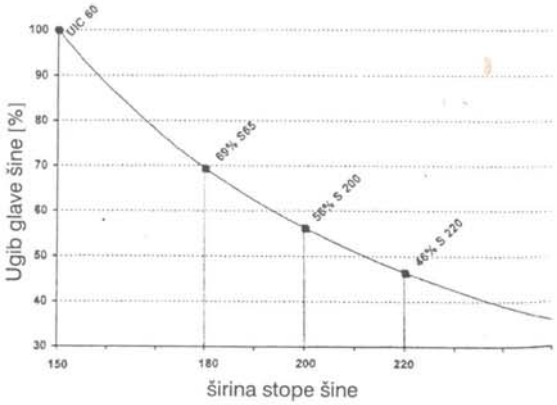
Podatak koji se može uzeti za poređenje kvaliteta vertikalne krutosti gornjeg stroja pruge jeste da su na prugama za saobraćaj vozova velikih brzina Hanover – Vircburg i Manhajm – Štutgart izmerene vrednosti 0,3 – 0,4 mm/20 t.

2.3. *Umesto zaključka*

Navedena analiza ukazuje da sa krutošću gornjeg stroja pruge od 1,0 – 1,5 mm/20t osovinskog opterećenja, povećanim širinama koloseka i poboljšanim profilom glave šine postižu se zahtevi:

- za smanjenje ugiba u kontaktu točak/šina, manje su deformacije i gornjeg stroja i trčećeg stroja,
- manji su troškovi za održavanje gornjeg stroja pruge, krutost je postojanija, a mirnoća hoda i sigurnost kretanja su značajno poboljšani.





Slika 4. Aspekt stabilnosti od prevrtanja šina

3. IZBOR PRUGE U ISPITIVANJU KOLA

3.1. *Uslovi izvođenja ispitivanja [11]*

Ispitivanje kola se izvodi u tri zone definisane kao:

- zona prave pruge (mirnoća hoda i kočnica)
- zona krivina velikog poluprečnika (sigurnost kretanja)
- zona krivina malog poluprečnika (sigurnost kretanja)

Nakon usvajanja ispitne deonice vrši se podela zona na odeljke. Najmanji broj odeljaka iznosi 25, pri čemu se neprekidne dužine koloseka kreću između 70 i 500 m... Uslovi kretanja moraju da sadrže sve kombinacije nepovoljnih odnosa sa:

- V_{gran} granične (maksimalne) brzine,
- I_{dop} dozvoljena nedovoljnost nadvišenja (iznos greške nadvišenja za kategoriju voza kojoj pripadaju kola koja se ispituju) i
- R poluprečnika kolosečne krivine.

3.2. *Geometrija pruge*

Kriterijum je da geometrijski parametri pruge ispunjavaju uslove definisane ili prema UIC432 ili prema UIC518, odnosno JŽ 339.

3.3. *Geometrija kontakta točak–šina*

Na pravoj pruzi i krivinama poluprečnika R ≥ 2500 m, ekvivalentna koničnost ne treba da prekorači maksimalne vrednosti date u tački 2.1. U proračunu se uzima bočni pošetaj ± 3 mm.

3.4. Profil točka

S obzirom da se ispitivanja izvode na novim kolima, uzima se jedan od navedenih profila:

- normalno korišćeni profil u radu,
- teorijski profil.

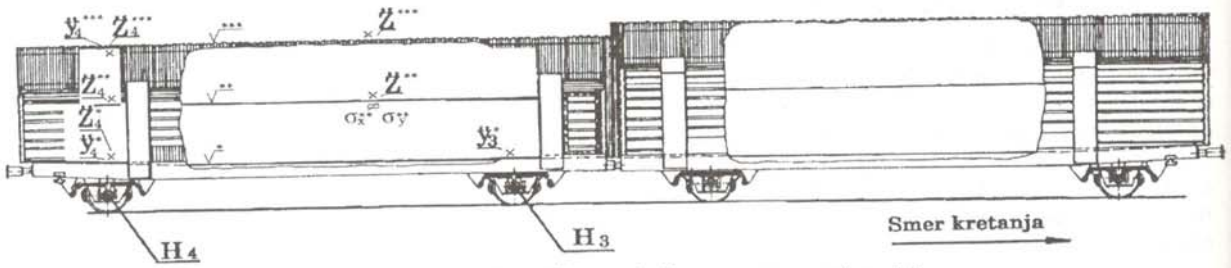
4. PROCENJENE VREDNOSTI MERNIH VELIČINA [2]

Merne veličine koje predstavljaju parametar kvaliteta kola odnosno jedinstvenog sistema pruga/trčeći stroj/sanduk kola u ispitivanju Hccrrss vagona za prevoz automobila date su na slici 5. vertikalno ubrzanje na sredini krova,

$x_{max} = \bar{x} + ks$, gde je:

- k=3,0 za parametre sila u poprečnom pravcu (H),
- k=2,2 za parametre ubrzanja poprečnom i vertikalnom pravcu.

Procenjene vrednosti ubrzanja (rms) prikazane na slici 6, pokazuju da su parametri gornjeg stroja pruge na ispitivanoj deonici u pojedinim odeljcima ispitivanja dovodili do značajnog pojačanja oscilovanja komponenti sistema "kolosek-/trčeći stroj/sanduk kola". Na pojedinim odeljcima procenjene vrednosti su prelazile preko dozvoljenih. Ovde je važno napomenuti da su ispitivanja realizovana na delu pruge termoelektrane "Nikola Tesla" iz Obrenovca i to na deonici Obrenovac – Stubline. Pre izvođenja eksperimenta izvršeno je doterivanje (podbijanje) koloseka na pomenutoj deonici.



Slika 5. Raspored mernih veličina na kolima za prevoz automobila

Proračunske vrednosti obuhvataju:

- *max* i *rms* – vrednosti poprečnih i vertikalnih ubrzanja na sanduku kola.
- *max* i *rms* – vrednosti sila H.

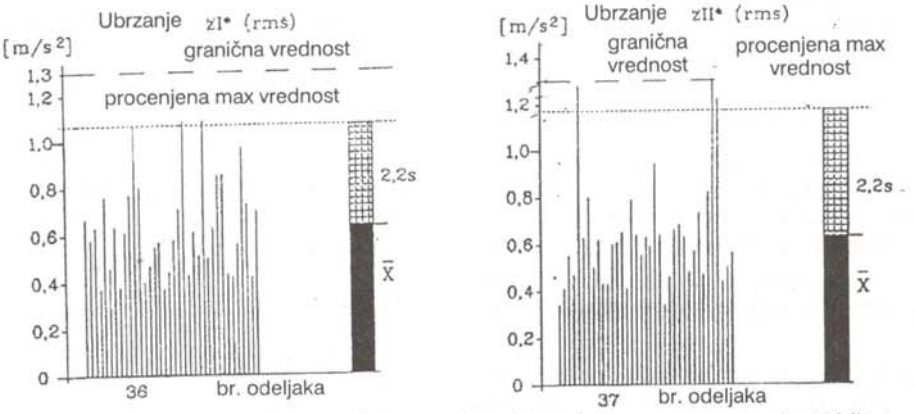
Obrada proračunskih vrednosti izvodi se automatski i ostvaruje se od trenutka registrovanja. Frekvencija uzorkovanja iznosi 200 Hz. Obrada se vrši za svaku od tri naznačene zone. Za svaku zonu statističke veličine N ili 2N ili vrednosti N svih odeljaka jedne ispitne zone su sakupljeni u obliku ulaznih podataka x_i. Tada se u sledećem koraku sračunavaju za svaki parametar:

- aritmetičke sredine $\bar{x}$,
- standardno odstupanje s.

Na bazi ovih parametara sračunavaju se maksimalno procenjena vrednost prema izrazu:

Imajući u vidu da se propis UIC 518 odnosi na železnička kola za brzine kretanja do 300 km/h, očigledno je da za kvalitetnu procenu mirnoće hoda i stabilnosti značajnu ulogu ima geometrija koloseka odnosno parametri ekvivalentne koničnosti i vertikalne krutosti. Ovo ukazuje da se važnosti ovih parametara mora posvetiti veća pažnja i u našoj zemlji, u prvom redu, kroz njihovo registrovanje, odnosno ispitivanje i automatsku obradu u mernim kolima.

Uticaj trčećeg stroja u ovom slučaju je bio relativno "nepoznat". Činjenica je da je primenjeno ogibljenje sa progresivnom karakteristikom opruga (parabolični gibnjevi) i dodatnim



Slika 6. Procenjene vrednosti izmerenih rms ubrzanja na kolima za prevoz automobila

stepenom prigušenja. U izvođenju eksperimenta trčeći stroj je predstavljao zaokruženi sistem (crna kutija) bez saznajnih mogućnosti da se u pojedinim slučajevima vrši varijantno doterivanje karakteristika.

Treći element je sanduk kola koji po svojoj specifikaciji funkcionalnih zahteva predstavlja vrlo kompleksan sistem sa širokim spektrom ograničenja. Dva kratkokvačena dvoosovinska vagona sačinjavaju celinu koja po svojim perfomansama ima zasigurno najbolje iskorišćenje raspoložive zapremine.

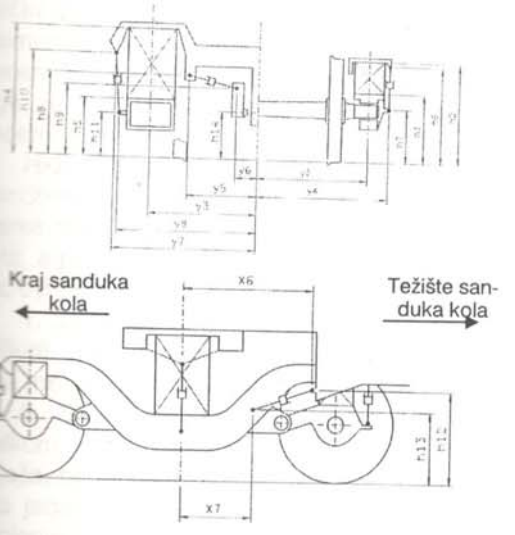
Međutim, ovde se napominju samo dva aspekta koja značajno utiču na mirnoću hoda i stabilnost kretanja:

- vrlo visoko težište natovarenih kola, i
- mogućnost promene visine platforme u zavisnosti od tipa kola koji se prevozi.

Način vešanja platforme (zavojna vretena) sopstvene frekventne karakteristike kola i platforme moraju da budu u početnim inženjerskim analizama istražene.

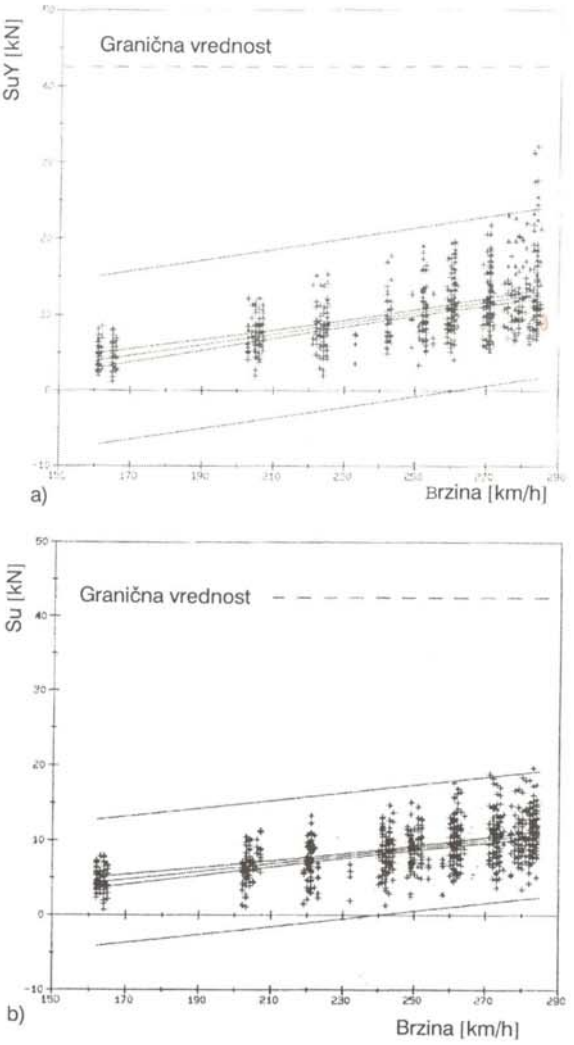
U ovakvim slučajevima nameću se dve aktivnosti u okviru ciklusa inženjerskog projektovanja, na koje pored ostalih, treba obratiti pažnju:

- analiza trčećeg stroja, u zavisnosti od pobude (gornjeg stroja pruge) i primenjenog sanduka, potrebno je izvesti prema jednom od programskih paketa LADKA, VAMPIRE, ili MEDYNA, (slika 7)



Slika 7. Potrebni parametri za proračun trčećeg stroja

- eksperimentalna istraživanja treba sprovesti na dužem putu (i nekoliko hiljada kilometara) jer rezultati ispitivanja pokazuju da posle određenog vremena eksploatacije dolazi do stabilizacije ponašanja trčećeg stroja u sistemu sa kolosekom i sandukom kola (slika 8).



Slika 8. Sile vođenja ΣY_{2m} za obrtno postolje MD 522 sa profilom točka S 1002
a)novo; b) posle 500000 km

5. ZAKLJUČAK

Razvoj savremenih železničkih kola i njihova eksperimentalna verifikacija se vezuju za međusobno dejstvo komponenti trojnog sistema "kolosek/trčeći stroj/sanduk kola". Današnji nivo modeliranja obezbeđuje sagledavanje ponašanja kako pojedinih komponenti tako i celokupnog sistema.

Ulazni parametri za sve tri komponente sistema se zasnivaju na identifikaciji ponašanja gornjeg stroja pruge. U ovom cilju razvijene su specijalne metodologije i kriterijume kojima su obuhvaćeni kompleksni međusobni odnosi profila točka, širine koloseka, oblika glave šine i krutosti gornjeg stroja pruge.

6. LITERATURA

1. Babic, A.: "Modern tendencies in development of criteria for freight waggon test", Proceedings Third International Conference Heavy Machinery-HM'99, Mašinski fakultet Kraljevo, 5.9 – 5.13.

2. Babić, A. i drugi: "Ispitivanje kola za prevoz automobila Hccrrss proizvodnje DD Bratstvo Subotica", Elaborat 8/98, Mašinski fakultet Kraljevo, 1998. g.

3. Madeyski, T.: "Fahrewerskstechnik – im Zusammenwirken mit dem Fahrweg und dem Fahrzeugkasten", ETR, 48 (1999),523-532.

4. Scroeder, M.: "Comportement des trains en cas de collision", Rail International, Juin, 1999., 2-6.

5. Stahl, W.: "Schotteroberbau fuer Hoch- geschwindigkeitsverkehr", ETR, 48 (1999),746-754.

6. UIC 432, Gĭterwagen, Fahrgeschwindigkeiten, 6. Ausgabe, vom 01.01.1980.

7. UIC SC 57/B Meeting of C5 Committee, Prague 16/19 April 1997, Appendix 3, 5XX, Test and approval of railway vehicles, from the points of view of dynamic behaviour, safety and ride quality. Simplified metod, draft of October 96.

8. UIC SC 57/B Meeting of C5 Committee, Prague 16/19 April 1997, Appendix 2, 518, Test and approval of railway vehicles, from the points of view of dynamic behaviour safety, track fatigue and ride quality. Draft of January 1997.

9. UIC 10.8-45B 38.3, Admission de wagons a 2 essieux d'empattement inferieur a 8m=100 et 120 km/h avec une masse de 22,5 t/essieu. Essais de nauvelles suspensions. Realisation d'essais complementaires et budget y afferent, Preparation, Septembre 1998.

10. IC C5 Paris 22 / 24.09.98, SCHLUSSFOLGERUNGEN, 10.8, FRAGE 45B38.3.

11. UIC 432, "Güterwagen, Fahrgeschwindigkeiten, Einzuhaltende technische Bedingungen 13. Ausgabe, vom 1.12.1997.

A MODERN APPROACH IN DEVELOPMENT OF CRITERIA FOR SYSTEM TRACK/RUNNING GEAR/BODY

Aranđel Babić

Abstract: *Reasearch and development of commponents of the unique system "track / running gear / body" represents the basis of improvement of smooth running quality and increase of safety from derailement of passenger and freight waggons. Mutual influence of these components is defined/prescribed as a significant restriction of increasing functional requirements set for these systems. This paper presents current researches considerations of these researches in the world paying special attention to the results obtained in waggon tests in our country.*

Key words: *track, running gear, railway vehicle.*

Proračun vučnih karakteristika dizel lokomotive sa hidrodinamičkim prenosom snage

Božidar Bogdanović, Živan Spasić, Slobodan Stefanović

Rezime: *U radu je izložen postupak određivanja vučnih karakteristika dizel lokomotiva sa hidrodinamičkim prenosom snage, za sve regulisane stepene punjenja dizel motora gorivom. Grafici ovih vučnih karakteristika sa na njima nanesenim linijama konstantnih stepena korisnosti pretstavljaju potpuni pasoš lokomotive, koji omogućava i teorijsku analizu prelaznih procesa ubrzavanja i usporavanja lokomotive, odnosno voza.*

Ključne reči: dizel lokomotiva, hidrodinamički prenosnici, vučna sila

UVOD

Prema terminologiji koja se koristi na železnici, hidrodinamičkim prenosnicima snage nazivaju se prenosnici kod kojih put prenosa snage ide preko hidrodinamičkog prenosnika (hidrodinamičkog menjača ili hidrodinamičke spojnice), a hidromehaničkim prenosnicima snage nazivaju se prenosnici kod kojih postoje dve grane prenosa snage, od kojih jedna ide preko hidrodinamičkog prenosnika, a druga je čisto mehanička.

Hidrodinamički prenosnici snage na dizel lokomotivama obavezno sadrže i mehaničke komponente transmisije i transformacije obrtnog momenta, a prema konstrukciji menjača stepena prenosa, ovi prenosnici mogu biti:

1. Sa redno vezanim hidrodinamičkim i mehaničkim menjačem, pri čemu se stepen prenosa menja mehaničkim menjačem i
2. Sa višestepenim hidrodinamičkim prenosnikom, koji ima dva ili tri hidrodinamička menjača, pri čemu u svakom stepenu prenosa radi samo jedan od ovih (stepen prenosa se menja pražnjenjem jednog i punjenjem drugog hidrodinamičkog menjača).

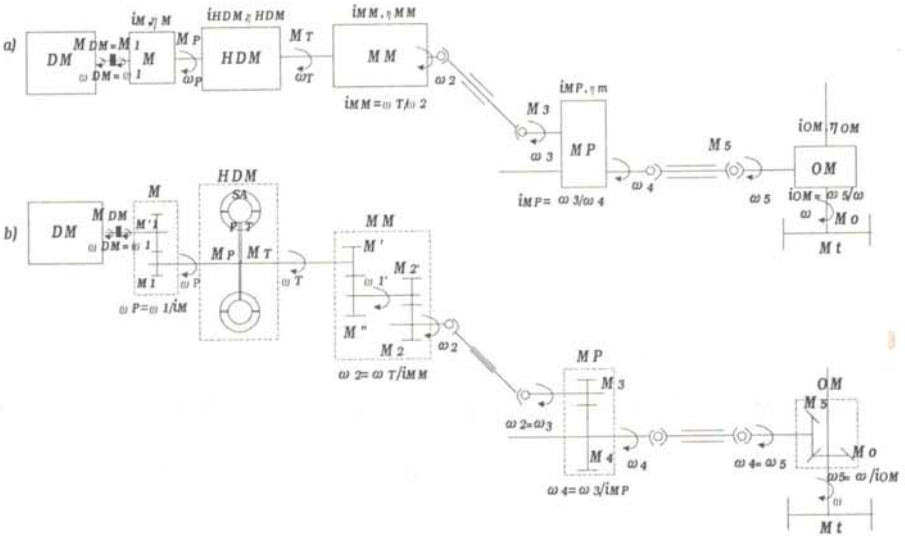
Vučna sila lokomotive (F_V) je zbir vučnih sila na obodima svih točkova lokomotive, a vučnom karakteristikom lokomotive naziva se funkcionalna zavisnost vučne sile od brzine kretanja lokomotive ($F_{V(v)}$). Kako se stepeni prenosa kod dizel lokomotiva menjaju automatski (pri određenim brzinama kretanja lokomotive), vučne karakteristike lokomotive zavise od regulisanog stepena punjenja dizel motora gorivom. Regulaciju punjenja motora gorivom vrši motorovođa, zakretanjem ručice kontrolera na komandnom pultu. Broj regulisanih stepena punjenja motora gorivom kreće se obično od 8 do 14.

Pasošem lokomotive naziva se grafički data funkcionalna zavisnost vučne sile i stepena korisnosti prenosnika snage od brzine kretanja lokomotive, pri maksimalnom stepenu punjenja motora gorivom ($F_V(v)$ i $\eta_{pr}(v)$, za q=100%. gde je q- stepen punjenja dizel motora gorivom).

ODREĐIVANJE VUČNIH KARAKTERISTIKA PRI RAZLIČITIM STEPENIMA PUNJENJA MOTORA GORIVOM

Na sl.1 data je šema prenosa snage na dizel lokomotivi koja ima redno vezan hidrodinamički (HDM) i mehanički (MM) menjač. Ista šema važi i za prenos sa višestepenim hidrodinamičkim prenosnikom, s tim da je HDM uključen hidrodinamički menjač, a MM je mehanički reduktor koji odgovara ovom stepenu prenosa.

[1] dr Božidar Bogdanović, Mašinski fakultet, Niš
mr Živan Spasić, Mašinski fakultet, Niš
mr Slobodan Stefanović , "NITEKS", Niš.



1.1 Šema prenosa snage kod dizel hidrauličkih lokomotiva, uslovno svedena na jedan točak. Oznake: DM-dizel motor, M-multiplikator (koji se ugrađuje radi smanjenja dimenzija hidrodinamičkog menjača), HDM-hidrodinamički menjač, MM- mehanički menjač, MP- međuprenosnik (sa menjačem smera kretanja lokomotive), OP-"osovinski" prenosnik.

Da bi se odredila vučna karakteristika lokomotive ($F_V(v)$) potrebno je znati: momentne karakteristike dizel motora za sve regulisane stepene punjenja motora gorivom, radne karakteristike hidrodinamičkog menjača i prenosne odnose i stepene korisnosti mehaničkih komponenata u prenosnom lancu.

Na sl. 2-a prikazane su principijelne momente $M_{DM}(\omega_{DM})$ karakteristike dizel motora za 8 različitih regulisanih stepena punjenja motora gorivom ($q_1<q_2<,...,<q_8$), pri čemu je punjenje q_1 nešto malo veće od punjenja u režimu praznog hoda motora, a q_8 je maksimalno moguće punjenje motora gorivom ($q_8=100\%$). Režimi rada motora sa maksimalnim punjenjem gorivom nazivaju se režimima pune snage motora (zadebljana kriva A-B), a režim najveće snage motora (nominalni režim rada) označen sa tačkom N.ω'_{DM} je minimalna ugaona brzina pri kojoj motor može ustaljeno da radi pod opterećenjem, a ω''_{DM} je najveća (regulisana) ugaona brzina.Isprekidanom linijom m-m pokazana je kriva minimalne potrošnje goriva.

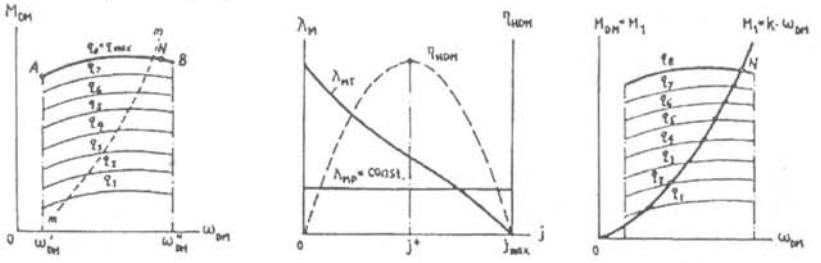
Pri radu sa dizel motorima (kod kojih se, pri q=const, moment slabo menja sa promenom ugaone brzine), po pravilu se koriste neprozračni hidrodinamički menjači [1], a karakter bezdimenzijskih radnih karakteristika ovakvih HDM prikazan je na sl.2-b, pri čemu je $j=\omega_T/\omega_P$ – prenosni odnos HDM-a, a bezdimenzijski koeficijenti momenta pumpnog (ulaznog) i turbinskog (izlaznog) vratila definisani su formulama:

$$\lambda_{MP} = \frac{M_P}{\rho \cdot D_C^5 \cdot \omega_P^2},$$

$$\lambda_{MT} = \frac{M_T}{\rho \cdot D_C^5 \cdot \omega_P^2}, \qquad (1)$$

gde su : M_P i M_T momenti pumpnog i turbinskog vratila, ρ- gustina radne tečnosti, D_C- prečnik cirkulacije (nazivni prečnik HDM-a), ω_P- ugaona brzina pumpnog vratila HDM-a.

Stepen korisnosti HDM- označen je sa η_{HDM}, a između njega i bezdimenzijskih radnih parametara j, λ_{MP} i λ_{MT} postoji veza $\eta_{HDM}=j\cdot\lambda_{MT}/\lambda_{MP}$.



Sl.2 Principijelna karakteristika dizel motora (a); Bezdimenzijske karakteristike neprozračnog hidrodinamičkog menjača;(b)Radni režim dizel motora u sprezi sa multiplikatorom i HDM-om (c).

Za razliku od prenosnih odnosa mehaničkih komponenata prenosa snage, koji se, po pravilu, definišu kao odnos ugaone brzine na ulazu prema ugaonoj brzini na izlazu ($i=\omega_{ul}/\omega_{izl}$) prenosni odnos HDM-a definišu se suprotnim odnosom ($j=\omega_{izl}/\omega_{ul}$), kako bi se njegova vrednost kretala u konačnim granicama $j=0\div j_{max}$. Zbog razlike u definiciji, uvedena su i različita obeležavanja ovih prenosnih odnosa.

Da bi se smanjile dimenzije hidrodinamičkih prenosnika, uobičajeno se između dizel motora i hidrodinamičkog prenosnika ugrađuje multiplikator (M) čiji je prenosni odnos $i_M=\omega_{DM}/\omega_P$ i stepen korisnosti η_M.

Prema oznakama na sl.1 je $\omega_P=\omega_{DM}/i_M$ i $M_P=i_M\cdot\eta_M\cdot M1$ (i_M=const<1), pa se, s obzirom na (1), može pisati:

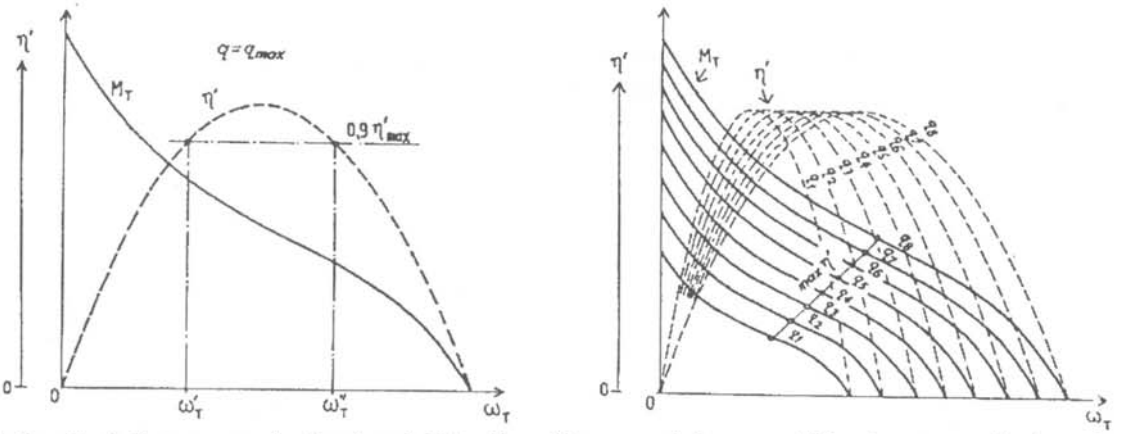
$$M_1=\frac{\lambda_{MP}\cdot\rho\cdot D_C^5\cdot\omega_{DM}^2}{i_M^3\cdot\eta_M},$$

$$M_T=\frac{i_M\cdot\eta_M}{\lambda_{MP}}\cdot\lambda_{MT}(j)\cdot M_1. \qquad (2)$$

S obzirom da je $u=R_t\cdot\omega$ i $F_V=M_t/R_t$ (R_t- poluorečnik točka), prema izrazima (3) sleduje da je :

U ustaljenom režimu rada je $M_1=M_{DM}$, pa se radni režimi dizel motora nalaze u preseku momentnih karakteristika dizel motora i parabole $M_1=k\cdot\omega_{DM}^2$, koju definiše prva jednačina u (2). Na sl.2-c kružićima su označeni ovi režimi rada, pretpostavljajući da je prečnik cirkulacije hidrodinamičkog menjača (D_C) izabran tako da u režimu rada sa maksimalnim punjenjem gorivom motor razvija najveću snagu.

Korišćenjem bezdimenzijske karakteristike hidrodinamičkog menjača (λ_{MP}=const, $\lambda_{MT}(j)$ i $\eta_{HDM}(j)$) , druge jednačine u (2) , jednačine $\omega_T=j\cdot\omega_{DM}/i_M$ i jednačine $\eta'=\eta_M\cdot\eta_{HDM}(j)$, za svaki utvrđeni radni režim dizel motora, pri različitim stepenima punjenja gorivom (sl.2-c), mogu se odrediti i $M_T(\omega_T)$ i $\eta'(\omega_T)$ karakteristike zajedničkog rada sprege dizel motora, multiplikatora i hidrodinamičkog menjača (sl.3).



Sl.3. Karakteristike sprege dizel motora i hidrodinamičkog menjača za različite stepene punjenja motora

Koristeći oznake na sa sl.1, za prenosni lanac od turbinskog vratila hidrodinamičkog menjača (ω_T, M_T ,η') do točkova lokomotive (ω, M_t,η_{pr}'), u ustaljenom režimu kretanja važe relacije)

$$\omega=\frac{\omega_T}{i^*\cdot i_{MM}},$$

$$M_t=\eta^*\cdot i^*\cdot i_{MM}\cdot M_T(\omega_T),$$

$$\eta_{Hpr}=\eta^*\cdot\eta'(\omega_T), \qquad (3)$$

gde su i* i η* konstante ($i^*=i_{MP}\cdot i_{OP}$, $\eta^*=\eta_{MM}\cdot\eta_{MP}\cdot\eta_{OP}$) dok je η_{Hpr}- stepen korisnosti prenosnika.

Prenosni odnos mehaničkog menjača (i_{MM}) menja se promenom stepena prenosa ($i_{MM}=i_{MM(I)}$ u prvom stepenu prenosa, $i_{MM}=i_{MM(II)}$ u drugom stepenu prenosa i td.).

$$v=\frac{R_t}{i^*\cdot i_{MM}}\cdot\omega_T\ ,\quad F_V=\frac{\eta^*\cdot i^*}{R_t}i_{MM}\cdot Mt\ ,$$

$$\eta_{Hpr}(v)=\eta^*\cdot\eta'(\omega_T). \qquad (4)$$

Korišćenjem izraza (4) grafici funkcija $M_T(\omega_T)$ i $\eta'(\omega_T)$ (sl.3) jednostavno se za različite veličine prenosnog odnosa i_{MM}, preslikavaju u grafike funkcija $F_V(v)$ i $\eta_{Hpr}(v)$, kao što je na sl.4 prikazano za dvostepeni mehanički menjač, za slučaj kada motor radi sa $q=q_{max}$.

Da bi se izbegao nizak stepen korisnosti prenosnika pri većim brzinama u prvom stepenu prenosa, treba izabrati odgovarajući prenosni odnos mehaničkog menjača u drugom stepenu prenosa ($i_{MM(II)}$), odnosno, odgovarajuću brzinu kretanja lokomotive v_t"pri kojoj se prelazi iz prvog u

drugi stepen prenosa. Da bi prelaz iz prvog u drugi stepen prenosa bio pri $\eta'=0,9\ \eta_{max}$ (v.sl.3), prenosni odnos i_{MM} u drugom stepenu prenosa treba da je:

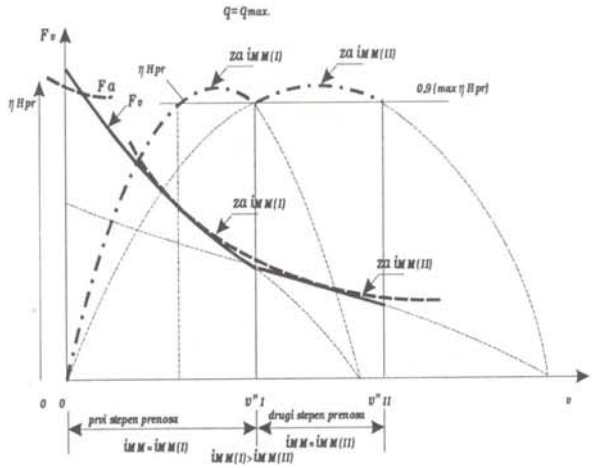
$$i_{MM(II)} = i_{MM(I)} \frac{\omega'_T}{\omega''_T}$$

gde se ω'_T i ω''_T očitavaju sa sl.3.

Pri maksimalnom punjenju motora gorivom, prelaz iz prvog stepena prenosa u drugi i obrnuto treba izvršiti pri brzini obrtanja v''_I (sl.4).

Napred rečeno važi i za prenosnike koji, umesto redno vezanog hidrodinamičkog prenosnika i dvostepenog mehaničkog prenosnika, imaju dvostepeni hidrodinamički prenosnik istog tipa i iste veličine. Prenosni odnosi $i_{MM(I)}$ i $i_{MM(II)}$ su u ovom slučaju prenosni odnosi zupčastih reduktora koji su u dvostepenom hidrodinamičkom prenosniku povezani sa turbinskim kolima hidrodinamičkog prenosnika prvog stepena prenosa i hidrodinamičkog prenosnika drugog stepena prenosa.

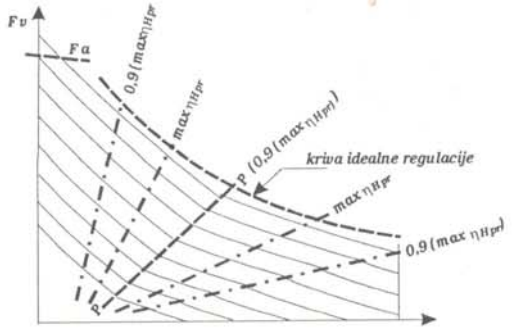
Vučna karakteristika $F_V(v)$ prikazana na sl. 4, ostvaruje se bez promene režima rada dizel motora.



Sl. 4 Vučna karakteristika lokomotive sa redno vezanim HDM-om i dvostepenim MP

Sa hidrodinamičkim prenosnikom odgovarajućeg prečnika, dizel motor će pri maksimalnom stepenu punjenja gorivom (q=qmax) raditi u režimu najveće snage, pa i vučna karakteristika prikazana na slici 4 odgovara nominalnom režimu rada dizel motora. Kako se prema ovoj vučnoj karaktristici može zaključiti, lokomotiva se, bez promene režima rada dizel motora , može kretati i najmanjim brzinama pa i zaustaviti. Prelaz iz jednog stepena u drugi vrši se bez promene režima rada dizel motora, a ako se ovaj prelaz vrši pri odgovarajućoj brzini ($v=v''_{(I)}$) vučna sila se kontinualno menja.

Na sl.5 date su vučne karakteristike lokomotive za sve regulisane stepene punjenja motora gorivom (potpuni pasoš vučne sile lokomotive). Umesto krivih $\eta_{Hpr}(v)$ za sve stepene punjenja motora gorivom (što bi sliku učinilo nečitkom), na krivama $F_V(v)$ linijama crta-tačka povezane su tačke sa η_{Hpr}= const.



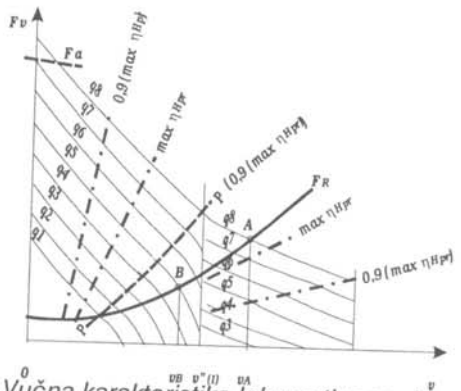
Sl.5 Potpuni pasoš vučne sile lokomotive

Prema karakteristici promene stepena korisnog dejstva prenosa ($\eta_{Hpr}(v)$)), datoj na slici 5., za nominalni režim rada dizel motora, može se zaključiti da pri malim brzinama u prvom stepenu prenosa hidrodinamički prenosnik radi sa niskim stepenom korisnog dejstva. Pri većim brzinama prvog stepena prenosa i pri svim brzinama drugog stepena prenosa stepen korisnog dejstva hidrodinamičkog prenosnika je relativno visok.

Prelaz iz jednog stepena prenosa u drugi vrši se automatski kada lokomotiva postigne određenu brzinu. Isprekidana linija P-P (sl.5) predstavlja krivu prelaza iz jednog stepena prenosa u drugi pri brzinama u kojima oba stepena prenosa imaju i dovoljno visoke stepene korisnog dejstva hidrodinamičkog prenosnika za sve stepene punjenja dizel motora gorivom,pa se može ,uslovno, nazvati i krivom idealnog prelaza iz jednog stepena prenosa u drugi.

Na slici 6. prikazana je vučna karakteristika jedne lokomotive, koja se od lokomotive sa vučnom karakteristikom datoj na sl.5 razlikuje samo što se prelaz iz jednog stepena prenosa u drugi vrši pri istoj brzini za sve stepene punjenja motora gorivom. Brzina kretanja lokomotive pri kojoj se vrši prelaz iz jednog stepena u drugi određuje se prema karakteristikama nominalne (najveće) snage dizel motora. Isprekidanim linijama označene su vučne sile u režimima u kojima hidrodinamički prenosnik i pri relativno visokim brzinama kretanja lokomotive radi sa sniženim stepenom korisnosti.

Naprimer, za silu otpora $F_R(v)$ (sl.6)



Sl.6 Vučna karakteristika lokomotive sa dva stepena prenosa i konstantnom brzinom prelaza za sve stepene punjenja

lokomotiva će u režimu pune snage motora ustaliti svoje kretanje pri brzini $v=v_A$. Ako se brzina lokomotive smanji ispod brzine $v=v''_{(l)}$, dovođenjem rada motora u režim sa stepenom punjenja $q=q_5$, brzina lokomotive ustali će se na $v=v_B$, u režimu kada menjač snage radi sa manjim stepenom korisnog dejstva.

U procesima ubrzavanja i usporavanja lokomotive (voza) vučna sila lokomotive razlikuje se od date u vučnom pasošu:

$$F_{v(d)} = F_v - \frac{I_0^*}{R_t^2} \cdot \frac{dv}{dt}, \quad \text{gde je:}$$

$F_{v(d)}$-vučna sila u prelaznim procesima kretanja,
F_v – vučna sila u ustaljenim kretanjima (prema vučnom pasošu lokomotive)
I_0^*- moment inercije svih rotirajućih masa prenosnog lanca, redukovan na točkove lokomotive, uključujući i masu radne tečnosti u hidrodinamičkom prenosniku.

ZAKLJUČAK:

U radu je izložen postupak proračuna vučnih karakteristika dizel hidrodinamičke lokomotive za sve regulisane stepene punjenja dizel motora gorivom. Za proračun je potrebno znati momentne karakteristike dizel motora, bezdimenzijske radne karakteristike hidrodinamičkog menjača i prenosne odnose i stepene korisnosti svih mehaničkih komponenata u prenosnom lancu.

Pri ovakvom načinu prenosa snage u lokomotivi, pri konstantnom stepenu punjenja motora gorivom, dizel motor ne menja režim rada u zavisnosti od brzine kretanja lokomotive. Prelaz iz jednog stepena prenosa u drugi vrši se automatski, kada lokomotiva postigne određenu brzinu i pri tome se obezbeđuje kontinualna promena vučne sile.

Današnji stepen razvoja tehnike omogućava da se automatski prelaz iz jednog stepena prenosa u drugi može, uz podršku računara, unapred propisati u zavisnosti od stepena punjenja motora i brzine lokomotive, uz ostvarivanje visokog stepena korisnog dejstva prenosnika.

LITERATURA

[1] Bogdanović B., Nikodijević D., Vulić A., *Hidraulički i hidromehanički prenosnici snage*, Univerzitet u Nišu, Niš,1998.
[2] Krsmanović LJ., *Hidrodinamički prenosnici snage*, Mašinski fakultet, Beograd,1989.
[3] Stefanović S., *Izbor sistema prenosa snage za železnička vučna vozila na jugoslovenskim železnicama*, Magistarski rad, Niš, 1999.

DRAWING KARAKTERISTICS DIESEL LOKOMOTIVE WITH HIDRAULIC TORGUE CONVERTER

Bozidar Bogdanovic, Zivan Spasic, Slobodan Stefanovic

Abstract: *In this paper are presented procedure determinate drawing characteristics diesel lokomotive with hydraulic torgue converter, for all regulated grade filling diesel engine with fuel.*
Graphics of this drawing characteristics with lines constanted efficiency a showing completely passport of lokomotive, to enable theoretical analysis transitive acceleration and retarded processes lokomotive- train.
Key words: *diesel lokomotive, hidraulic torgue converters, drawing force*

Proračun nosivosti presovanih spojeva kod pogonskih sistema šinskih vozila

D. Stamenković[1], M. Ilić[2]

Rezime: *Presovani spojevi se, pre svega zbog sposobnosti prenosa velikih obrtnih momenata, često primenjuju kod pogonskih sklopova železničkih vozila kao najpovoljniji način ostvarivanja spojeva (npr. točak–osovina, zupčanik–vratilo, prirubnica–vratilo, kočni disk–osovina, itd). Proračun presovanog spoja, tj. određivanje njegove nosivosti, zavisi od velikog broja parametara (materijala delova koji se spajaju, vrste i kvaliteta obrade dodirnih površina, karakteristika maziva, načina formiranja spoja, karakteristika opterećenja, itd.) i u velikoj meri se oslanja na empirijske rezultate. Ipak, najveći problem u određivanju nosivosti presovanih spojeva je nesigurnost u određivanju koeficijenta trenja. U radu je prikazan jedan pristup modeliranju nosivosti presovanih spojeva kod pogonskih sklopova šinskih vozila, koji obuhvata proračun veličine koeficijenta statičkog trenja. Prikazana je i odgovarajuća softverska podrška modela, čime je omogućena efikasna primena ovog modela u praksi.*

Ključne reči: *presovani spojevi, nosivost presovanih spojeva, koeficijent statičkog trenja, šinska vozila*

1. UVOD

Osnovna funkcija presovanih spojeva je prenošenje opterećenja. Moć nošenja ili sposobnost presovanog spoja da prenese određeno opterećenje ogleda se s jedne strane u sigurnosti od proklizavanja i s druge strane od čvrstoće sastavnih elemenata. Presovani spoj treba dimenzionisati tako da sa određenim stepenom sigurnosti može da prenese radno opterećenje a izabrani materijal elemenata presovanog spoja treba, i u uslovima radnog opterećenja, da garantuje trajnu izdržljivost. Usled izraženih dinamičkih opterećenja u sistemu prenosa snage, kod železničkih vozila, u delovima presovanih spojeva se javljaju složena naponska stanja. Zbog toga je važno da naprezanje delova, izazvano preklopom, bude što je moguće manje i obavezno u oblasti elastičnosti. Ovakav zahtev može da se realizuje smanjenjem preklopa ali se u tom slučaju smanjuje i nosivost presovanog spoja. Međutim, ako se poveća koeficijent trenja moguće je ostvariti potrebnu nosivost i pored smanjenja preklopa.

Stvarna nosivost presovanog spoja može se jedino utvrditi opterećivanjem sklopa do proklizavanja tj. razdvajanja elemenata i ona se uglavnom razlikuje od nosivosti određene proračunom zbog nesigurnosti u izboru vrednosti koeficijenta trenja, određivanju stvarnog preklopa u spoju i izračunavanju dodirnog pritiska. U proračunu se polazi od modela mehanički čvrstog tela (model debelozidnih cevi pod unutrašnjim i spoljašnjim pritiskom) uz pretpostavke idealnih oblika delova i homogenosti materijala. Međutim, usled nehomogenosti materijala, sopstvenih (unutrašnjih) napona, odstupanja od idealnog oblika i pod dejstvom radnog opterećenja, stvarni dodirni pritisak u spoju se razlikuje od računskog. Nosivost presovanog spoja u radnom stanju (pod uticajem opterećenja) razlikuje se od nosivosti posle formiranja spoja (bez uticaja opterećenja) a vremenom se i menja zbog različitih uticaja u eksploataciji kao što su

[1] dr Dušan Stamenković, dipl. maš. inž., MIN Holding Ko. DD"Lokomotiva", ul. Šumadijska 1, 18000 Niš, e-mail: lokomotiva@bankerinter.net

[2] mr Milovan Ilić, dipl. maš. inž. rukovodilac službe za informacione sisteme, MIN Holding Ko. DD Lokomotiva", ul. Šumadijska br. 1, 18000 Niš, e-mail: lokomotiva@bankerinter.net

uticaji centrifugalne sile, neuravnoteženih masa, toplote, udara, naknadnih deformacija i dr.

2. VELIČINE KOJE UTIČU NA NOSIVOST PRESOVANOG SPOJA

Nosivost presovanog spoja je određena silom trenja koja se suprotstavlja klizanju (razdvajanju) elemenata spoja pod dejstvom opterećenja. Za računsko određivanje nosivosti presovanog spoja koristi se izraz za silu trenja:

$$F_\mu = \mu F_N = \mu p A = \mu p \pi d l \qquad (1)$$

Iz izraza (1) se vidi da se povećanje nosivosti presovanog spoja može postići uvećanjem prečnika (***d***), dužine spoja (***l***), dodirnog pritiska (**p**) i koeficijenta trenja (μ). Povećanje prečnika i dužine spoja dovodi do povećanja zapremine tj. težine sklopa a time i cele konstrukcije, što se u inženjerskoj praksi opravdano izbegava. Pritisak na dodiru spojenih delova može da se poveća ostvarivanjem većeg preklopa u spoju i povećanjem krutosti elemenata presovanog spoja. Povećanje dodirnog pritiska je ograničeno veličinom granice razvlačenja materijala spojenih delova. Vrednost koeficijenta trenja (prianjanja) se kreće u širokim granicama i zavisi od mnogih parametara kao što su materijal delova, kvalitet površine, mazivno sredstvo, postupak spajanja, i dr. Određenim postupcima koeficijent trenja se može značajno uvećati. Ipak, ograničenje veličine koeficijenta trenja je potrebno zbog obezbeđenja spajanja i rastavljanja spoja bez oštećenja dodirnih površina.

Nosivost, pouzdanost i vek trajanja presovanog spoja zavise osim od pomenutih i od mnogih drugih parametara, koji direktno ili indirektno utiču na svojstva spoja. Nosivost spoja zavisi pored preklopa i kvaliteta spojenih površina i od uslova spajanja elemenata (brzine upresavanja, vrste mazivnog sredstva, temperature spajanja i dr.). Gubitak preklopa u spoju dovodi do smanjenja dodirnog pritiska između spojenih elemenata jer je efektivni preklop manji od računskog. Oblik i dimenzije elemenata za spajanje takođe imaju uticaj na nosivost presovanog spoja. U utvrđenim postupcima proračuna presovanih spojeva uvek se sastavni elementi tretiraju kao cilindrični sa cilindričnim ili konusnim dodirnim površinama [1,2,3,4]. Složeniji oblici sastavnih delova nisu razmatrani te je njihov uticaj nedovoljno poznat. Važan uticajni faktor jeste kvalitet materijala sastavnih elemenata uz poseban značaj termičke obrade odnosno otvrdnjavanja kontaktne površine. Kvalitet obrade dodirnih površina, odnosno hrapavost utiče na preklop u spoju kao i na koeficijent prionljivosti.

Znači, nosivost presovanih spojeva zavisi od velikog broja uticajnih veličina: geometrijske, površinske, hemijske i fizičke prirode materijala kao i od tehnoloških parametara. Na slici 1 prikazan je Išikava dijagram uticajnih veličina na nosivost presovanih spojeva.

Eksperimentalna istraživanja koja su realizovana u fabrici MIN "Lokomotiva" i na Mašinskom fakultetu tokom 1993. god. i 1999. god. obuhvataju ispitivanja uticaja brzine presovanja, vrste mazivnog sredstva, načina obrade, hrapavosti, tvrdoće i čistoće dodirnih površina i uticaj razdvajanja presovanog spoja i ponovljenog spajanja.

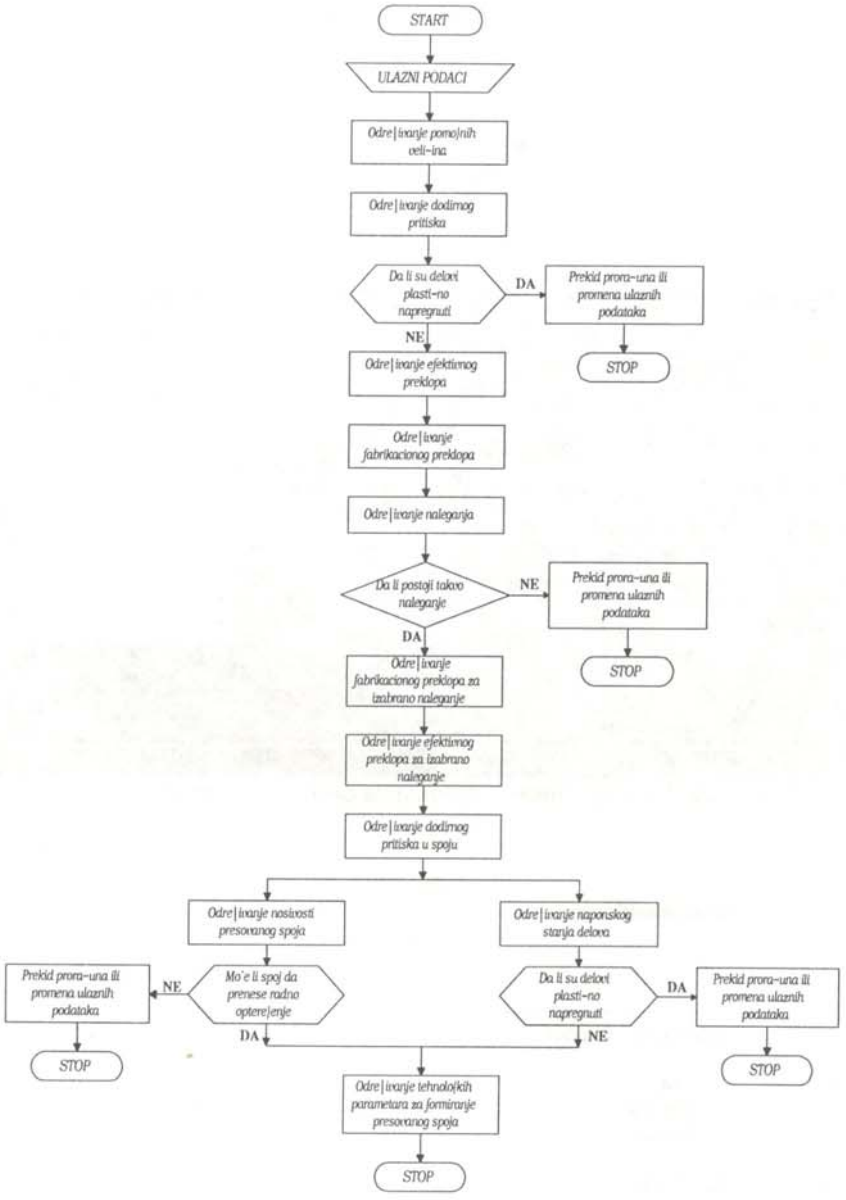
Slika 1. Išikava dijagram uticajnih veličina na nosivost presovanih spojeva

3. PROGRAM ZA PRORAČUN PRESOVANIH SPOJEVA I KOEFICIJENTA STATIČKOG TRENJA

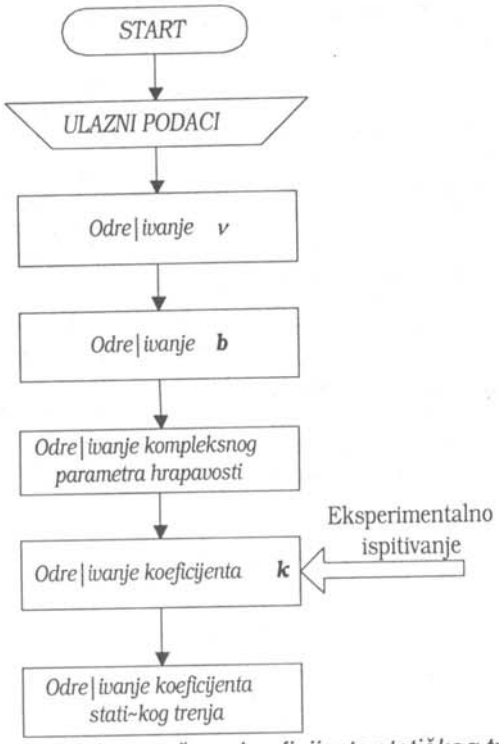
Proračun presovanih spojeva može da se sprovede prema postupku koji je izložen algoritmom na slici 2. Da bi se preciznije odredila nosivost presovanog spoja neophodno je da se utvrdi vrednost koeficijenta statičkog trenja. Proračun koeficijenta statičkog trenja može da se izvrši na osnovu postavke iz istraživanja obavljenog na Mašinskom fakultetu [6]. Postupak proračuna prikazan je algoritmom na slici 3.

Na osnovu algoritma sa slike 2 i 3 razvijen je program za proračun presovanih spojeva pri čemu je korišćen programski paket za razvoj baza podataka Clipper. Program je urađen u dva odvojena modula. Prvi modul omogućava kompletan proračun presovanih spojeva, pri čemu se za koeficijent trenja usvaja vrednost iz preporuka. Kada je na raspolaganju uređaj za merenje hrapavosti koji registruje podatke o krivoj nosivosti onda je moguće sprovesti i dodatni proračun prema drugom programskom modulu. U skladu sa algoritmom na slici 3 drugi modul omogućava da se izračuna kompleksni parametar hrapavosti i dubina prodiranja a na osnovu njih i koeficijent statičkog trenja. Na osnovu tako utvrđene vrednosti koeficijenta statičkog trenja sprovodi se ponovo postupak proračuna presovanog spoja prema prvom modulu.

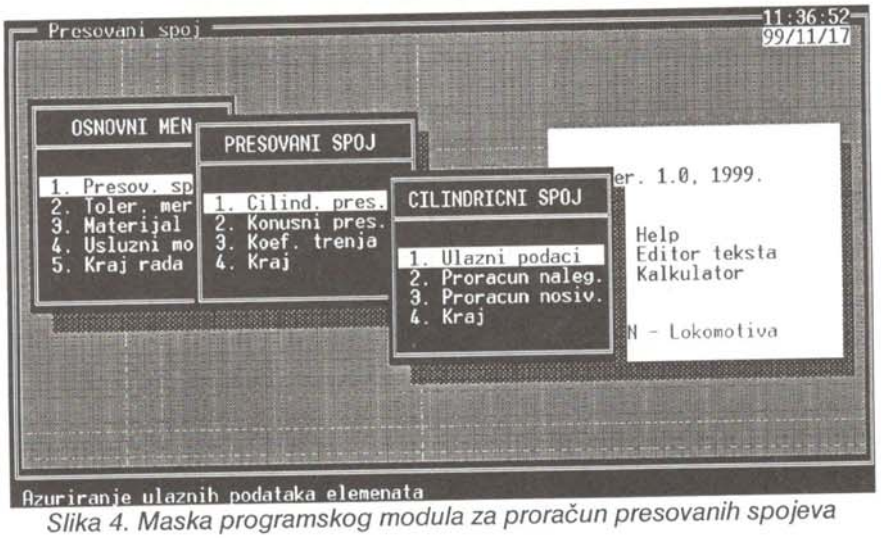
Na slici 4 prikazana je osnovna maska programskog modula za proračun presovanog spoja i koeficijenta statičkog trenja.



Slika 2. Tok proračuna presovanih spojeva



Slika 3. Tok proračuna koeficijenta statičkog trenja



Slika 4. Maska programskog modula za proračun presovanih spojeva

MIN Holding Co.
DD. Lokomotiva
Datum: 99/11/17 Str.: 1

Cilindrični presovani spoj u oblasti elastičnosti

Broj sklopa: 3
Podaci o spoju:

Naziv sklopa:	Zupčanik osovina 661
Br. crteža:	
Dužina spoja (mm):	144.00
Prečnik spoja (mm):	235.00
Obrtni moment (Nm):	31396.00
Aksijalna sila (N):	0.00
Stepen sig. protiv proklizavanja:	1.500
Stepen sig. protiv pl. deformac.:	1.200
Koef. trenja:	0.100

Koef. trenja u aksij. pravcu: 0.100
Koef. trenja u tang. pravcu: 0.100
Podaci o un. elementu:

Naziv elementa: Un. el.
Br. crteža: GM Y8179295
Spoljašnji prečnik (mm): 235.00
Tolerancijsko polje:
Max. mera (mm): 235.242
Min. mera (mm): 235.196
Unutrašnji prečnik (mm): 0.00
Materijal: C4730
G. razvlačenja (N/mm^2): 420.00
Poasonov broj: 0.30
Modul elastič. (N/mm^2): 210000.00
Koef. top. dilat.*10^{-6} (1/°C): 11.80
Sred. vred. hrapavosti (μm): 5.00
Podaci o sp. elementu:

Naziv elementa: Spolj. el.
Br. crteža: GM Y8216445
Unutrašnji prečnik (mm): 235.00
Tolerancijsko polje:
Max. mera (mm): 235.046
Min. mera (mm): 235.000
Spoljašnji prečnik (mm): 702.91
Materijal: C5432
G. razvlačenja (N/mm^2): 700.00
Poasonov broj: 0.30
Modul elastič. (N/mm^2): 210000.00
Koef. top. dilat.*10^{-6} (1/°C): 11.00
Sred. vred. hrapavosti (μm): 5.00

MIN Holding Co.
DD. Lokomotiva
Datum: 99/11/17 Str.: 2
Cilindrični presovani spoj u oblasti elastičnosti

Proračun spoja
1* Određivanje geom. karakteristika
du/d= 0.0000 d/Ds= 0.3343
Ku= 0.70000 Ks= 1.55168
2* Određivanje dodirnog pritiska
Pmin (N/mm^2) 37.701
Pumax (N/mm^2) 175.000
Psmax (N/mm^2) 576.046
Pmax (N/mm^2) 175.000
3* Delovi nisu plastično napregnuti!
4* Određivanje efektivnog preklopa
P'min (μm) 95.0
P'max (μm) 441.0
5* Određivanje fabrikacionog preklopa
Pmin (μm) 107.0
Pmax (μm) 453.0
6* Određivanje naleganja
T+t (μm) 346.0
T (μm) ÷ 207.6
t (μm) ÷ 138.4
7* Određivanje fabrikacionog preklopa za izabrano naleganje
Pd (μm) 150.0
Pg (μm) 242.0
8* Određivanje efektivnog preklopa za izabrano naleganje
P'd (μm) 138.0
P'g (μm)) 230.0
9* Određivanje dodirnog pritiska u spoju
Pd (N/mm^2) 54.77
Pg (N/mm^2) 91.28
10* Određivanje nosivosti presovanog spoja
Fag (N) 582229.50
Mtg (Nm) 68411.97

```
11* Spoj može da prenese radno opterećenje
12* Određivanje naponskog stanja delova
   σin (N/mm²)          182.56
   σis (N/mm²)          114.25
13* Delovi nisu plastično napregnuti!
14* Sledi određivanje tehnoloskih parametara
   za formiranje presovanog spoja
-------------------------------------------------------------------------------
```

Slika 5. Izveštaj proračuna presovanog spoja

```
MIN Holding Co.
DD. Lokomotiva
Datum: 99/11/16                                        Str.: 1
   Proračun koeficijenta statičkog trenja

   Ulazni podaci:
-------------------------------------------------------------------------------
   Dodirni pritisak(N/mm²):              74.00

   Unutrašnji element
-------------------------------------------------------------------------------
   Površinska tvrdoća HB:          245.00
   Hrapavost dodirnih površina Ra(μm):   1.070
   Hrapavost dodirnih površina Rz(μm):   5.700
   Hrapavost dodirnih površina Rmax(μm): 7.100
   Hrapavost dodirnih površina Rp(μm):   2.300
   Hrapavost dodirnih površina tm:       0.511
   Hrapavost dodirnih površina r(μm):    55.000

   Spoljasnji element
-------------------------------------------------------------------------------
   Površinska tvrdoća HB:          290.00
   Hrapavost dodirnih površina Ra(μm):   0.640
   Hrapavost dodirnih površina Rz(μm):   4.900
   Hrapavost dodirnih površina Rmax(μm): 6.900
   Hrapavost dodirnih površina Rp(μm):   1.100
   Hrapavost dodirnih površina tm:       0.565
   Hrapavost dodirnih površina r(μm):    16.000
-------------------------------------------------------------------------------
   Proračun koeficijenta statičkog trenja

   Konstanta νu=      1.19682   Konstanta νs =      0.94219
   Konstanta bu=      1.96926   Konstanta bs=       3.18715
   Kom.par.hrapavosti Δu=  0.07328   Kom.par.hrapavosti Δs=  0.12602
         Dubina prodiranja h(μm) = 0.68201
         Koeficijenat k=      1.16088
         Koef.stat.trenja =   0.17263
```

Slika 6. Izveštaj proračuna koeficijenta statičkog trenja

Na slikama 5 i 6 prikazani su izveštaji iz oba programska modula za presovani spoj zupčanik-osovina kod lokomotive serije 661.

4. ZAKLJUČAK

Kod pogonskih sklopova železničkih vozila, presovani spojevi prenose obrtni moment koji obezbeđuje kretanje vozila i potrebnu vučnu silu. Izloženi postupak proračuna omogućava da se na osnovu poznatog radnog opterećenja utvrdi veličina preklopa odnosno na osnovu poznatog naleganja odredi nosivost presovanog spoja a softverska podrška obezbeđuje da se lako i brzo sprovede proračun i na osnovu promene ulaznih podataka dođe do optimalnog rešenja.

Primenom ovog softverskog paketa u MIN DD"Lokomotiva" izvršen je proračun presovanih spojeva kod pogonskih sklopova električnih lokomotiva serije 441/461 i dizelelektričnih lokomotiva serije 661.

5. LITERATURA

[1] **KRAUSE,W.:** *Konstruktionselemente der Feinmechanik* VEB Verlag Technik, Berlin 1989.

[2] **SCHLOTTMAN, B.:** *Konstruktions-lehre Grundlagen* VEB Verlag Technik, Berlin 1977.

[3] **HAASE, K.:** *Bemessung von einfachen zylindrischen Pressverbindung im elastischen und elastisch-plastischen Verformungszustand* Maschinenbautechnik 28 (12) str.545-551, 1979.

[4] **NIEMANN, G.:** *Maschinenelemente Band 1 2. Auflage* Springer-Verlag Berlin·Heidelberg · New York, 1975.

[5] **BUDINSKI, K.:** *Friction in machine design* Symposium on Tribological Modeling for Mechanical Designers, San Francisco USA Maj 1990.

[6] **STAMENKOVIĆ, D.:** *Istraživanje nosivosti presovanog spoja kao tribosistema u okviru pogonskih sklopova železničkih vozila,* Doktorska disertacija, Mašinski fakultet Niš, 1999.

[7] **ILIĆ, M.:** *Eksperni sistem za remont šinskih vučnih vozila,* Magistarski rad, Mašinski fakultet Niš, 1997.

Savremena rešenja kočnih i upravljačkih sistema na Železničkim vučnim vozilima

Vladimir Jovanović[1], Srđan Stojičić[2]

Rezime *- Savremeni železnički saobraćaj ima jasno zacrtan razvojni put, koji je trasiran sledećim zahtevima: povećan stepen pouzdanosti sistema, povećan stepen sigurnosti, racionalizacija utroška energije, ekološka prihvatljivost, pojednostavljenje upravljanja i racionalnije održavanje. Da bi se ovo realizovalo, neophodna je primena novih tehničkih rešenja, koja po svojim tehničkim i tehnološkim karakteristikama ispunjavaju sve navedene zahteve i imaju ekonomsku opravdanost. Način i vreme održavanja železničkih vučnih vozila prema još važećim pravilnicima, moraće ubrzo da dožive radikalne izmene, jer novi sistemi, uz primenu sistema za dijagnosticiranje, ne zahtevaju klasično održavanje, već zahtevaju održavanje po principu agregatne zamene.*

Ključne reči *- Savremena železnica; kočni sistem; sistem upravljanja; protivklizna zaštita*

1. UVOD

Primena novih tehničkih rešenja na železničkim vučnim vozilima je normalan razvojni put, a rezultira povećanjem pouzdanosti u radu, jednostavnijim rukovanjem i pojednostavljenjem održavanja. Sva ova poboljšanja za krajnje efekte imaju znatno smanjenje vremena potrebnog za održavanje i smanjenje pratećih troškova.

Kroz primer nove dizelhidraulične lokomotive tip DHL-735 i rekonstruisane teške motorne dresine tip TMD-22 DC, opisani su novi kočni sistemi i nov način upravljanja.

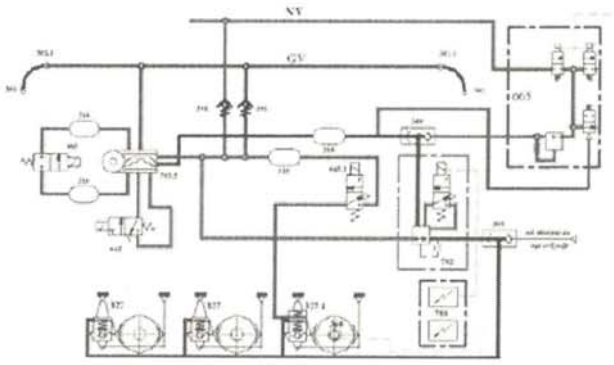
2. KOČNI SISTEMI

Funkcionalna šema pneumatske kočnice dizelhidraulične lokomotive tip DHL-735 data je na slici 1. Sa šeme se uočava da ova pneumatska kočnica pored klasičnih komponenti ima i nove komponente koje u mnogome doprinose efikasnosti i sigurnosti u radu. Nove komponente u ovom pneumatskom kočnom sistemu su: dvokomorni adsorpcioni sušač vazduha (poz. 770), elektropneumatski blok direktne kočnice (poz. 665), elektropneumatski blok prenosača pritiska (poz. 702) sa davačem impulsa brzine (poz. 360) i elektronskim blokom za promenu pritiska kočenja (poz. 780) i novi tip kočnih cilindara (poz. 327.1 i 327).

Na slici 2 data je funkcionalna šema pneumatske kočnice teške motorne dresine TMD-22 DC. Za razliku od predhodnog kočnog sistema ovaj sistem nije opremljen sušačem vazduha, ali je zato opremljen automatskim elektro kočnikom (poz. 703). Ovaj kočni sistem karakteriše grupisanje pojedinih komponenti u funkcionalne blokove, a to rezultira većom pouzdanošću u radu, olakšanom ugradnjom, pojednostavljenjem cevne instalacije i jednostavnijim održavanjem. Glavna karakteristika ovog pneumatskog kočnog sistema je odsustvo pneumatske cevne instalacije u okviru upravljačnice i upravljačkog pulta.

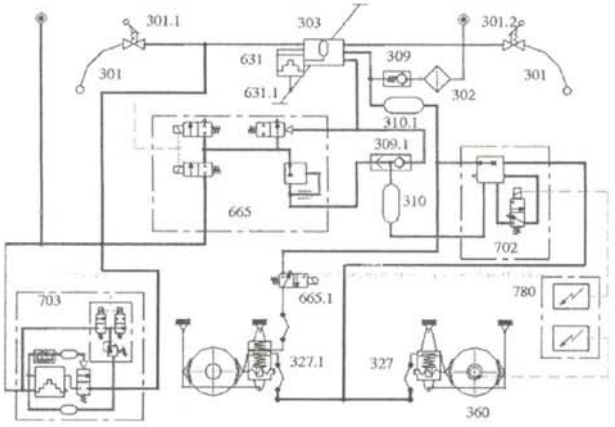
[1] Vladimir Jovanović, dipl. maš, ing. Glavni projektant, MIN Holding Co. DD "Lokomotiva", Sektor za razvoj i projektovanje Šumadijska 1, 18000 Niš, e-mail: lokomotiva@bankerinter.net

[2] Srđan Stojičić, dipl. maš, ing. Projektant, MIN Holding Co. DD "Lokomotiva", Sektor za razvoj i projektovanje Šumadijska 1, 18000 Niš, e-mail: lokomotivaŽbankerinter.net



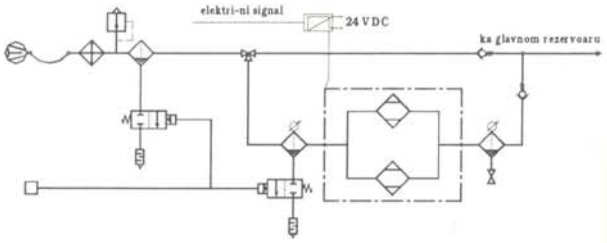
Slika 1 - Funkcionalna šema pneumatske kočnice lokomotive DHL-735

Rešavanje pitanja dobijanja suvog i dobro prečišćenog vazduha nameće se kao neminovnost i osnovni je zahtev ovog vremena, jer visoke i kompleksne tehnologije ne dopuštaju kompromise. Svako kompresorsko postrojenje prema termodinamičkim principima kondenzuje vodenu paru i zajedno sa komprimovanim vazduhom distribuira je u pneumatski sistem. Vazduh usisan iz atmosfere, ulje iz kompresora i kondenzat sadrže mnoga štetna i agresivna jedinjenja kao što su: ugljenmonoksid, ugljendioksid, vodonik sulfid i okside azota čija je pH vrednost od 3 do 4 jedinice.



Slika 2 - Funkcionalna šema pneumatske kočnice dresine TMD - 22DC

Navedena jedinjenja destruktivno deluju na elemente pneumatske instalacije, što ima za posledice: smanjenje pouzdanosti u radu, smanjenje vremena eksploatacije, zamrzavanje u zimskom periodu i pojavu korozije u pneumatskom sistemu. Sve ove neželjene pojave za ishod imaju smanjenje radnog veka i povećanje troškova održavanja pneumatskog sistema.



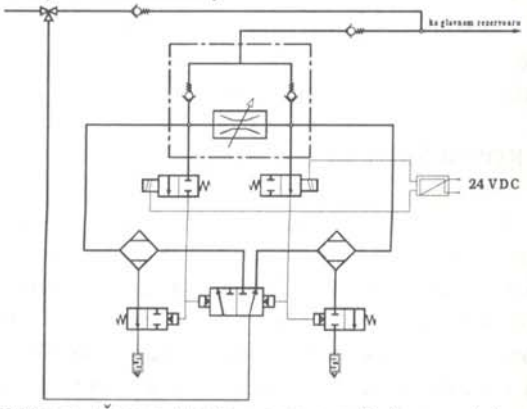
Slika 3 - Šema instalacije za sušenje komprimovanog vazduha

Instalacija za sušenje komprimovanog vazduha sastoji se od osnovne i dopunske opreme, izabrane na osnovu projektnih uslova, proračuna i iskustva. Dvokomorni sušač je po principu rada adsorpcioni. Adsorbent (sintetički zeolit) ima visoku mikroporoznost i hidroskopnost što omogućava brzo i lako upijanje vlage, a nakon radnog ciklusa brzu i laku regeneraciju. Ciklus sušenja i regeneracije je potpuno automatizovan i ostvaruje se pomoću električno i pneumatski upravljanih razvodnih ventila. Na slici 4 data je elektropneumatska šema dvokomornog sušača komprimovanog vazduha.

I kod lokomotive i kod dresine upravljanje direktnom kočnicom je električno. Direktna elektropneumatska kočnica DEPK našla je primenu na elektromotornim i motornim vozovima i specijalnim železničkim vozilima.

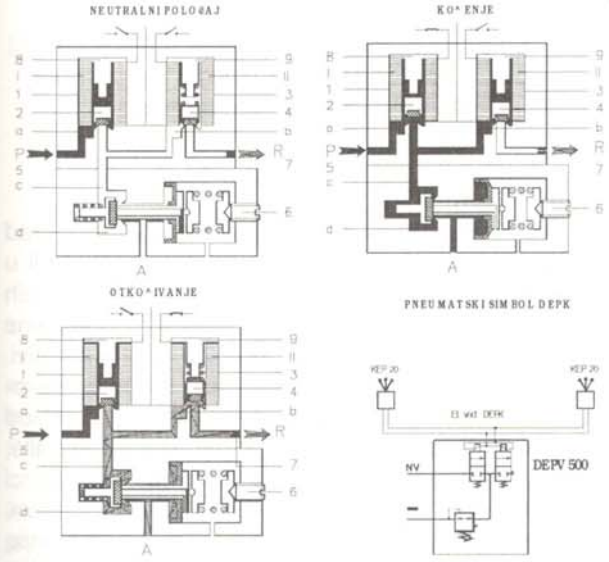
Direktna elektropneumatska kočnica DEPK sastoji se od komandnog elektroprekidača KEP-20 i elektropneumatskog ventila DEPV500. Razvodni ventil DEPV500 pneumatski je povezan sa napojnim vodom na ulazu i sa vodom kočnih cilindara na izlazu.

Električni prekidač KEP-20 je sastavljen od dva elektroprekidača smeštena u istom kućištu i komandne ručice. Komandna ručica ima tri operativna položaja i to: I - kočenje; 0 - neutralni položaj; II - otkočivanje



Slika 4 - Šema dvokomornog sušača vazduha

Dvostruki elektropneumatski ventil DEPV500 u istom kućištu sadrži dva elektropneumatska ventila i regulator pritiska. Jedan od ovih elektropneumatskih ventila služi za kočenje, a drugi za otkočivanje. Regulator pritiska ima ulogu da reguliše i ograniči pritisak vazduha u kočnim cilindrima do maksimalne proračunske vrednosti. Na slici 5 dat je pneumatski simbol i princip rada DEPK.



Slika 5 - Direktna elektropneumatska kočnica DEPK

Kočnik tipa FA-3e namenjen je za automatsko upravljanje kočnicom i primenjen je kod:

- elektromotornih i motornih vozova
- kompozicija do 7 vagona
- dresina
- specijalnih železničkih vozila

Sastavni delovi kočnika FA-3e su komandni elektroprekidač KEP-30 i master ventil MVe. Master ventil, kao izvršni organ, ima ulogu da reguliše pritisak u glavnom vodu, a sastavljen je od sledećih elemenata:

- dvostrukog elektropneumatskog ventila sa regulatorom pritiska DEPV400-e
- ventila za punjenje glavnog voda VPoGV
- ventila za blokiranje glavnog voda VBGV
- nepovratnog ventila sa prigušnicom NVP
- rezervoara

Pneumatski simbol i princip rada automatskog kočnika FA-3e dat je na slici 6.

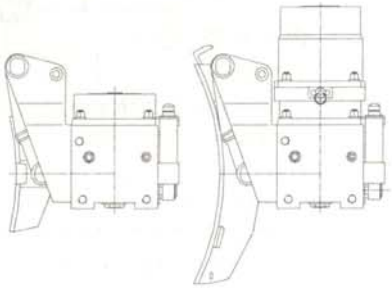
Slika 6 - Automatski kočnik FA - 3e

Zbog opasnosti da prilikom intenzivnog kočenja ne dođe do blokiranja točkova, prvobitni pritisak u kočnim cilindrima svodi se na niži i to u trenutku kada se brzina vozila smanji na 20 km/h. Da bi se ovo realizovalo, primenjen je elektropneumatski blok upravljan davačem impulsa brzine i elektronskim blokom. Elektropneumatski blok je spoj klasičnog prenosača pritiska D10 i elektropneumatskog ventila, čijim se uključenjem uz pomoć davača impulsa brzine i elektronskog bloka smanjuje pritisak u kočnim cilindrima. Komandni pritisak od direktnog ili automatskog kočnika nakon dvostruko nepovratnog ventila i ekspanzionog rezervoara, dovodi se na ulaz elektropneumatskog bloka, a od izlaza vazduh pod pritiskom distribuira se kočnim cilindrima.

U oba kočna sistema primenjeni su kočni cilindri nove konstrukcije, tip BCRH-120N i BCRH-120NPS. Blok cilindar sa regulatorom BCRH predstavlja pneumohidrauličkomehanički izvršni uređaj za kočenje točka ili diska. Varijanta kočnog cilindra sa parkirnom kočnicom koristi akumuliranu energiju opruge za držanje vozila u parkirnom položaju. Deblokada parkirne kočnice vrši se upuštanjem vazduha pod pritiskom preko elektropneumatskog ventila kojim se upravlja električnim prekidačem KEP-20. U slučaju kada u kočnom sistemu nema vazduha pod pritiskom, parkirna kočnica deblokira se ručno povlačenjem klina za zabravljivanje prenosnog mehanizma u prednji položaj. Ponovno zabravljivanje prenosnog mehanizma je automatizovano, a realizuje se onog trenutka kada se vazduh pod pritiskom upusti u kočne cilindre.

Na slici 7 prikazana su oba tipa blok cilindra sa regulatorom BCRH (sa i bez parkirne kočnice), koji u radu obezbeđuju sledeće funkcije:

- pneumatsko kočenje
- jednosmerno održavanje zazora (kočna papuča - točak)
- mehaničko kočenje (parkirna kočnica)
- mogućnost ručnog otkočivanja
- ručno vraćanje regulatora u početni položaj prilikom zamene kočnih umetaka



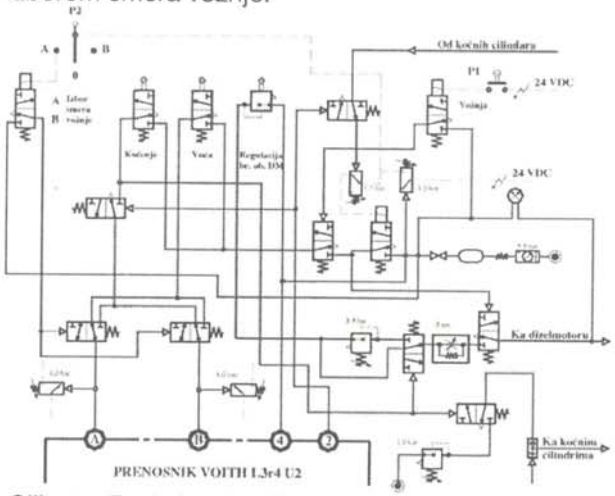
Slika 7 - Blok cilindri sa regulatorom BCRH-120N i BCRH-120NPS

Konstrukciju blok cilindra sa regulatorom BCRH karakteriše odsustvo kočnog polužja za multiplikaciju kočne sile. Umesto kočnog polužja primenjen je hidraulički multiplikator sile (princip hidrauličke vage), koji multiplicira silu klipa kočnog cilindra i prenosi je preko prenosnog mehanizma sa regulatorom na kočne papuče.

Blok cilindar sa regulatorom BCRH može da koči samo sa jedne, ili sa obe strane točka, u zavisnosti od načina njegovog vezivanja. Fiksni način vezivanja za postolje blok cilindra sa regulatorom BCRH, odgovara slučaju kada se točak koči sa jedne strane. Kada se točak koči sa obe strane, blok cilindar sa regulatorom BCRH se vezuje za sistem visilica.

3. SISTEM ZA UPRAVLJANJE

Upravljanje dizelhidrauličnom lokomotivom DHL-735 obavlja se posredstvom elektropneumatskog sistema. Funkcionalna šema ovog sistema prikazana je na slici 8. Ovaj sistem obezbeđuje veoma jednostavno i sigurno rukovanje i adekvatnu zaštitu svih sistema na lokomotivi. Komande sistema za upravljanje čine poluga za zakretanje bregastih mehanizama i dva električna prekidača. Polugom sa bregastim mehanizmima komanduje se istovremeno promenom broja obrtaja dizelmotora, uključenjem prenosa hidrodinamičkog prenosnika snage i kočenjem pomoću prenosnika snage. Električnim prekidačima komanduje se uključenjem sistema za upravljanje i izborom smera vožnje.



Slika 8 - Funkcionalna šema sistema za upravljanje lokomotive DHL-735

Sistem za upravljanje dizelhidrauličnom lokomotivom tip DHL-735 koncipiran je tako da u svakom trenutku, uz odgovarajuće zaštite, obezbeđuje sledeće funkcije:

- priprema vazduha za upravljanje i održavanje pritiska,
- uključenje i isključenje sistema za upravljanje,
- komandovanje brojem obrtaja dizelmotora,
- izbor smera vožnje,
- komandovanje hidrodinamičkim prenosnikom snage,
- kočenje prenosnikom snage u kombinaciji sa pomoćnim pneumatskim kočenjem,
- indikacija smera vožnje i
- zadržavanje lokomotive u zakočenom stanju do deblokade sistema za upravljanje.

4. PROTIVKLIZNA ZAŠTITA

Rad manevarskih lokomotiva, kao i rad lokomotiva uopšte, praćen je nizom uticaja koji u pojedinim fazama rada dovode do neželjenih pojava, a ove ukoliko su učestale i intenzivne mogu da izazovu i veće havarije na lokomotivi. Pojava proklizavanja pogonskih točkova lokomotive pri malim brzinama poznata je još od pojave prve lokomotive. Nagli priraštaj vučne sile, ili nagli pad koeficijenta adhezije, osnovni su uzroci proklizavanja pogonskih točkova lokomotive. Nekontrolisani priraštaj vučne sile, tj. ubrzanja, posledica je nedovoljne elastičnosti i efikasnosti regulacionog sistema pogonske grupe i nezaobilaznog uticaja u upravljanju koji ima rukovaoc. Na promenljivost koeficijenta adhezije utiče više faktora, ali oni neće biti razmatrani u ovom radu.

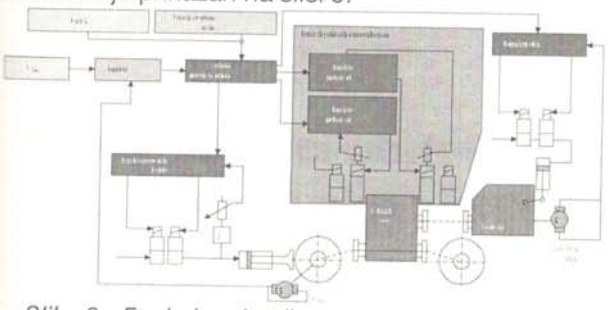
Kod intenzivnog i nekontrolisanog kočenja nije retka pojava blokiranja točkova, te dolazi do klizanja blokiranih točkova lokomotive po šinama. Kao posledica javljaju se ravna mesta na točkovima lokomotive, te kao takvi moraju da idu na obradu po krugu kotrljanja.

Pri proklizavanju pogonskih točkova, dolazi do pojave neželjenih torzionih oscilacija, koje vremenom dovode do zamora materijala i loma osovine. Udari koji se javljaju tom prilikom, prenose se posredstvom transmisionog sistema i na druge delove lokomotive. Sa energetskog stanovišta, proklizavanje pogonskih točkova je nesumnjivo čist energetski gubitak. Nesumnjivo je da proklizavanje pogonskih točkova za krajnju posledicu ima povećanje vremena imobilizacije i ukupnih materijalnih troškova.

U poslednje dve decenije, razvojem mikroprocesorske tehnologije i uvođenjem računara na lokomotive, ostvareno je kontrolisano upravljanje svim sistemima, kao i praćenje i beleženje svih relevantnih parametara u toku rada. Ovo je omogućilo da se konačno za sva vremena

eliminiše problem sa proklizavanjem i blokiranjem točkova na lokomotivi, kao i da se isključi do sada nezaobilazni faktor rukovaoc.

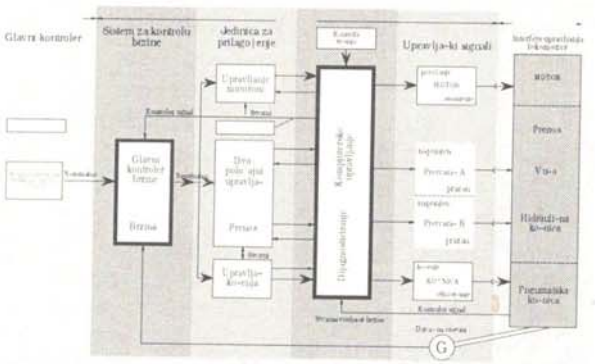
Krauss Maffei i VOIGHT udruženim snagama uspešno su rešili problem proklizavanja i blokiranja pogonskih točkova na dizelhidrauličnim lokomotivama. Ovaj sistem protivklizne zaštite šematski je prikazan na slici 9.



Slika 9 - Funkcionalna šema protivklizne zaštite

Na slici 10 prikazan je blok dijagram najsavremenijeg sistema za upravljanje, kontrolu, zaštitu, samodijagnosticiranje i trajno beleženje svih bitnih parametara u toku rada lokomotive.

Upravljanje lokomotivom posredstvom uređaja za kontrolu brzine dalo je izvanredne rezultate u eksploataciji, što se ogleda u znatnom povećanju efikasnosti, značajnoj uštedi energije, povećanju sigurnosti i svođenjem vremena imobilizacije na minimum, a sve je to praćeno veoma dobrim finansijskim efektima.



Slika 10 - Blok dijagram uređaja za kontrolu brzine

LITERATURA

[1] Dragoslav Pajić: "KOČNICE", Beograd 1970.

[2] Jovan Todorović: "KOČENJE MOTORNIH VOZILA", Zavod za udžbenike Beograd 1988.

[3] Krauss Maffei: "Anti-wheelslip and anti-wheelskid device", München 1993.

[4] Krauss Maffei: "Speed Control for Shunting Operations", München 1993.

[5] MZT HEPOS AD: Tehnički opis blok cilindra sa regulatorom, Skoplje 1998.

[6] MZT HEPOS AD: Tehnički opis dvokomornog sušača vazduha, Skoplje 1998.

[7] MZT HEPOS AD: Tehnički opis elektro kočnika FA-3e, Skoplje 2000.

[8] Zdravko Valter: "DIZELELEKTRIČNE LOKOMOTIVE", Školska knjiga,Zagreb 1985.

Sila u spojnici obrtnih postolja lokomotive serije 461 i naponsko stanje rama obrtnog postolja

*Dušan Milutinović, Simo Mirković**

Rezime *- Od početka eksploatacije lokomotiva serije 461 JŽ na našim prugama javljaju se naprsline na njihovim ramovima obrtnih postolja. U radu su dati rezultati proračunske analize (metodom konačnih elemenata) naponskog stanja rama obrtnog postolja lokomotive pod dejstvom relevantnih sila koje se javljaju u realnim eksploatacijskim uslovima i posebno pod dejstvom sile u spojnici obrtnih postolja. Rezultati proračuna, koji se odnose na mesta koncentracija napona, upoređeni su sa podacima iz eksploatacije o mestima pojave naprslina na ramu obrtnog postolja. Upoređenje potvrđuje značajan uticaj veličine dinamičkih sila u spojnici obrtnih postolja na pojavu naprslina na ramu obrtnog postolja, posebno na širem srednjem poprečnom nosaču i na nosaču spojnice. Analizirani su i mogući uzroci pojave visokih dinamičkih opterećenja u spojnici obrtnih postolja lokomotive.*

Ključne reči *- železničko vozilo, ram obrtnog postolja, naponsko stanje, MKE proračun.*

1. UVOD

Prve elektrolokomotive serije 461 isporučene su ŽTP-u "Beograd" 1972. godine. Te lokomotive, predviđene za teške uslove eksploatacije, imaju dva troosovinska obrtna postolja spojena specijalnom elastičnom tzv. poprečnom spojnicom, koja treba da obezbedi ulazak i izlazak vozila iz krivine sa manjim dinamičkim opterećenjima i, u krajnjem slučaju, smanji istrošenja točkova na prugama sa velikim učešćem krivina malog poluprečnika.

Na zavarenim konstrukcijama ramova obrtnih postolja lokomotive predviđeni su posebni nosači (tzv. "rude") za obezbeđenje veze dva obrtna postolja preko elastične poprečne spojnice. Oblik i položaj tih nosača obezbeđuje prenošenje na ram dinamičkih sila, koje se javljaju u spojnici kao posledica složenog kretanja oba spojena obrtna postolja i vozila u celini. Složeno dinamičko opterećenje rama obrtnog postolja, koje se javlja u toku kretanja lokomotive, izaziva u njemu naponsko stanje sa maksimalnim dinamičkim naponima koji mogu biti uzrok pojava zamornih naprslina.

U toku eksploatacije lokomotiva serije 461 javljale su se, i sada se javljaju, zamorne naprsline ramova obrtnih postolja. Popravka uočenih naprslina na ramu zahteva značajno vreme i velika finansijska sredstva, pa zbog toga već duže vreme i proizvođač i korisnik pokušavaju da utvrde osnovne uzroke pojave naprslina, što je, svakako, osnovni preduslov za njihovo sprečavanje. U tom cilju su kod nas u okviru jednog šireg istraživačkog projekta [7] realizovane proračunske analize naponskih stanja rama obrtnog postolja pod dejstvom merodavnih opterećenja definisanih u UIC objavi 615-4 [6].

U ovom radu su prvo analizirana mesta pojave naprslina utvrđenih u toku eksploatacije lokomotiva, a onda je učinjen pokušaj da se, na osnovu rezultata proračuna naponskog stanja rama obrtnog postolja, ukaže na vrlo verovatni uticaj dinamičkih sila u poprečnoj spojnici obrtnih postolja lokomotive na pojavu naprslina rama. Proračuni su sprovedeni pomoću metode konačnih elemenata za nekoliko dominantnih slučajeva opterećenja, a mesta pojave maksimalnih napona su upoređena sa mestima pojave naprslina na ramu u toku eksploatacije lokomotiva.

*Dr Dušan Milutinović dipl.maš.inž., viši naučni saradnik, Simo Mirković dipl.maš.inž, projektant saradnik, Saobraćajni institut CIP, Nemanjina 6/IV, Beograd, e-mail: aradosav@eunet.yu

2. NAPRSLINE RAMA OBRTNOG POSTOLJA LOKOMOTIVE SERIJE 461

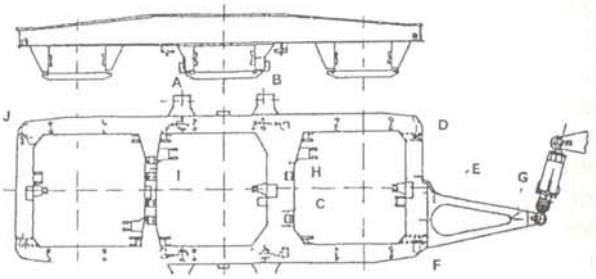
Analiza učestanosti i mesta pojave naprslina na ramovima obrtnih postolja lokomotiva serije 461 rađena je za period od 1990. do 1998. godine. U tom periodu od ukupno 78 lokomotiva (inventarsko stanje na dan 1.1.1998. god.) na ramovima obrtnih postolja čak 59 lokomotiva, ili preko 75 %, utvrđene su naprsline i zbog toga su vršene popravke zavarivanjem. Pored toga, na velikom broju lokomotiva su i nakon popravke rama zavarivanjem, posle određenog perioda eksploatacije, ponovo utvrđene naprsline rama. Tako je 18 lokomotiva bilo dva puta, 9 lokomotiva tri puta, a jedna lokomotiva je bila čak četiri puta na popravci rama u periodu od 26.9.1991. god. (prva popravka) do 21.6.1995. god. (poslednja popravka). U celom posmatranom periodu utvrđene su naprsline na ukupno 147 ramova obrtnih postolja, računajući i ramove lokomotiva koje su više puta bile na popravci zbog utvrđenih naprslina.

Prethodni podaci govore o masovnoj pojavi naprslina ramova obrtnih postolja i nesumnjivo pokazuju da se radi o sistematskoj grešci najverovatnije u konsrukciji rama, ali, u svakom slučaju, o pojavi dinamičkih opterećenja u eksploataciji, čija su posledica, na pojedinim mestima rama, naponska stanja koja stvaraju uslove za pojavu zamornih naprslina. Analiza pojave naprslina po godinama pokuzuje da je najveći broj zavarenih (popravljenih) obrtnih postolja bio 1991. i 1992. godine (1992. čak 61 obrtno postolje). Kasnijih godina taj broj je sve manji, ali je to, najverovatnije, uglavnom posledica drastičnog smanjenja saobraćaja, a ne eventualno preduzetih mera na otklanjaju uzroka pojave naprslina.

Detaljnija analiza mesta pojave naprslina pokazuje mogućnost definisanja zona na ramu obrtnog postolja u kojima se naprsline javljaju. Na sl. 1 prikazan je ram obrtnog postolja na kome su simbolično označene zone pojave naprslina u eksploataciji i obeležene slovima, a u tabeli 1 je dat broj pojava naprslina za svaku zonu i njihovo procentualno učeće u odnosu na ukupan broj pojava naprslina. Ovde treba napomenuti da je analiza mesta pojave naprslina rađena za nešto manji broj ramova, odnosno samo za ramove za koje se raspolagalo odgovarajućim podacima.

Na osnovu podataka sa sl. 1 i iz tabele 1 odmah se može primetiti da se zone sa najviše pojava naprslina nalaze na ramu u oblastima bliže poprečnoj spojnici za vezu obrtnih postolja lokomotive. Zone sa najvećim brojem naprslina su zone: C, E i G, s tim što je u zoni C (levi deo šireg poprečnog nosača) taj broj skoro dvostruko, odnosno četvorostruko veći u odnosu na zone E i G (zone na nosaču poprečne spojnice), respektivno. U zoni C naprsline se javljaju na gornjoj, vertikalnoj i donjoj ploči i, skoro u svim slučajevima, u oblasti u kojoj počinje proširenje nosača (sl. 2), dok se u zonama E i G naprsline javljaju po celom preseku, ali značajno više u korenu konzolnog nosača (zona E). Može se uopšteno reći da se naprsline pojavljuju na svim poprečnim nosačima rama i na nosaču poprečne spojnice, a da je broj naprslina na poprečnom nosaču veći što je on bliži poprečnoj spojnici.

Skup podataka o pojavama naprslina na ramovima obrtnih postolja prikupljen je iz više izvora i zbog toga nije bio kompletan i jedinstven, odnosno za neke naprsline nisu dati svi podaci. Za analizu su korišćeni samo podaci u okviru kojih je dat broj lokomotive i jasno naznačeno mesto pojave naprsline. Analizom su obuhvaćeni ramovi obrtnog postolja sa dve različite konstrukcije nosača poprečne spojnice. Konstrukcija nosača koja se vidi na sl. 1 je osnovna konstrukcija, a konstrukcija čiji je oblik modeliran za potrebe proračuna naponskog stanja predstavlja deo rama, koji je rekonstruisan u cilju sprečavanja pojave naprslina. Rekonstruisani ram je u obliku modela sa mrežom konačnih elemenata prikazan na sl. 3. Međutim, i na rekonstruisanom ramu obrtnog postolja javljaju se zamorne naprsline, a u skupu podataka o naprslinama nema podataka o tome na kom se ramu one pojavljuju: osnovnom ili rekonstruisanom. Takvi podaci bi doprineli lakšem otkrivanju uzroka pojave naprslina.



Slika 1 Raspored zona pojave naprslina na ramu obrtnog postolja elektrolokomotive serije 461

Na sl. 2 je, kao izrazit primer, prikazana snimljena naprslina na širem poprečnom nosaču popravljena zavarivanjem i navarivanjem dodatne ploče. Na slici se vidi da se naprslina većim delom prostirala po preseku, koji se nalazi na granici odakle počinje proširenje šireg poprečnog nosača. Prikazana popravka predstavlja tipičan primer zavarivanja velikih naprslina uz veliko unošenje toplote sa značajnim promenama strukture materijala u okolini varova. Bez naknadnog rekristalizacionog žarenja, popravljena mesta ostaju sa velikim zaostalim naponima i postaju izvor

Tabela 1: Broj pojava naprslina na ramovima obrtnih postolja u zonama označenim na sl. 1

Zona pojave naprsline	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Ukupno
Broj naprslina	3	5	50	6	27	2	13	2	1	4	113
Procenat u odnosu na ukupan broj naprslina	2,7	4,4	44,2	5,3	23,9	1,8	11,5	1,8	0,9	3,5	100,0

novih zamornih inicijalnih naprslina, pošto zaostali naponi od zavarivanja mogu dostići nivo napona, koji se javljaju kao posledica eksploatacijskih opterećenja, pa čak i vrednost granice elastičnosti materijala [3]. Zbog toga se i dešava da se lokomotive sa popravljenim ramovima, posle relativno kratke eksploatacije, ponovo nađu na popravci zbog pojave naprslina na njima. Na slici se, desno od nove, vidi i stara zavarena naprslina, što potvrđuje prethodni zaključak o neefikasnosti popravke naprslina samo zavarivanjem.

Slika 2 Zavarena naprslina na širem srednjem poprečnom nosaču rama obrtnog postolja

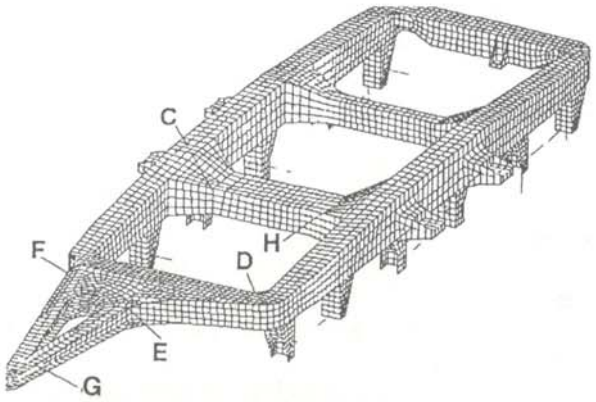
3. PRORAČUN NAPONSKOG STANJA RAMA OBRTNOG POSTOLJA

3.1 Model i opterećenja

Proračun rama obrtnog postolja izvršen je korišćenjem metode konačnih elemenata. Model za proračun, prikazan na sl 3, formiran je na osnovu podataka dobijenih snimanjem realnih dimenzija rama obrtnog postolja lokomotive 461-014. Mrežu konačnih elemenata modela čine tri vrste elemenata, a osnovni su pločasti konačni elementi kojima su modelirani svi nosači rama.

Elastično oslanjanje rama, odnosno paketi gumeno-metalnih opruga između rama i kućišta ležajeva osovinskih sklopova, simulirano je specijalnim kombinovanim elastično-prigušnim konačnim elementima. Elementi su u modelu postavljeni u skladu s njihovim ponašanjem, odnosno za svaki pravac dejstva gumeno-metalnih opruga po jedan element. Na mestu prvog i trećeg osovinskog sklopa krutost u poprečnom pravcu je 34,1 kN/cm, a u vertikalnom 12,3 kN/cm. Na mestu srednjeg osovinskog sklopa poprečna krutost je 14 kN/cm, a vertikalna 7 kN/cm. Ovi elementi imaju po dva čvora od kojih je jedan vezan za model rama, a drugi za oslonac, koji sprečava pomeranje samo u pravcu dejstva elastičnog elementa.

Korišćen je i treći tip konačnog elementa – elastična greda sa dva čvora i šest stepeni slobode u svakom čvoru. Izabrani gredni element prenosi pritisak, istezanje, savijanje i uvijanje. U modelu postoji šest takvih elemenata i svaki od njih nalazi se ispod svakog para vodilica osovinskih sklopova. Na realnim obrtnim postoljima ovi elementi imaju oblik kutijastog profila pravougaonog poprečnog preseka 12x6 cm, dok je debljina lima 0,9 cm. Kako ovi elementi ne čine jedinstvenu celinu sa ramom, nisu izmodelirani preko površinskih konačnih elemenata već je njihov uticaj uzet u obzir preko elastičnih greda. Naponi koji se javljaju u čvorovima u kojima su ostvarene veze između ovih grednih elemenata i površinskih elemenata rama nisu uzeti u obzir zbog toga što veza u tački ne odgovara realnosti. Isto važi i za veze elastičnih elemenata sa ramom obrtnog postolja.



Slika 3 Mreža konačnih elemenata modela

Debljine pločastih elemenata u modelu određene su merenjem debljina limova na ramu obrtnog postolja. Karakteristično za model je da on u pogledu geometrije u visokom stepenu oponaša realnu konstrukciju rekonstruisanog rama obrtnog postolja. Međutim, mora se napomenuti da model nije rađen na osnovu originalne konstrukcione dokumentacije, pa su moguće greške zbog zanemarenih eventualnih ukrućenja i/ili ojačanja u unutrašnjosti zatvorenih kutijastih

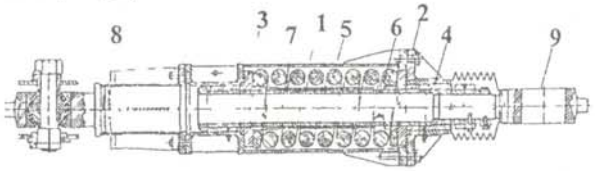
podužnih i poprečnih nosača i nosača zavarenih za njih. Model se sastoji od 8185 elemenata i 8060 čvorova.

U studiji [6] su dati rezultati proračuna korišćenjem prethodno opisanog modela za 17 merodavnih slučajeva opterećenja definisanih na osnovu zahteva postavljenih u objavi UIC 615-4 [5]. Ti slučajevi opterećenja predstavljaju kombinaciju različitih uslova kretanja i sila koje deluju na ram, a uzimaju se u obzir pri proračunu.

Od sila koje deluju na ram obrtnog postolja u eksploataciji u okviru različitih slučajeva opterećenja simulirane su:

- vertikalne sile na osloncima vešalica i osloncima motora,
- bočne sile na osloncima vešalica i bočnom graničniku,
- uzdužne sile na osloncima krajnjih osovina i
- sila na mestu spoja poprečne spojnice.

Pored navedenih koncentrisanih sila opterećenje je simulirano i promenom vertikalnog položaja krajnjih oslonaca u negativnom i pozitivnom smeru (similacija prelaska preko izvitoperenog dela pruge).



Slika 4 Poprečna spojnica elektrolokomotive serije 461:1 - kućište spojnice, 2 - desni poklopac kućišta, 3 i 4 - levi i desni klizni oslonac opruge, 5 - opruga, 6 – vođica opruge, 7 -distanciona čaura, 7 - levi poklopac sa ušicom, 9 - desna ušica

Za različite kombinacije vrednosti sila i vertikalnog položaja oslonaca simulirano je kretanje vozila na pravcu, kretanje u levoj i desnoj krivini i ulazak u levu i desnu krivinu i izlazak iz leve i desne krivine. Za svaki od 17 slučajeva opterećenja utvrđena su mesta pojave i veličina maksimalnih napona.

U ovom radu posebno je analiziran uticaj sile u poprečnoj spojnici obrtnih postolja, čije je konstrukciono rešenje prikazano na sl. 4, na naponsko stanje rama obrtnog postolja. Razlog je karakteristična pojava naprslina ramova u eksploataciji na mestima (sl. 1), koja ukazuju da je mogući uzrok njihove pojave baš prevelika sila u poprečnoj spojnici. U cilju eventualne potvrde te pretpostavke za proračun je postavljeno pet slučajeva opterećenja:

1. Kombinovano opterećenje koje odgovara normalnim opterećenjima definisanim u objavi UIC 615-4, koja se javljaju pri ulasku lokomotuive u levu krivinu, ali bez sile u poprečnoj spojnici (obrtna postolja nisu spojena),
2. Kombinovano opterećenje kao u prvom slučaju sa silom u spojnici od 74 kN,
3. Kombinovano opterećenje kao u prvom slučaju sa silom u spojnici od 100 kN,
4. Samo dejstvo sile u poprečnoj spojnici od 74 kN i
5. Samo dejstvo sile u poprečnoj spojnici od 100 kN.

U nedostatku izmerenih vrednosti, sila u poprečnoj spojnici je posebno analizirana i određena je na osnovu relevantnih podataka o opruzi dobijenih sa crteža (5 na sl. 4). Korišćenjem poznatog obrasca izračunata je krutost opruge i dobijena vrednost od c = 8,98 kN/cm. Na osnovu te vrednosti i podatka o dužinama neopterećene opruge i opruge montirane u spojnici (predopterećenje), izračunata je veličina prethodnog (montažnog) sabijanja opruge od 53,9 kN. Sila pri maksimalnom sabijanju opruge je izračunata za radni elastični hod spojnice od 22,5 mm (zazor između kliznih oslonaca opruge 3 i 4 i distancione čaure 7) i ona iznosi 74,1 kN (slična vrednost se dobija i iz dijagrama krutosti u literaturi [4]).

U toku eksploatacije vozila, pri ulasku i izlasku iz krivina malog poluprečnika, nakon poništavanja elastičnog hoda spojnice, javlja se praktično kruti udar, kada sile u spojnici značajno rastu. I bez odgovarajućih merenja može se sa relativno velikom sigurnošću tvrditi da se ti dinamički udari u eksploataciji često dešavaju i da se u poprečnoj spojnici javljaju dinamičke sile znatno veće od maksimalne sile u opruzi. Tako velike dinamičke sile se prenose preko nosača poprečne spojnice na osnovni deo rama obrtnog postolja. Zbog toga je za proračun usvojena maksimalna vrednost dinamičke sile od 100 kN. Ta vrednost dinamičke sile, koja se, zbog vrlo složene dinamike sistema "sanduk – obrtna postolja Đ pruga", može eventualno potvrditi samo merenjem, usvojena je na osnovu poznatih koeficijenata dinamičnosti, koji se u objavi UIC 615-4 koriste za definisanje vertikalnih dinamičkih sila, koje se javljaju u eksploataciji. Vrednosti dinamičkih sila navedene u objavi treba da se koriste pri ispitivanju čvrstoće rama obrtnog postolja na probnom stolu. U slučaju našeg proračuna korišćen je koeficijent 1,35, dok se u tački 3.1 objave koristi koeficijent 1,4, a za izuzetno teške uslove eksplatacije preporučuje koeficijent 2).

Visoke dinamičke sile u poprečnoj spojnici mogu se javiti i prilikom njenog blokiranja, koje se, relativno često, javljalo u eksploataciji lokomotiva 461 na našim prugama, pa su preduzimani i neki

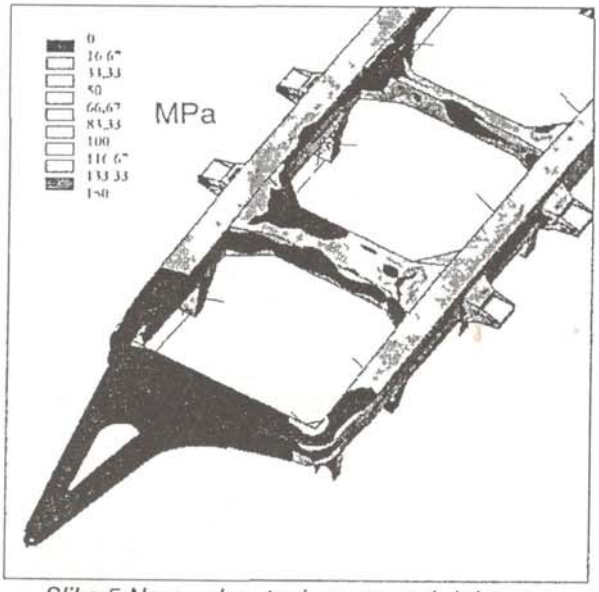
konstrukcioni zahvati u cilju izmene kliznih oslonaca opruge (3 i 4 na sl. 4) da bi se izbeglo njihovo zaglavljivanje pri klizanju po vsfici opruge (6).

3.2 Rezultati proračuna i analiza rezultata

Za svih pet u prethodnoj tački definisanih slučajeva opterećenja proračunom metodom konačnih elemenata dobijena su naponska stanja rama obrtnog postolja lokomotive serije 461. Na slikama 5, 6 i 7 prikazani su dobijeni proračunski rezultati za prvi, treći i peti slučaj opterećenja, respektivno. Slike prikazuju naponska stanja u ramu obrtnog postolja u obliku izonaponskih polja ekvivalentnih (idealnih) napona računatih prema Huber-Mizes-Henkijevoj hipotezi o razaranju materijala.

Naponsko stanje rama obrtnog postolja, dobijeno za kombnnovano opterećenje, koje odgovara ulasku vozila u levu krivinu, ali bez sile u poprečnoj spojnici (sl. 5), pokazuje koncentracije napona na srednjim podužnim nosačima i veće nivoe napona na užem nego na širem srednjem poprećnom nosaču. Uvođenjem sile u poprečnoj spojnici (sl. 6) javljaju se izrazite koncentracije napona na nosaču poprečne spojnice i pomeranje viših nivoa napona sa užeg na širi poprečni nosač, koji je bliži nosaču spojnice. Naponsko stanje prikazano na sl. 7 dobijeno za slučaj dejstva samo sile u poprečnoj spojnici pokazuje visoke naponske nivoe u celoj oblasti nosača poprečne spojnice i na prednjem i širem srednjem poprečnom nosaču rama. Mesta pojave koncentracije napona i na sl. 6 i na sl 7 poklapaju se sa mestima pojave naprslina u eksploataciji (sl. 1). Mesta najčešće pojave naprslina u zonama C, E i G, pa i D, na sl. 1, u potpunosti odgovaraju mestima sa visokim naponima na slikama 6 i 7 (mesta promene poprečnog preseka šireg srednjeg poprečnog nosača, veze prednjeg poprečnog sa podužnim nosačima i mesta veze nosača poprečne spojnice sa prednjim poprečnim nosačem i sa poprečnom spojnicom).

Prethodno utvrđeno poklapanje mesta na ramu obrtnog postolja sa proračunatim visokim nivoom napona i mesta pojave naprslina u eksploatciji ukazuje na to da su velike dinamičke sile u poprečnoj spojnici vrlo verovatni uzrok pojave naprslina. Moguću pojavu zamora materijala, odnosno inicijalnih zamornih naprslina, potvrđuju i veličine napona dobijene proračunom na mestima (u odgovarajućim čvorovima modela) označenim na sl. 3, koja odgovaraju mestima pojave naprslina (sl. 1).



Slika 5 Naponsko stanje rama pod dejstvom kombinovanog opterećenja bez sile u poprečnoj spojnici (1. slučaj opterećenja)

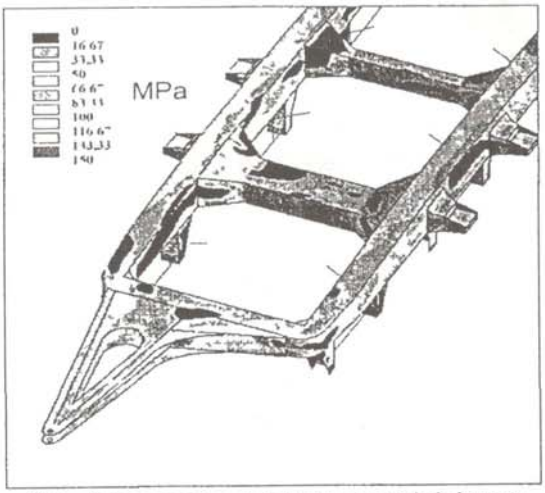
Proračunate vrednosti prikazane su u tabeli 2 za svih pet slučajeva opterećenja, koji su definisani u prethodnoj tački.

Podaci iz tabele 2 pokazuju povećanje napona na pojedinim mestima rama obrtnog postolja uvođenjem sile u poprečnoj spojnici. Sumarno dejstvo sile u spojnici od 74 kN i kombinovanog opterećenja definisanog u prethodnoj tački (što odgovara 2. slučaju opterećenja iz tabele 2) daje povećanje napona na mestima C i D za 2,1 puta u odnosu na dejstvo samo kombinovanog opterećenja, dok povećanje sile u spojnici na 100 kN (3. slučaj) na istim mestima daje povećanje napona za 2,5 puta. Samo dejstvo sile u poprečnoj spojnici od 74 kN (4. slučaj) daje, na mestima C i D, povećanje napona za 9% i 39 % u odnosu na dejstvo samo kombinovanog opterećenja bez sila u spojnici (1. slučaj) Za dejstvo samo sile u spojnici od 100 kN (5. slučaj) to povećanje napona u odnosu na dejstvo samo kombinovanog opterećenja je još veće (44% i 85% za mesta C i D, respektivno).

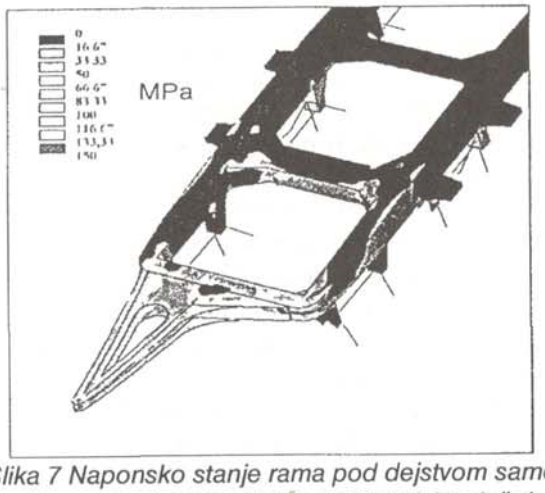
Na kritičnim mestima na nosaču poprečne spojnice (tačke E, F i G) logična je pojava značajnih napona nastalih uvođenjem sile u spojnici sa i bez dejstva kombinovanog opterećenja. Maksimalne vrednosti napona, koje se pri tom dobijaJu, su na mestu G (neposredna blizina spoja nosača spojnice sa poprečnom spojnicom), na kome je za 3. i 5. slučaj opterećenja dobijena vrednost od 126,8 MPa.

Tabela 2: Ekvivalentni naponi u MPa dobijeni proračunom na mestima na ramu označenim na sl. 3

Mesto na ramu obrtnog postolja	C	D	E	F	G	H
1 slučaj opterećenja: kombinovano opterećenje bez sile u spojnici	42,1	47.,8	0,6	8,1	0,1	44,9
2. slučaj opterećenja: kombinovano opterećenje sa silom u spojnici od 74 1 kN	89,1	99,4	83,2	32,4	95,1	38,7
3. slučaj opterećenja: kombinovano opterećenje sa silom u spojnici od 100 kN	103,8	120,9	110,7	43,8	126,8	59,1
4. slučaj opterećenja: samo sila u spojnici od 74 kN	45,8	66,6	82,4	36,6	95,1	64,4
5. slučaj opterećenja: samo sila u spojnici od 100 kN	60,7	89,4	110,0	48,2	126,8	86,2



Slika 6 Naponsko stanje rama pod dejstvom kombinovanog opterećenja sa silom u poprečnoj spojnici od 100 kN (3. slučaj opterećenja)



Slika 7 Naponsko stanje rama pod dejstvom samo sile u poprečnoj spojnici od 100 kN (5. slučaj opterećenja)

Mesto H predstavlja interesantan slučaj smanjenja napona, koje se javlja kao posledica uvođenja maksimalne radne sile u poprečnoj spojnici od 74 kN pri dejstvu kombinovanog opterećenja (2. slučaj opterećenja). Ta pojava nastaje verovatno usled preraspodele deformacija u ramu pri zajedničkom dejstvu sile u spojnici i kombinovanog opterećenja i zavisi od smera dejstva sile u spojnici.

Međutim, rezultati proračuna za 3. 4. i 5. slučaj opterećenja pokazuju povećanje napona i na tom mestu usled dejstva sile u poprečnoj spojnici.

Sve prethodno navedeno ponovo pokazuje vrlo veliki uticaj dinamičke sile u poprečnoj spojnici na povećanje veličine napona na mestima na kojima se javljaju naprsline na ramu u eksploataciji vozila.

Veličine proračunatih ekvivalentnih napona na mestima pojave naprslina u eksploataciji mogu se uporediti i sa dozvoljenim vrednostima dinamičkih napona dobijenih ispitivanjima na zamor, odnosno sa trajnim dinamičkim čvrstoćama materijala i zavarenih spojeva.

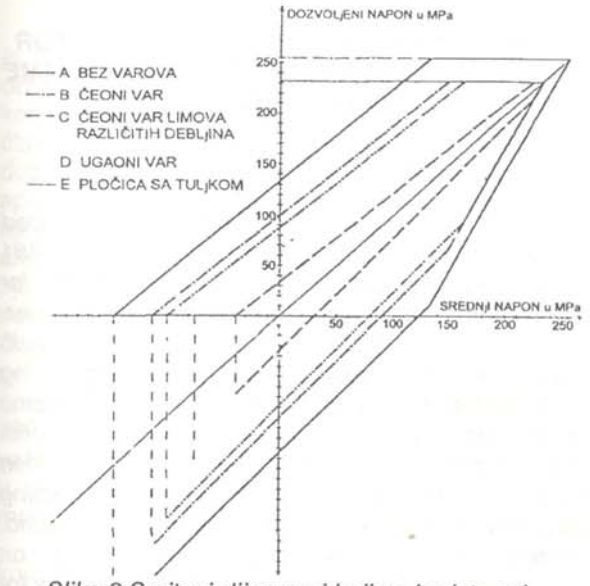
S obzirom da se radi o dinamičkoj čvrstoći (proračun na zamor) za poređenje se moraju koristiti Smitovi dijagrami (u stranoj literaturi češće nazvani Gudmanovi dijagrami). Za potrebe poređenja, odnosno provere čvrstoće, mora se odrediti i srednji radni ekvivalentni napon. Taj napon je za slučaj rama obrtnog postolja određen kao napon, koji se javlja na mestima za koje se vrši proračun, a koji je posledica samo statičkih opterećenja (vozilo stoji). Podaci dobijeni proračunom i prikazani u tabeli 2 su, pri tom, tretirani kao maksimalni dinamički naponi.

Prema objavi UIC 615-4, u cilju ocene dinamičke čvrstoće rama, maksimalne dinamičke napone dobijene ispitivanjem na probnom stolu treba porediti sa podacima iz Smitovih dijagrama datih u izveštaju Evropskog železničkog instituta ERRI V12/RP17 [2]. Ti dijagrami, koji se odnose na materijale za ramove obrtnih postolja (zatezne čvrstoće 420 MPa), omogućavaju da se, na

osnovu prethodno definisanih vrednosti srednjeg napona, odrede trajne dinamičke čvrstoće sa verovatnoćom od 50% i 90%. Međutim, treba napomenuti da se Smitovi dijagrami navedeni u izveštaju ERRI V12/RP17 koriste za proveru rezultata ispitivanja na zamor ramova obrtnih postolja na probnom stolu. Oni se ne preporučuju za korišćenje pri projektovanju ramova obrtnih postolja, zbog toga što pri ispitivanju na probnom stolu nema simulacije inercijalnih sila koje se javljaju u eksploataciji.

Smitovi dijagrami, korišćeni u ovom radu, formirani su posebno za korišćenje pri projektovanju ramova obrtnih postolja, a dobijeni su kao rezultat obimnih i složenih istraživanja zamora obavljenih u laboratorijama SNCF-a i GEC ALSTHOM-a [4]. Oni su dobijeni kao rezultat ispitivanja na zamor različitih epruveta i mogu se koristiti pri projektovanju i verifikaciji konstrukcija obrtnih postolja. Smitovi dijagrami, formirani na osnovu rezultata ispitivanja, prikazani su na sl. 8, a postavljeni su za pet različitih tipskih mesta na ramu, za koje se vrši proračun dinamičke čvrstoće:

1. Slučaj A: čist lim (čelična ploča) bez varova,
2. Slučaj B: čeoni var limova istih debljina,
3. Slučaj C: čeoni var limova različitih debljina,
4. Slučaj D. var pod pravim uglom, i
5. Slučaj E: ploča sa tuljkom (zavarenom čaurom) ili drugi slučaj velikog uticaja zavarenog spoja na koncentraciju napona.



Slika 8 Smitovi dijagrami koji se koriste pri projektovanju ramova obrtnih postolja

Dijagrami na sl. 8, koji se preporučuju i od strane Evropskog železničkog instituta (izveštaj ERRI V 12/RP 60 [5]), pokazuju drastične razlike u trajnim dinamičkim čvrstoćama, odnosno dozvoljenim naponima na pojedinim mestima konstrukcije rama obrtnog postolja. Za naizmenično promenljive radne napone (srednji napon je jednak nuli) dozvoljeni naponi su od oko 35 MRa (za slučaj ploče sa tuljkom) do oko 135 MPa (za slučaj čistog lima bez varova), što je za skoro četiri puta više. To jasno pokazuje koliko je značajan problem određivanja dozvoljenih kritičnih napona na zamor za tako složene konstrukcije kao što je ram obrtnog postolja.

Analiza dnamičke čvrstoće rama obrtnog postolja lokomotive serije 461 sprovedena je za kritična mesta sa najčešćom pojavom naprslina u eksploataciji (mesta C, E i G na slikama 1 i 3).

Kritično mesto C na širem srednjem poprečnom nosaču je posebno interesantno pošto se na njemu javlja skoro polovina od ukupnog broja naprslina utvrđenih u eksploataciji (44.2%). Tako visok procenat učešća pojave naprslina na tom mestu može se objasniti vrlo niskom vrednošću dozvoljenog napona, koji se dobija iz dijagrama sa sl. 8. Naime, zbog neposredne blizine zavarene cevi za pričvršćenje dela za oslanjanje elektromotora (sl. 2), za određivanje dozvoljenog napona na tom mestu mora se koristiti dijagram E sa sl. 8 dobijen za epruvetu oblika pločice sa zavarenim tuljkom. Dobijena vrednost dozvoljenog napona, čak i za relativno visoku vrednost srednjeg napona od 49 MPa (statički napon dobijen od dejstava samo vertikalnih statičkih sila), je još uvek vrlo mala – samo 77 MPa. Poređenje te vrednosti sa naponima iz tabele 2 pokazuje da su za 2. i 3. slučaj opterećenja radni naponi značajno veći od dozvoljenih.

Za mesta E i G (učešće broja naprslina u ukupnom broju je 23,9% i 11,5%, respektivno) za određivanje dozvoljenih napona u odnosu na pojavu zamornih naprslina korišćen je dijagram D dobijen za epruvete sa ugaonim varom. Dobijena vrednost dozvoljenog napona, za srednji radni napon jednak nuli, odnosno za naizmenično promenljivi radni napon, je 99,5 MPa. Ta vrednost je manja od proračunskih vrednosti napona za 3. i 5. slučaj opterećenja na mestima E i G, s tim što su razlike veće na mestu G (na mestu E verovatno postoje nepoznati izvori koncentracije napona, koji smanjuju njegovu dinamičku čvrstoću i povećavaju verovatnoću pojave naprslina).

Sve u svemu, i prethodna analiza dinamičke čvrstoće rama obrtnog postolja potvrđuje pretpostavku o velikim dinamičkim silama u poprečnoj spojnici kao vrlo verovatno osnovnom uzroku pojave naprslina u eksploataciji.

4. ZAKLJUČCI

Proračuni i analize obavljeni u okviru ovog rada predstavljaju samo prvu fazu složenog postupka utvrđivanja uzroka pojave naprslina na ramovima obrtnih postolja u eksploataciji lokomotiva serije JŽ 461 i, na osnovu toga, definisanja eventualnih rekonstrukcionih zahvata. Međutim, i rezultati te prve proračunske faze pokazuju da je, najverovatnije, velika dinamička sila, koja se javlja u poprečnoj spojnici obrtnih postolja, jedan od osnovnih uzroka masovne pojave naprslina na ramovima obrtnih postolja. U prilog tom zaključku, na osnovu rezultata proračuna naponskog stanja rama metodom konačnih elemenata i analize mesta pojave naprslina u eksploataciji, mogu se navesti dve u radu potvrđene činjenice:

1. Maksimalni naponi, dobijeni proračunom za slučajeve dejstva samo sile u spojnici i sile u spojnici sa kombinovanim opterećenjem koje simulira ulazak lokomotive u krivinu, javljaju se na mestima na ramu na kojima se javljaju naprsline u eksploataciji, i

2. Dozvoljeni naponi dobijeni za odgovarajuće uslove iz Smitovog dijagrama za mesta na ramu sa najvećim brojem naprslina su veći od radnih napona, koji se dobijaju proračunom, kad se uzme u obzir dejstvo sile u poprečnoj spojnici.

U vezi sa prethodnim, pri projektovanju novog ili rekonstrukciji postojećeg rama obrtnog postolja posebna pažnja se mora posvetiti određivanju merodavnih dozvoljenih napona (trajnih dinamičkih čvrstoća) u odnosu na koje će se vršiti dimenzionisanje na kritičnim mestima. Najnovija istraživanja u toj oblasti su usmerena ka određivanju što šireg dijapazona tipskih zavarenih spojeva za koje će se formirati Smitovi dijagrami, a koji će se koristiti pri projektovanju rama obrtnog postolja.

U cilju konačnog utvrđivanja uzroka pojave naprslina rama obrtnog postolja lokomotive serije 461 neophodno je realizovati dalja istraživanja u okviru kojih treba izvršiti merenja u realnim eksploatacijskim uslovima svih osnovnih opterećenja rama, a, pre svega, sile u poprečnoj spojnici, i napona na kritičnim mestima utvrđenim proračunom metodom konačnih elemenata. Nakon sprovedenih ispitivanja potrebno je izvršiti proračunsku analizu naponsko-deformacionog stanja i postaviti osnove za projektovanje prototipa rekonstruisanog rama obrtnog postolja. Pozitivni rezultati laboratorijskih i eksploatacijskih ispitivanja prototipa rama treba da potvrde početne pretpostavke o uzrocima pojave naprslina na staroj konstrukciji i verifikuju novu za dalju pouzdanu eksploataciju.

LITERATURA

[1] Dimitrov Ž., Todorov A., Rangelova V., Boršukov E.: Проблеми на междуталиговите съединители на електрическите локомотиви серия 46 на БДЖ, VIII internacionalni naučno-stručni simpozijum TEHNIKA ŽELEZNIČKIH VOZILA, Niš, oktobar1998.

[2] ERRI B12/RP17, Wagons, Programme of tests to be carried on wagons with steel underframe and body (suitable for being fitted with the automatic buffing and draw coupler) and on their cast steel frame bogies, Utrecht, November 1993.

[3] Lallet P., Rimbaud M.: Relaxation des contraintes residuelles de soudage, Revue generale des chemihs de fer, Fevrier 1995.

[4] Leluan A., Rimbaud M., Tourrade J.C.: Vers une codification du dimensionnement des bogies ferroviaires, Revue generale des chemins de fer, Octobre 1994.

[5] ERRI B12/RP60, Versuche zum festigkeitsnachweis an schienenfahrzeugen, Vorschriften fur die Ausfuhrung und fur zulassige Beanspruchungen, Utrecht, Juni 1995.

[6] UIC 615-4, Engine moteurs, Bogies et organes de roulement, Essais de resistance des structures de chassis de bogies, 1ére edition, 1.1.1994.

[7] Čukić R., Milutinović D. i grupa autora: Provera valjanosti konstrukcije ramova obrtnih postolja i točkova železničkih vozila, Saobraćajni institut CIP, Beograd, 1999.

BOGIE CONNECTING ASSEMBLY FORCE FOR LOCOMOTIVES SERIES 461 AND BOGIE FRAME STRESS STATE

Dusan Milutinović, Simo Mirković

Abstract *- Bogie frame cracks had been noticed since the first days of locomotive series 461 service in Yugoslavia. FEM analysis results for bogie frame stress state are given in this paper. Simulation was based upon relevant forces in service and in particularly on bogie connecting assembly force. Calculation results for bogie frame zones with notch effects were compared with bogie frame crack service data. Strong relation between dynamic forces in bogie connecting assembly and bogie frame cracks had been found, particularly on larger cross beam and on connecting assembly support. Possible reasons for large dynamic loads in bogie connecting assembly were also analysed.*

Key words *- railway vehicle, bogie frame, stress state, FEM calculation.*

Uticaj elektrovučnih vozila na rad šinskih strujnih kola

Gavrilović S. Branislav[1]

Rezime: *Istraživanja o smetnjama elektrovučnih vozila na šinska strujna kola danas u svetu su u punom zamahu. Principi zaštite od ometajućeg delovanja zasnivaju se uglavnom na iskustvu i rezultatima merenja, jer do sada nisu razrađene pouzdane metode proračuna. Sem toga, u svetu postoji veliki broj proizvođača sistema signalno-sigurnosnih uređaja, a gotovo da ne postoje međunarodne preporuke ili standardi, koji bi za pojedine sisteme signalno-sigurnosnih uređaja koji koriste šinska strujna kola precizno određivali dozvoljene granice smetnji. Standardi JUS N.CO.101 - 104 iz 1989.god. koji se odnosi na zaštitu telekominikacionih postrojenja od uticaja postrojenja i vodova elektrovuče, takođe nedovoljno precizno definišu ovu materiju. Zbog toga se u radu opisuje negativan uticaj povratne struje vuče na rad šinskih strujnih kola kako za slučaj zauzetog tako i za slučaj slobodnog koloseka. Pri ovoj analizi navode se i neki od rezultata matematičkog i eksperimentalnog modelovanja navedenog uticaja kod elektrovučnog sistema 25kV,50Hz, a koji se sprovode na Elektrotehničkom fakultetu u Čačku.*

Ključne reči: *elektrovučno vozilo, šinsko strujno kolo*

1. UVOD

Savet Evropskog komiteta 1989. god. doneo je "Direktivu 89/336/EEC o usaglašavanju zakona država članica u odnosu prema elektromagnetnoj kompatabilnosti" [1], koja obavezuje sve države članice Evropske ekonomske zajednice (EEZ) da dozvole proizvodnju, promet i upotrebu uređaja, aparata i opreme u svojim zemljama samo ako su njihove štetne emisije ispod dozvoljenih granica i ako su dovoljno otporni na spoljašnje uzroke smetnji. Od tada, širom Evrope, zakone o elektromagnetnoj kopatibilnosti primenjuju, bez obzira na članstvo u Evropskoj ekonomskoj zajednici, brojni proizvođači i uvoznici elektronske i električne opreme i uređaja. Tako je, na primer, Švajcarska od 1997. godine svoju regulativu potpuno prilagodila važećim propisima Evropske unije. Rusija je, takođe u svoj standard GOST-R uvrstila zahteve elektromagnetne kompatibilnosti još od 1996. godine.

Za pojedine sisteme veliki broj standarda koji se odnose na testiranje emisije i imunosti, razvijen je od strane Internacionalne elektrotehničke komisije (International Electrotehnical Comission - IEC) i prihvaćen od strane Evropskog tela za električne standarde – (Comite European de Normalisation Electrotechnigue – CENELEC). Ovi standardi, zajedno sa standardima za pojedine proizvode, pokrivaju veliki broj električnih sistema koja se koriste u različitim okruženjima.

Internacionalna elektrotehnička komisija je razvila niz osnovnih standarda elektromagnetne kompatabilnosti, kao seriju IEC 1000. Te standarde je prihvatio CENELEC kao seriju EN 61000.

Generalno gledano, u vezi sa elektromagnetnom kompatibilnosti, postoje tri grupe standarda :

– za maksimalne vrednosti interferentnosti i minimalne vrednosti susceptibilnosti,
– za merne procedure i
– za uređaje i opremu za testiranje.

U SRJ, problematika elektromagnetne kompatibilnosti obuhvaćena je samo jednim delom. Savezni zavod za standardizaciju, u okviru svojih mogućnosti, redovno prati, prikuplja i prevodi inostrane standarde i propise o elektromagnetnoj kompatibilnosti. Ipak, ne može se reći da je SRJ svoju regulativu potpuno prilagodila važećim propisima Evropske unije. Naime, jugoslovenski standardi o elektromagnetnoj kompatibilnosti JUS

[1] Mr Gavrilović S Branislav, dip. inž. el., ŽTP "Beograd" – Sekcija za Vuču vozova i TKS Užice

N.CO.101 do 104 sa obaveznom primenom od 1989. god., a koji se odnose na zaštitu telekomunikacionih postrojenja od uticaja postrojenja i vodova elektrovuče po oceni većine autora [2 i 3] ne samo da nema u potpunosti usklađene regulative sa članicama Evropske unije već i one koje ima da su često uopšteni i nedorečeni [3].

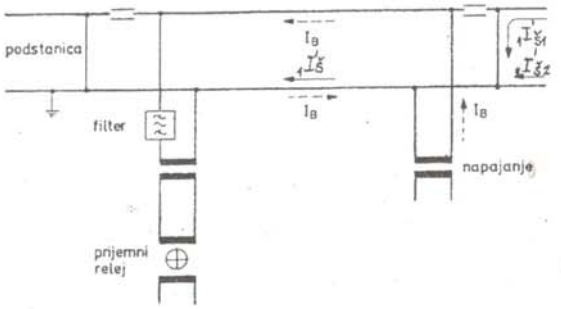
Železnica, kao sistem, ima niz izvora elektromagnetne interferentnosti. Sem toga, postoje i veliki broj eksternih izvora koji mogu bitno uticati na rad železničkih tehničkih sistema, a na taj način i na bezbednost odnosno urednost železničkog saobraćaja. Signalno-sigurnosni tehnički sistemi na železnici svakako su sistemi od izuzetne važnosti za uredan i bezbedan železnički saobraćaj pa je samim tim posebno važno pravilno sagledati njegovu elektromagnetnu kompatibilnost sa svim, a pogotovo sa onim ekstremnim izvorima elektromagnetne interferentnosti. S obzirom da se struja vuče kroz vozni i povratni vod kontaktne mreže javlja, bez obzira da li se šina koristi ili ne kao povratni vod, kao eksterni izvor elektromagnetne interferentnosti na rad signalno sigurnosnih uređaja to je sasvim razumljiva potreba da se u potpunosti istraži njihov međusobni uticaj. Ovo tim pre, kada signalno-sigurnosni uređaji koriste šinska strujna kola odnosno kada se šine koriste kao povratni vod kontaktne mreže.

Sagledavanjem elektromagnetne kompatibilnosti šinskih strujnih kola sa elektrovučnim vozilima kao i predlaganje načina za ostvarivanje njihovog nesmetanog rada u bilo kojem elektrovučnom sistemu pa i u monofaznom elektrovučnom sistemu 25kV, 50Hz koji se koristi na Jugoslovenskim železnicama, veoma je važno s obzirom da preko šinskih strujnih kola signalno-sigurnosni uređaj dobija izuzetno važne izvorne informacije o zauzetosti pojedinih koloseka, oštećenju železničkih šina, a u poslednje vreme i informacije koje se prenose na vučna vozila u pokretu. Zbog izuzetne važnosti prijema i obrade ovih informacija za bezbedan i uredan železnički saobraćaj, istraživanja uticaja struje vuče kroz vozni odnosno povratni vod kontaktne mreže na rad šinskih strujnih kola danas u svetu je u punom zamahu.

2 PRINCIP DELOVANJA ŠINSKIH STRUJNIH KOLA SA IZOLOVANIM SASTAVOM

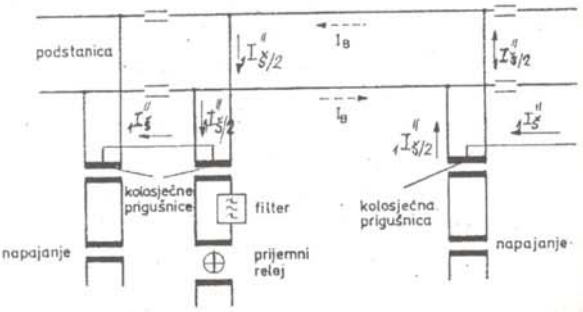
Da bi se što jasnije sagledao značaj istraživanja elektromagnetne kompatibilnosti šinskih strujnih kola sa elektrovučnim vozilima odnosno strujom vuče kroz vozni i povratni vod kontaktne mreže najpre će se objasniti princip delovanja šinskih strujnih kola sa izolovanim sastavom koja su do sada na Jugoslovenskim železnicama, a i u svetu našla široku primenu.

Šinska strujna kola sastoje se u principu od napojnog uređaja, prijemnog releja i železničkih šina. Izrađuju sa jednošinskom ili sa dvošinskom izolacijom koje su predstavljene na **slici 1 i 2.**



Slika 1: "Šinsko strujno kolo sa jednošinskom izolacijom"

Gde je: $_1I'_Š$ – povratna struja vuče kroz šine;
I_B – struja šinskog strujnog kola.



Slika 2: "Šinsko strujno kolo sa dvošinskom izolacijom"

Gde je: $_1I''_Š$ - povratna struja vuče kroz šine;
I_B - struja šinskog strujnog kola .

Kontrola zauzetosti koloseka vrši se na sledeći način: Ako je izolovani odsek slobodan, kroz namotaj releja prolazi struja dovoljna za pobudu i kontakti releja daju infomaciju "kolosek slobodan". Ako je izolovani odsek zauzet tada osovinski sklopovi šinskih vozila premošćavaju obe šine i čine praktično kratak spoj; namotaj prijemnog releja je bez pobude i kontakti releja daju informaciju "kolosek zauzet".

Železnički pragovi i zastor od tucanika predstavljaju strujne putanje koje imaju otpor koji smo nazvali otpor zastora. Ovaj otpor smanjuje napon releja. Napon releja mora imati dovoljnu vrednost da kroz relej teče struja pobude koja osigurava da relej daje informaciju "kolosek slobodan".

Osovinski sklopovi šinskih vozila osiguravaju strujni krug između šina. Otpor ove strujne konture može biti značajan ako su loši kontakti između osovina i šina. Kolosečni krug nije tada u stvarnom krat-

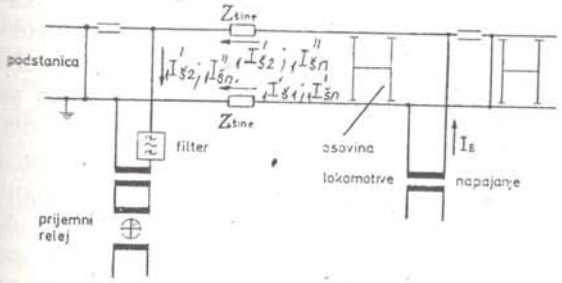
kom spoju preko osovinskog sklopa. I u ovom slučaju relej mora dati informaciju da je kolosek zauzet i uz značajan otpor osovinski sklop – šine. Da se osigura pravilan rad releja, napon prihvatanja releja mora biti ispod najnižeg napona kojeg uzrokuje niski otpor zastora, a napon otpuštanja releja mora biti iznad najvišeg napona koji postoji u slučaju značajnog otpora osovinski sklop – šina.

3 SMETNJE NA ŠINSKA STRUJNA KOLA SA JEDNOŠINSKOM IZOLACIJOM

Prvo ćemo razmotriti delovanje smetnji na zauzeti izolovani odsek, a zatim delovanje smetnji na slobodan odsek sa jednošinskom izolacijom.

Slika 3 prikazuje delovanje smetnji na zauzeti izolovani odsek sa jednošinskom izolacijom.

Napojni transformator, preko kojeg se prenosi korisni signal šinskog strujnog kola frekvencije $f_Š$, kratko je spojen na sekundaru sa osovinskim sklopom šinskog vozila. Prijemni relej trebao bi da bude bez pobude i da daje informaciju "kolosek zauzet". Međutim, do prorade prijemnog releja može doći ako vučna struja sadrži harmonik čija je frekvencija jednaka frekvenciji $f_Š$. Harmonik vučne struje ${}_1I'_{Šn}$ frekvencije $f_Š$ stvara pad napona na uzemljenoj šini i taj pad napona izaziva struju smetnje ${}_1I''_{Šn}$ kroz prijemni relej. Postigne li ta strujna smetnja vrednost dovoljnu za pobuđivanje releja, signalni uređaj prima informaciju "kolosek slobodan", iako je zauzet.



Slika 3: "Smetnje na zauzeti izolovani odsek sa jednošinskom izolacijom"

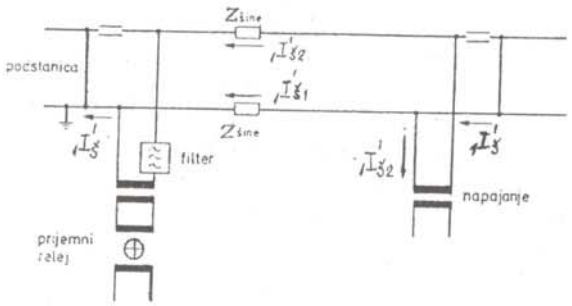
Gde je: ${}_1I'_Š$ – povratna struja vuče;

I_B – struja šinskog strujnog kola;

${}_1I_{Šn}$ – harmonik vučne struje čija je frekvencija jednaka frekvenciji kolosečnog strujnog kruga $f_Š$.

Najjače su izražene smetnje onda kada zadnji osovinski sklopovi šinskih vozila upravo zauzimaju mesto napajanja šinskog strujnog kola, jer tada imamo najveći pad napona na uzemljenoj šini. Iz ovoga se vidi da je osnovna mera zaštite protiv dojave lažne informacije pravilan izvor frekvencije šinskog strujnog kola. Ova se frekvencija ne sme se podudarati niti s jednim harmonikom vučne struje. Međutim, ako vučna struja sadrži harmonik frekvencije $f_Š$, tada taj harmonik ne sme prouzrokovati pobuđivanje releja. To se može postići filtriranjem viših harmonika vučne struje u samoj lokomotivi, poboljšanjem karakteristika gušenja filtera, povišenjem nivoa prorade releja, skraćenjem dužine izolovanih odseka, ugradnjom šinskih strujnih kola sa dvošinskom umesto jednošinske izolacije i slično.

Slika 4 prikazuje delovanje smetnji na slobodni odsek sa jednošinskom izolacijom. Vučna struja ${}_1I'_{Š1}$ stvara pad napona na uzemljenoj šini zbog podužnog otpora šine. Ovaj napon stvara struju ${}_1I'_{Š2}$ kroz namotaje napojnog i relejnog transformatora. Postigne li ova struja vrednost struje zasićenja napojnog transformatora, tada se više ne prenosi korisni signal frekvencije šinskog strujnog kola. Relej nije pobuđen, signalni uređaj prima informaciju: "kolosek zauzet" iako je slobodan.

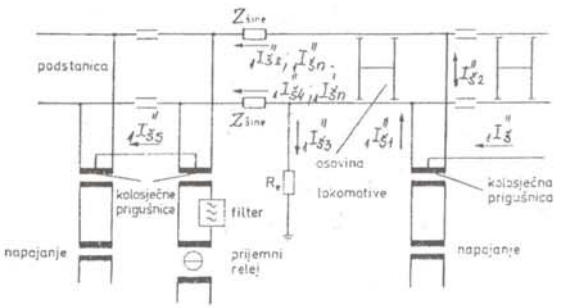


Slika 4: "Smetnje na slobodni odsek sa jednošinskom izolacijom"

4 SMETNJE NA ŠINSKO STRUJNO KOLO SA DVOŠINSKOM IZOLACIJOM

Prvo ćemo razmotriti delovanje smetnji na zauzeti izolovani odsek, a zatim delovanje smetnji na slobodan izolovani odsek.

Slika 5 pokazuje delovanje smetnji na zauzet izolovani odsek sa dvošinskom izolacijom. Napojni transformator, preko kojeg se prenosi koristan signal šinskog strujnog kola frekvencije $f_Š$, na sekundaru je kratko spojen osovinskim sklopom šinskog vozila. Vučna struja ${}_1I''_Š$ na početku odseka (strana napajanja) deli se na obe šine. U slučaju simetrične raspodele struja i zanemarive struje odvoda ${}_1I''_{Š3}$ oba polunamota kolosečne prigušnice na relejnoj strani su magnetizirana u suprotnom smeru, te se tokovi vučne struje poništavaju. Relej je bez pobude i javlja "kolosek zauzet". Ukoliko se tokovi vučne struje u polunamotajima kolosečne prigušnice ne poništavaju, tada postoji mogućnost dojave lažne informacije. Postigne li razlika struje $\Delta_1I''_Š = {}_1I''_{Š2} - {}_1I''_{Š4}$ (razlika struje $\Delta_1I''_Š$ mora biti onaj harmonik koji je jednak frekvenciji šinskog strujnog kola) vrednost koja je dovoljna za pobuđivanje releja, signalni uređaj prima informaciju "kolosek slobodan", iako je zauzet.



Slika 5."Smetnje na zauzeti odsek sa dvošinskom izolacijom"

Gde je: $_1I''_{Š}$, $_1I''_{Š5}$ – vučna struja;

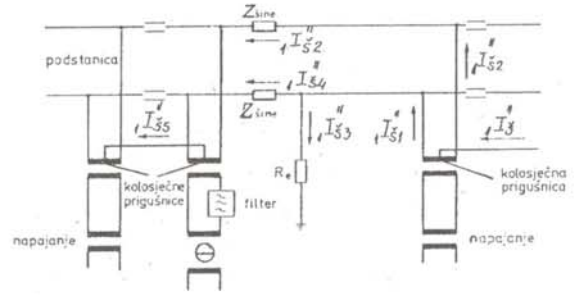
$_1I''_{Š1}$, $_1I''_{Š2}$ – struja kroz polunamotaje kolosečne prigušnice;

$_1I''_{Š3}$ – struja odvoda prema zemlji;

$_1I''_{Š4}$ – struja $_1I''_{Š1}$ umanjena za struju $_1I''_{Š3}$ odvoda ;

R_e - otpor uzemljenja metalnih konstrukcija.

Slika 6 prikazuje delovanje smetnji na slobodni izolovani odsek sa dvošinskom izolacijom. Pojava nesimetrije u raspodeli struje vuče u polunamotajima kolosečne prigušnice, bilo na napojnoj bilo na relejnoj strani, prouzrokuje zasićenje kolosečne prigušnice. Korisni signal frekvencije šinskog strujnog kola se prenosi, relej nije više pobuđen, signalni uređaj prima informaciju "kolosek zauzet", iako je kolosek slobodan.



Slika 6: "Smetnje na slobodni odsek sa dvošinskom izolacijom"

Gde je: $_1I''_{Š}$, $_1I''_{Š5}$ - vučna struja;

$_1I''_{Š1}$, $_1I''_{Š2}$ - struja kroz polunamotaje kolosečne prigušnice;

$_1I''_{Š3}$ - struja odvoda prema zemlji;

$_1I''_{Š4}$ - struja $_1I''_{Š1}$ umanjena za struju $_1I''_{Š3}$ odvoda ;

R_e - otpor uzemljenja metalnih konstrukcija.

5 NEOPHODNOST USPOSTAVLJANJA POUZDANIH NUMERIčKIH METODA

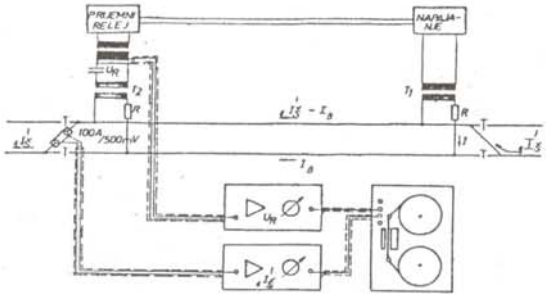
U opštem slučaju, kroz vozni i povratni vod kontaktne mreže teče izobličena struja koja sadrži veliki broj viših harmonika. Uzrok tom izobličenju struje je nelinearna karakteristika ippedanse naizmenične električne lokomotive kao potrošača u vučnom strujnom kolu zbog čega ona, u vučnom kolu, predstavlja glavni izvor smetnji. Koliko će struja biti izobličena odnosno kakav će biti njen sadržaj harmonika zavisi od više činilaca: o načinu upravljanja jednosmernih vučnih motora, o naponu kratkog spoja glavnog lokomotivskog transformatora, o induktivnom otporu jednosmerne lokomotivske prigušnice te o simetričnosti okidnih impulsa tiristora za pozitivnu i negativnu poluperiodu. Upravljanje jednosmernim vučnim motorima najčešće se vrši preko diodnog neupravljivog ili tiristorski upravljivog ispravljača, sa tim da se kod diodne lokomotive naizmenični napon napajanja ispravljača menja biračem napona na glavnom transformatoru za regulaciju jednosmernog napona na vučnim motorima, dok se kod tiristorske lokomotive regulacija jednosmernog napona vrši faznim upravljanjem ispravljača. Ovakom kontinuiranom regulacijom vučnih struja u tiristorskoj lokomotivi u upoređenju sa diskretnom kod diodne lokomotive postiže se znatno veća iskoristivost sila adhezije između točka i šine lokomotive, odnosno za istu snagu lokomotive postiže se veća vučna sila lokomotive. Međutim, tiristorska lokomotiva predstavlja znatno veći izvor smetnji za rad šinskih strujnih kola od diodne. To je zbog toga što tiristorski ispravljač prouzrokuje veći sadržaj harmonika u struji vuče od diodnog ispravljača. Harmonici struje mogu prouzrokovati i deformaciju napona elektroprivredne mreže, naročito ako se radi o mreži koja ima malu snagu kratkog spoja. Međutim, kako se elektrovučne podstanice sada uglavnom priključuju na mrežu 110kV, prema tome na mrežu čija je snaga kratkog spoja velika, to uticaj ove potrošnje nije ni izdaleka značajan na elektroprivrednu mrežu kao uticaj harmonika na šinska strujna kola signalno-sigurnosnih uređaja duž pruge. Ovo je zbog toga što vrednosti amplituda harmonika povratne struje vuče kroz šine mogu biti znatne u odnosu na struje koje teku šinama. Sem toga, postoji i velika disproporcija između struja za vuču i struja šinskih strujnih kola i s obzirom na učestanosti koje se koriste, pa je mogućnost perturbacija u šinskim strujnim kolima znatna [3 i 4]. Pri tome, takođe treba voditi računa da deformacije struje vuče nisu ni približno iste pri različitim eksploatacionim uslovima istog elektrovučnog sistema sa istim lokomotivskim parkom. To je razumljivo kada se ima u vidu način regulisanja brzine kod elektrovučnih vozila pri jako fleksibilnim saobraćajnim zahtevima pri vuči vozova [3; 4 i 5].

Zbog svega navedenog ne postojanje jasno definisanih preporuka ili standarda koji bi pouzdano određivali dozvoljene granice smetnji za sisteme signalno-sigurnosnih uređaja sa šinskim strujnim kolima može biti jako važan pri projektovanju novih, ali isto tako i pri atestiranju postojećih sistema osiguranja sa nešto izmenjenim uslovima eksploatacije kao što je na primer slučaj kod uvođenja novih i savremenih tipova elektrovučnih vozila sa tiristorskim umesto sa diodnim ispravljačkim sklopovima. Otuda je razumljiva potreba iznalaženja što pouzdanijih numeričkih metoda za istraživanje uticaja struje vuče kroz vozni i povratni vod kontaktne mreže na rad šinskih strujnih kola kako bi se stvorila efikasna osnova za opisivanje elektromagnetne kompatibilnosti sa postojećim ili nekim drugim savremenim voznim sredstvima. Potreba je utoliko veća kada se ima u vidu da je problem gotovo permanentno prisutan kako pri projektovanju novog tako i pri eksploataciji postojećih elektrovučnih sistema.

Zbog ovakvih eksploatacionih uslova, istraživanja elektromagnetne kompatibilnosti na železnici i definisanje potrebnih matematičkih modela od strane Evropske unije finasira se još od 1.januara 1998.g. kroz projekat ESCARV (Electrical Systems Compatibility for Advanced Railway Vehicles) [1 i 6]. Kordinator projekta je ABB Daimler Benz iz Nemačke, a kao saradnici se pojavljuju stručnjaci iz 16 železničkih i industrijskih organizacija Evrope. Problematika ovog projekta je iznalaženje puteva za prevazilaženje svih pa i navedenog problema, zajedničkim radom u multinacionalnom timu, a koji obuhvata proizvođače uređaja i sistema, operatore železnica i univerzitete. Nezavisno od ovog projekta, Elektrotehnički fakultet u Čačku odnosno njena katedra za Elektroprivredu sa prof. dr. Svetislavom Smiljanićem putem merenja i numeričkog modelovanja istražuje uticaj struje vuče kroz vozni i povratni vod kontaktne mreže i sprovodi na monofaznom elektrovučnom sistemu 25kV,50Hz gde su šine iskorišćene kao povratni vod kontaktne mreže. Bez obzira na ovakva polazna ograničenja od rezultata istraživanja se ipak očekivalo definisanje takvog matematičkog modela koji bi pouzdano opisao elektromagnetnu kompatibilnost šinskih strujnih kola sa elektrovučnim vozilima i to ne samo u eksploatacionim uslovima koji vladaju na Jugoslovenskim železnicama već i na svim ostalim prugama elektrificiranim sa monofaznim elektrovučnim sistemom 25kV, 50Hz.

Na osnovu navedenih istraživanja, došlo se do potrebnog matematičkog modela i odgovarajućih softverskih rešenja, a čiji su rezultati već upoređeni sa onim koji su eksperimentalno poznati. Naime, tokom 1997. godine puštena je u rad elektrificirana deonica od Požege do Jelen Dola, a na pruzi Čačak–Požega [7]. Postojeća šinska strujna kola nisu mogla dalje da se koriste te je bilo neophodno zameniti ih drugim tipom. U cilju pravilnog izbora izvršena su predhodna merenja parametara koloseka, a na osnovu tih parametara i uspostavljenog matematičkog modela proračunate su, a zatim i izmerene vrednosti maksimalnog napona smetnje na postojećim izolovanim odsecima.

Merenje uticaja povratne struje vuče na napon na prijemnom releju signalno-sigurnosnog uređaja ostvareno je metodom kao na slici 7, a proračunate i izmerene vrednosti prikazane su u Tabeli 1.



Slika 7. "Merenje uticaja povratne struje vuče na napon na prijemnom releju signalno-sigurnosnog uređaja"

Tabela 1: "Proračunate i izmerene vrednosti napona smetnji"

Izolovani odsek	$U_{c,Požega}$ (V)	$U_{u,Požega}$ (V)	$U_{c,Jelen\ Do}$ (V)	$U_{u,Jelen\ Do}$ (V)
Proračunata vrednost (zauzet kolosek sl. 3)	6,55	14,95	13,15	32,12
Izmerena vrednost (sl. 3)	13,3	14,22	5,5	>25
Proračunata vrednost (slobodan kolosek sl. 4)	3,27	7,47	6,57	16,06
Izmerena vrednost (sl. 4)	6,6	7,16	2	10

Merenja su pokazala, pre svega, dobru korelaciju između proračunatih i izmerenih vrednosti i ispravnosti postavljenog matematičkog modela.

Najveća smetnja izmerena je na ulaznom odseku od strane Čačka, što se i očekivalo s obzirom na njeogovu dužinu (650m). Merenja su pokazala, takođe da se u praksi mora računati na strujnu nesimetriju, koja je već objašnjena ali i na nehomogene parametre duž pruge (pre svega specifična otpornost tla i pružnog zastora). Odstupanja mogu biti značajna, kao na primer kod slučaja pomenutog ulaznog odseka, na kome je smetnja bila najveća i to bez obzira da li se isti odsek nalazio ispred ili iza diodne lokomotive JŽ 461 u odnosu na elektrovučnu podstanicu. Ovaj izolovani odsek karakteriše relativno dobar, suv zastor osim na jednom mestu dužine oko 15–20m, gde se neprekidno sliva voda od stropa tunela na pragove i zastor, pa to mesto predstavlja pravu utoku struje.

6 ZAKLJUČAK

Pri projektovanju novih, ali isto tako i pri atestiranju postojećih sistema osiguranja sa nešto izmenjenim uslovima eksploatacije kao što je na primer slučaj kod uvođenja novih i savremenih tipova elektrovučnih vozila razumljiva je potreba iznalaženja što pouzdanih numeričkih metoda za istraživanje uticaja struje vuče kroz vozni i povratni vod kontaktne mreže na rad šinskih strujnih kola. Na Elektrotehničkom fakultetu u Čačku razvijene su numeričke metode koje daju dobru korelaciju između izmerenih i proračunatih vrednosti napona smetnji šinskih strujnih kola što ukazuje na ispravnost postavljenog modela. Na taj način ostvarena je mogućnost koja je do sada izostajala, a koja se ogleda u efikasnom izračunavanju nivoa smetnji i preduzimanju optimalnih zaštitnih mera vezanih za elektromagnetnu kompatibilnosti šinskih strujnih kola i elektrovučnih vozila kako u trenutnim uslovima tako i u projektovanim potrebama Jugoslovenske železnice.

LITERATURA:

[1] V. Stanković, B. Milovanović: "Elektromagnetna kompatibilnost na železnici", "Zbornik radova pete međunarodne konferencije železničkih stručnjaka" - "JUŽEL", strana 124-127, 1998. god., Vrnjačka Banja:

[2] Hewelett Packard: "Feeling Comfortable with EMC", publication 5966–0617EE, 1977.;

[3] J. Šimić, M. Davidović: "Smetnje elektrovučnih vozila na signalno-sigurnosne uređaje", Zbornik radova JUREMA 25, 3. Svezak, strana 29–34, 1980.god., Zagreb;

[4] B. Radojković: "Perturbaciono dejstvo tiristorske lokomotive", Publikacija Elektrotehničkog fakulteta u Beogradu No79, 1980. god., Beograd;

[5] Janoš Rajda i Bruno Pami: "Uticaj diodne i tiristorske vuče na signalne i telekomunikacione vodove", Zbornik radova JUREMA 25, 3. Svezak, strana 45–48, Zagreb. 1980. god.

[6] "Electrical Systems Compatibilty for Advanced Railway Vehicles - ESCARV" - project description", raspoloživo na web adresi : http://www.cordis.lu/.

[7] Dušan Nojković: "Procena maksimalne vrednosti napona smetnje na šinskim strujnim kolima kod električne vuče 25kV, 50Hz", Zbornik radova pete međunarodne konferencije železničkih stručnjaka - JUŽEL, str. 84–88, 1998.god., Vrnjačka Banja.

ELEKTRO-MAGNETIC COMPATIBILITY OF TRACK CIRCUITS AND ELECTRIC TRACTIVE

Gavrilović S. Branislav

The paper presents the results achieved so far in treoretical and experimental study of rail as return condustor of overhead contact line, which can describe and determine the spatial distribution of traction current through rail, i.e. the rail voltage in relation to the reference point. In this way it is possible to reasearch, and hence design the future, or test the existing electromagnetic compatibility of track circuits with the ecisting or planned locomotive fleet on electrified lines of any railway administration using a rail as return conductor for overhead contact line 25kV, 50Hz. All this is even more important considering that in SRY the problem of electro-magnetic compatibility is covered by only one part.

Key terms: *electric traction vehicle, track circuit.*

Impulsni defektoskop - M001

Pantalej Donkov[1]

Rezime: *Uređaj je namenjen za otkrivanje i dijagnostiku kvarova i nedostataka kod namotaja električnih rotacionih i ostalih električnih mašina. Uređaj služi i za otkrivanje skrivenih nedostataka u svim ostalim namotajima, instalacijama električnih aparata i uređaja. Svaka vrsta namotaja ima svoje karakteristične parametre impedanse. Uređaj te parametre impedanse transponuje u funkciju čiji se oblik predstavlja kao video zapis - (slika) na ekranu osciloskopa ili na monitoru računara.*

Ključne reči: *električno merenje, komparacija, inkorporacija, okluzovan, visoki napon, visoka učestanost*

1.1. Prednost metode ispitivanja

Skoro sve električne mašine se izrađuju od više istovetnih namotaja. Za jedan deo kvalitativnog ispitivanja namotaja uređaj koristi komparativnu metodu ispitivanja. Za ovo ispitivanje potrebna su dva istovetna namotaja koja se priključuju na uređaj. U obliku video zapisa na ekranu osciloskopa ili računara dobijaju se dve karakteristične funkcije, za svaki namotaj ponaosob. Inkorporacijom tih funkcija (postavljanjem jedne na drugu) lako se uočava jednakost ili razlika. Na osnovu ovoga se izvodi zaključak o ispravnosti namotaja ako je jedan od namotaja uzet kao etalon.

Kada se ispituju pojedinačni namotaji postupak je isti s tom razlikom što umesto dva istovetna namotaja od kojih je jedan etalon, sada je priključen na uređaj jedan namotaj koji se ispituje i njegova karakteristika se inkorporira u karakteristiku ispravnog namotaja - etalona, koji je ranije memorisan u računaru.

Velike mogućnosti kvalitativnog ispitivanja kojima raspolaže ovaj uređaj obezbeđuje visoki kvalitet proizvoda a ujedno i veću pouzdanost rada u eksploataciji, bilo da se radi o novoizrađenim ili remontovanim električnim mašinama, sklopovima i instalacijama. Zbog velikih mogućnosti ispitivanja i metodama ispitivanja kojima raspolaže uređaj ima prednost nad analognim mernim uređajima.

Prednost uređaja je i u tome što zamenjuje veliki broj ispitivanja a uzorku obezbeđuje uslove ispitivanja koji su bezopasni po izolaciju.

U specijalizovanim firmama za proizvodnju električnih mašina i uređaja kao i u servisnim radionicama, za opravku i održavanje istih, ovaj uređaj bi bio od velike koristi. Racionalnost, pouzdanost, brzina i višestranost metode ispitivanja koju ovaj uređaj pruža rezultira u visoko kvalitetni proizvod što podrazumeva bolji ekonomski efekat. Svi nedostaci proizvoda bi se otkrili još u fazi proizvodnje a škart i naknadni troškovi bi se sveli na minimum.

2. OSNOVNI KONSTRUKTIVNI MATERIJALI I NJIHOVE OSOBINE

Svaka električna rotaciona mašina, namotaj aparat ili uređaj treba da obezbedi siguran i kvalitetan rad u eksploataciji. Taj uslov se ostvaruje projektovanjem, tehnologijom izrade i kvalitetom konstruktivnih materijala.

Električne rotacione mašine, namotaji, električni aparati, uređaji i njihove komponente izrađuju se od osnovnih konstruktivnih materijala koji se mogu svrstati u tri grupe:

1. Izolacioni,
2. Aktivni (provodni i magnetni) i
3. Konstruktivni materijali

Kako ovaj uređaj definiše stanje električne izolacije i stanje elektromagnetnih kola kod električnih rotacionih mašina i uređaja, biće analiziran izolacioni i elektromagnetni sistem kod električnih mašina i uređaja.

[1] Pantalej Donkov, Inženjer elektronike, Odeljenje za remont i proizvodnju, MIN Holding Co, AD "Lokomotiva", Šumadijska 1, 18000 Niš

2.1. Izolacioni materjali

Izolatori i dielektrici su podeljeni na gasovite, tečne i čvrste. Njih karakterišu električne, dielektrične, fizičke, mehaničke i hemijske osobine. Za električne rotacione mašine uglavnom se koriste čvrsti i tečni (lakovi) izolacioni materijali. Od njih se zahteva da imaju pre svega veliku dielektričnu čvrstoću, određenu mehaničku čvrstoću, otpornost prema vlagi, dobro odvođenje toplote i dobru termičku izdržljivost.

Veliki napredak u tehnologiji proizvodnje izolacionih materijala omogućio je veliki izbor kvalitetnih elektroizolacionih materijala. Pored svega navedenog ipak izolacioni materijali pokazuju tendenciju starenja odnosno "zamora", kao i svi konstruktivni materijali izloženi dinamičkim naprezanjima. Elektroizolacioni materijali - dielektrici se koriste za izolovanje provodnika i delova električnih mašina i uređaja, koji se nalaze na različitim potencijalima.

Kvalitet električne izolacije u velikoj meri određuje kvalitet rada i vek trajanja električne mašine i uređaja. Normalan vek trajanja električne mašine odnosno njene izolacije je od 15 - 30 god. i u velikoj je zavisnosti od uslova rada i stepena termičkih preopterećenja. Usled ovih opterećenja električna izolacija mnogo brže gubi izolacionu sposobnost i mehaničku čvrstoću.

2.1.1. Električni proboji i uzroci proboja

Ako se analizira ponašanje mikrostrukture elektroizolacionog materijala, koji se nalazi u električnom polju, videće se da su atomi i molekuli datog izolacionog materijala snažno polarisani pod dejstvom tog polja. Ovo ima za posledicu stvaranje velikih dipolnih momenata u unutrašnjosti izolacionog materijala i ovi dipolni momenti održavaju ravnotežu sa spoljašnjim elektrostatičkim i elektrodinamičkim silama polja. Ako su električne sile polja veće od kritičnih, za određenu vrstu izolacije dolazi do razaranja strukturne rešetke kristala izolacionog materijala. Kao posledica tog razaranja stvaraju se slobodni, nekompenzovani nosioci elektriciteta unutar izolacije i uzročnici su proboja izolacije. Posledica tog proboja je erozija izolacionog materijala na mestu proboja.

Električni proboji izolacije mogu biti površinski i dubinski (zapreminski).

Površinska erozija izolacije nastaje usled dugotrajnog delovanja toplotnih i svetlosnih efekata jonizacionih procesa koji se odvijaju na površinskim delovima izolacije. Uzročnici takvog procesa pre svega mogu biti površinske nečistoće (vlaga, masnoća, ugljena i metalna prašina).

U nekim slučajevima do površinskih oštećenja izolacije može doći i usled površinskih mikro pukotina u izolaciji. U tim mikro pukotinama, koje mogu da se stvore još u procesu izrade same izolacije, pod dejstvom električnog polja dolazi do jonizacionih procesa koji podržavaju koronu. Korona svojim dugotrajnim delovanjem oštećuje površinu izolacije i skraćuje joj vek trajanja. Ona je utoliko izraženija ukoliko su te mikro pukotine sa oštrim i neravnim ivicama. U tim pukotinama se zadržavaju i nečistoće koje takođe pospešuju ovaj proces.

Pojave takvih pukotina se dešavaju pri polimerizaciji odnosno pri termičkoj obradi izolacije. Nepoštovanje tehnološke operacije u smislu neadekvatne viskoznosti izolacionog materijala (laka), neprilagođenosti termičkih predfaza i samih faza polimerizacije dovodi do nekvalitetne izrade izolacije i do lošeg kvaliteta proizvoda u celini. U slučaju nedovoljnog razmašćivanja sklopa ili dela za izolovanje stvaraju se pokorice koje kasnije pucaju i izolacija više ne služi svojoj nameni. Isti slučaj bi bio i pri izolovanju provodnika i namotaja, bilo da se radi o izolacionim lakovima ili izolacionim materijalima u vidu termoobradivih traka.

Usled povećane temperature polimerizacije dolazi do penušanja ili curenja izolacionog ili vezivnog materijala. Na površini sklopa namotaja ili impregnisanog dela, stvaraju se očvrsle penaste strukture koje su u svakom slučaju nepoželjne jer umanjuju kvalitet i vek trajanja izolacije pa i proizvoda u celini. To su potencijalna gnezda jonizacionih procesa koji ubrzavaju starenje izolacije. Ovakve pojave bi se izbegle ako se prilagodi temperatura obrade, viskozitet izolacionog materijala, (ako se radi o izolacionom laku) i ako se termička obrada sprovede u vakuumskoj peći.

Vakuumska peć omogućava brže sušenje namotaja, bržu i kvalitetnu termičku obradu, jer umanjuje mogućnost zaostatka vazdušnih mehurića, u unutrašnjosti izolacionog materijala o kojima će biti reči kasnije.

Veoma je važno napomenuti i to da pri završetku termičke obrade, odnosno polimerizacije, predmet se ne sme izložiti naglim temperaturnim promenama, jer polimerizacija traje sve dok se temperatura predmeta ne izjednači sa temperaturom ambijenta. Hlađenje mora biti postepeno jer u protivnom bi došlo do velikih površinskih naprezanja i do stvaranja mikro pukotina u izolaciji, koje bi bile izvor jonizacionih procesa.

Kod pripreme izolacionog materijala mora se voditi računa o čistoći i srazmeri više komponentnih izolacionih materijala. Izolacioni materijali u vidu termoreaktivnih smola odnosno epoksida, zahtevaju strogo poštovanje ovih kriterijuma. Svaka nečistoća u izolaciji u vidu stranih čestica ili u vidu zaostalih vazdušnih mehurića nepovoljno utiče na kvalitet izolacije. Zaostali vazdušni mehurići u izolaciji, u toku polimerizacije se eliminišu vakumiranjem. U toku spravljanja, izolacionu masu treba dobro izmešati i pretvoriti je u homogenu

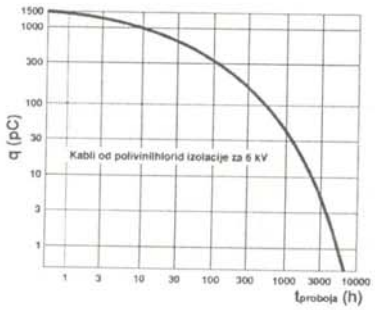
strukturu. Pri spravljanju ove izolacione mase treba voditi računa da u istu ne dospe kapljica vode jer bi ona izazvala burnu reakicju i došlo bi do penušanja mase a izolacija bi izgubila svoje svojstvo i pored veoma dobrih izolacionih i mehaničkih osobina. Sve su ove činjenice uključene u efekat, bržeg starenja, razaranja i proboja električne izolacije.

Erozija površinskog dela izolacije i stvaranje tankih strujnih staza posledica su delovanja svetlosnih i termičkih jonizacionih procesa. Širenjem ovih strujnih staza nastaju oštećenja u dubini izolacije. Stvaraju se krateri čija se dubina stalno uvećava. Pod dejstvom ovih procesa javljaju se i hemijske promene na zidovima kratera. Kao produkt erozije izolacije javlja se karbonizacija zidova kratera. Ako su u pitanju organski izolatori (na bazi ugljenika) i pod dejstvom jonizacionih procesa na tim mestima dolazi do povećanja lokalnog potencijala električnog polja. Takvo povećanje potencijala električnog polja dovodi do proboja izolacije u vidu tankog karbonizovanog kanala koji ulazi u dubinu izolacije. Ti kanali ili strujne staze u početku imaju veliku omsku otpornost i ne pokazuju tendenciju širenja. Vremenom pod uticajem jonizacionog procesa i njihovim delovanjem počinju da se stvaraju bočni kanali koji se vremenom razgranavaju. U tim kanalima dolazi do daljeg jonizacionog procesa koji dovodi do intenzivnijeg razvoja tog procesa u osnovnom kanalu i do njegovog širenja. Na ovaj način se u izolaciji stvara veliki broj tankih i razgranatih kanala ili strujnih staza nazvanim "dendriti". Širenje ovih dendrita dovodi do trajnog električnog proboja izolacije. Staze ovih dendrita mogu da se vide u izolaciji i golim okom.

Kod polivinil hlorida, polietilena, epoksida i dr. stvaranje dendrita i razaranje izolacije može biti uzrok unutrašnjih jonizacionih procesa karakterističnih i za autonomne gasovite zapremine u izolaciji. Mehurići u izolaciji mahom su ispunjeni gasovima koji su produkt polimerizacije i isparenja višekomponentnih izolacionih materijala. Oni su usled termičkih promena izolacije uvek pod pritiskom što dodatno opterećuje izolaciju.

Skraćenje veka trajanja izolacije ili njen konačni proboj mogu prouzrokovati i nečistoće u izolacionom materijalu. Za slučaj da se u izolacionom materijalu nađe metalna ili ugljena čestica, na takvim se mestima stvaraju visoki potencijali električnog polja i dolazi do tinjavog pražnjenja. Vremenom usled elektrohemijskih procesa na tim mestima dolazi do intenzivnijeg razvoja pražnjenja i do konačnog razaranja izolacije.

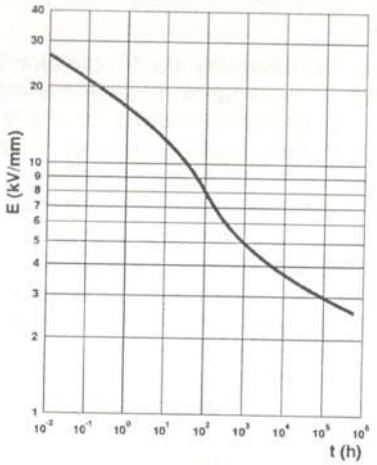
Dokazana je zavisnost između amplitude jonizacionih pražnjenja i vremena izdržljivosti izolacije za visoke potencijale električnog polja, što je predstavljeno dijagramom na sl. 1.



Slika 1.

Vek trajanja izolacije je takođe u velikoj zavisnosti od veličine i broja okluzovanih (zarobljenih) vazdušnih odnosno gasnih mehurića u zapremini izolacije. Veličina i broj tih mehurića ili nečistoća u velikoj meri utiču na intenzitet jonizacionih procesa a ovi na vek trajanja izolacije.

Na slici 2 je prikazana ta zavisnost "života" kabla za 20 kV, od potencijala električnog polja sa izolaciijom od polietilena, (za slučaj gasovitih vazdušnih zapremina u izolaciji). Gasni mehurići ili nečistoće zarobljeni u zapremini izolacije su pri promeni temperature izvor dinamičkih naprezanja u unutrašnjim zonama nehomogenog izolatora. Pod dejstvom sila pritisaka može doći i do pucanja pa i do velikih mehaničkih oštećenja izolacije a to dalje do već pomenutih elektrostatičkih i elektroizolacionih promena na izolaciji.



Slika 2.

U dosadašnjoj analizi električne izolacije sagledani su uzroci skraćenja veka trajanja izolacije, koji su uglavnom subjektivne prirode. Ali nisu za zanemarivanje i objektivne okolnosti u smislu primene tehnologije u celosti, što takođe ima veliki uticaj na kvalitet a samim tim i na vek trajanja izolacije. Starenje izolacije karakterišu fizičko hemijske promene koje se javljaju pri normalnim uslovima rada. Takođe starenje električne izolacije nastaje pri čuvanju i skladištenju električnih mašina ili uređaja pri normalnih uslovima delovanja vlažnosti vazduha, normalne temperature i svetlosti. Pro-

mene na električnoj izolaciji, usled ovih delovanja mogu biti uzrok da izolacija izgubi svoje prvobitne osobine i postane neupotrebljiva.

Izolacija na bazi kaučuka i razne vrste guma, usled starenja gube elastičnost, smanjuje im se izolacioni otpor a time i dielektrična čvrstoća. Kod tečnih izolatora kao npr. kod mineralnih ulja (transformatorsko ulje) usled starenja nastaje oksidacija. Kao produkt oksidacije stvara se talog i kiselina.

Na osnovu svega ovoga može se zaključiti da su svi izolacioni materijali u manjoj ili većoj meri podložni starenju.

2.1.2. Dielektrične osobine i gubici u izolaciji (dielektriku)

Dielektrične osobine, izolacionog materijala definiše dielektrična konstanta. To je konstanta nekog dielektričnog materijala, koja daje meru za količinu elektriciteta koju može da uvede (elektrostatička indukcija) dotična materija na ploče kondenzatora između kojih je umetnuta. To znači da dielektrik ima osobinu da u velikim granicama izmeni električno polje u svojoj unutrašnjosti (dobija se velika kapacitivnost). Najveću vrednost, dielektrična konstanta za određeni materijal ima pri jednosmernoj struji. Ona je nezavisna od debljine dielektrika i priključenog napona a zavisna je od učestanosti temperature, pritiska (za gasove) i sadržaja vlage.

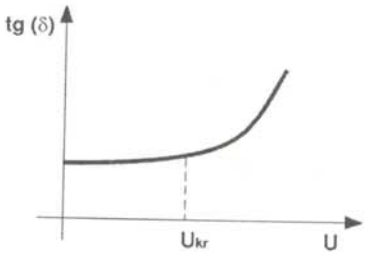
Može se zaključiti da je dielektrična konstanta relativna (konstanta materijala u odnosu na vazduh) i ona je neimenovan broj. Za izolacione materijale kod naizmeničnih napona zahtevi su da dielektrična konstanta bude što manja a ukupni (površinski i zapreminski) otpor bude što veći. Dielektrični gubici koji nastaju u ovom slučaju su srazmerni dielektričnoj konstanti. U takvim uslovima rada izolatori ili izolacioni materijal sa velikom dielektričnom konstantom imaju štetno dejstvo jer se ponašaju kao paralelna kapacitivna veza. Promenljivo električno polje u dielektriku stvara dielektričnu struju kroz dielektrik. To je struja dielektričnih gubitaka usled koje se zagreva dielektrik a srazmerna je parazitnoj kapacitivnosti odnosno dielektričnoj konstanti materijala.

Poznavanje dielektrične konstante izolacionog materijala je od velike važnosti za proračun gubitaka u izolaciji za uređaje, aparate, delove i kablove za visoke učestanosti. Pored ovih dielektričnih gubitaka nastalih usled promene polarizacije u strukturi dielektrika, pod dejstvom promenljivog električnog polja naizmeničnog napona, javljaju se i gubici kao posledica proti-canja struje provodnosti kroz izolator (dielektrik). Gubitak snage usled struje provodnosti prisutan je bilo da je izolacioni materijal izložen dejstvu jednosmernog ili naizmeničnog napona. Produkt ovih gubitaka je zagrevaje izolatora. Kada se izolacioni materijal (dielektrik) zagreje njegov izolacioni otpor naglo opada a to naglo povećava snagu gubitaka jer se uvećava struja provodnosti, a snaga gubitaka je srazmerna kvadratu struje i temperatura izolatora se naglo povećava.

Gubici snage (apsorbovana snaga) u izolacionom materijalu za naizmeničnu struju srazmerni su faktoru snage Cos (φ), odnosno faktoru gubitaka tg (δ). To proizilazi iz činjenice da izolacioni materijal upotrebljen za izolaciju delova, mašina i uređaja koji rade na napone promenljive učestanosti unose ove gubitke sa kojima treba računati. To je karakteristično za naizmeničnu struju jer se izolacioni materijal ponaša u polju naizmenične struje kao dielektrik u kome se očekuje da struja fazno prednjači naponu za ugao 90°, ali ona ipak zaostaje za ugao gubitaka "δ". Ovaj fenomen se često naziva dielektričnom histerezom i razlikuje se od magnetske histereze jer nema remanence ni koarcetivne sile. Taj efekat je veoma bitan za izračunavanje gubitaka snage u dielektriku u visoko frekventnoj tehnici i telekomunikacijama.

Veličina ugla gubitaka je jako zavisna i od temperature dielektrika. Kod većne dielektrika sačinilac dielektričnih gubitaka (faktor gubitaka) tg (δ) raste sa porastom temperature. Izuzetak čine mineralna ulja i ulja organskog porekla i to samo na početnom delu karakteristike gde prvo opada a zatim raste sa porastom temperature. Sačinilac dielektričnih gubitaka, odnosno faktor gubitaka tg (δ) nezavistan je od oblika i kapacitivnosti (debljine) dielektrika. Sačinilac dielektričnih gubitaka (faktora gubitaka) tg (δ) je u manjoj ili većoj meri zavistan od učestanosti. Kod nekih dielektrika sa povećanjem učestanosti (faktor gubitaka) tg (δ) opada a kod nekih dielektrika (faktor gubitaka) tg (δ) raste sa povećanjem učestanosti. Za vrlo visoke učestanosti faktor gubitaka tg (δ) kod velikog broja dielektrika je skoro nezavistan od promene učestanosti. Za učestanosti do 50Hz dielektrični gubici su faktički bez značaja. To nije slučaj za napone visoke učestanosti gde dielektrični gubici dostižu velike vrednosti i ne smeju se zanemariti. U tom slučaju dolazi do znatnog zagrevanja dielektrika što može imati štetne posledice po izolaciju.

Sačinilac dielektričnih gubitaka tg (δ) je u velikoj zavisnosti i od priključenog napona. U početnom delu karakteristike lagano se povećava do kritične vrednosti napona. U ovom delu karakteristike znači postoje slaba jonizaciona pražnjenja a zatim se naglo povećava što ukazuje na činjenicu da u dielektriku postoji pojava jakih jonizacionih procesa. Uzrok ovih pojava treba tražiti u nesavršenosti strukture materije odnosno dielektrika.



Slika 3.

Zavisnost sačinilaca dielektričnih gubitaka (faktora gubitaka) tg (δ) pokazana je na slici 3 kao funkcija napona. Iz ove funkcije se može uočiti da u zoni neposredno ispred kritičnog napona postoji mali broj elementarnih jonizacionih pražnjenja. Sa porastom napona iznad kritične vrednosti povećava se električno polje, u dielektriku se uključuje veliki broj elementarnih pražnjenja elektriciteta, koje karakteriše snažan jonizacioni proces i naglo povećanje (faktora gubitaka) tg (δ). S obzirom da izolacioni sistem ima realnu kapacitivnu vrednost priraštaj (faktora gubitaka) tg (δ) sa porastom napona će biti u velikoj zavisnosti od kapacitivnosti izolacije.

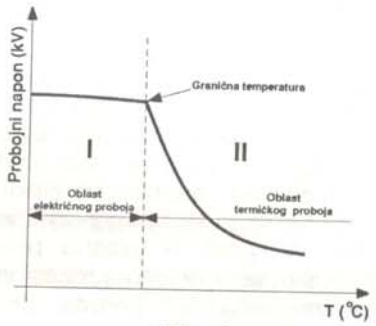
2.1.3. Dielektrična čvrstoća

Dielektrična čvrstoća je, druga karakteristična osobina izolacije. To je osobina izolacije (dielektrika) da se suprotstavi silama električnog polja i spreči proboj izolacije do izvesne vrednosti tog polja. U tim okolnostima struktura izolacije pod dejstvom električnog polja spoljašnjeg napona trpi izvesnu elastičnu deformaciju. Kada prestane dejstvo električnog polja izolaciona materija se vraća u svoje prvobitno stanje. Ako se pređe ta kritična vrednost električnog polja, koje se izražava u kilovoltima po santimetru, [kV/cm], nastaje električni proboj izolacione materije. Dielektrična čvrstoća izolacionog materijala opada sa njegovom debljinom, i zato se uvek naznači debljina izolacije uzorka za koju je ona određena. Dielektrična čvrstoća za manje debljine izolacije je konstantna jer je odvođenje toplote efikasnije. Opadanje dielektrične čvrstoće sa povećanjem debljine izolacionog materijala objašnjava se pretpostavkom da kod velikih debljina, izolacija nema dobro odvođenje stvorene toplote koja je posledica struje provoda i dielektričnih gubitaka. U unutrašnjosti izolacionog materijala zbog ove činjenice dolazi do velikog povećanja toplote i do razaranja izolacije.

Opadanje dielektrične čvrstoće izolacije sa povećanjem njene debljine objašnjava činjenica što je u većoj zapremini izolacije uključen i veći broj izvora jonizacionih procesa a to su: okluzovani (zarobljeni) gas odnosno vazduh u vidu mehurića, strane čestice (nečistoće) u izolaciji, zaostala vlaga kao i veliki broj nesavršenih kristalnih struktura izolacionog materijala.

U slučaju proboja elektroizolacionog materijala naponom kratkog dejstva može se pretpostaviti da je reč o tzv. "hladnom" proboju izolacije. Takav proboj izolacije može nastupiti pri naponu kratkog dejstva odnosno udarnim naponom, i nastaje uglavnom na slabim mestima u izolaciji. Dejstvo kratkotrajnog, udarnog napona u ovom slučaju nije moglo izazvati zagrevanje izolacionog materijala do kritične vrednosti da bi izolacija električno probila.

Utvrđeno je da postoje dve temperaturne oblasti u kojima se izolacioni materijal različito ponaša. Probojni napon u funkciji temperature U = f (°T) izolacionog materijala dat je na slici 4.



Slika 4.

Sa dijagrama se mogu uočiti jasno dve temperaturne oblasti u kojima se izolacioni materijal različito ponaša u zavisnosti od temperature. Druga - (II) zona ili oblast je oblast termičkog proboja o kome je dosta rečeno. U ovoj oblasti probojni napon je u velikoj zavisnosti od temperature i vremena trajanja električnog naprezanja izolacije za određenje debljine izolacionog materijala. U ovoj oblasti može nastupiti (ili se može izazvati) proboj izolacionog materijala udarnim naponom. Zbog toga je uveden pojam toplotno - električni proboj.

Od velikog je značaja oblast električnog proboja izolacije i to je prva (I) oblast na slici razdvojena od druge oblasti (termičkog proboja) tačno određenom temperaturom, karakterističnom za svaki izolacioni materijal. U ovoj oblasti se uočava da je probojni napon skoro nezavistan od temperature što ukazuje na činjenicu da se u ovoj oblasti radi o čisto električnom proboju izolacije. Ova vrsta električnog proboja izolacionog materijala objašnjava se pretpostavkom da je u pitanju nesavršenost kristalne rešetke izolacione materije.

Prva pretpostavka je da struktura kristala izolacionog materijala nije idealno izgrađena. (ta se pretpostavka odnosi na čvrste izolacione materijale). Veza između kristala na pojedinim mestima je oslabljena i između samih kristala postoje "pukotine". Pod dejstvom spoljašnjeg napona, na tim prelaznim mestima u unutrašnjosti takve strukture, stvaraju se jaka električna polja koja u tim pukotinama snažno ubrzavaju nekompenzovane jone i elektrone. Oni dobijaju takvu kinetičku energiju da

mogu da razbiju kristalnu rešetku dotične materije i tako se stvori veći broj slobodnih nosioca elektriciteta (kumulativni proces) i izolacija biva električno probivena.

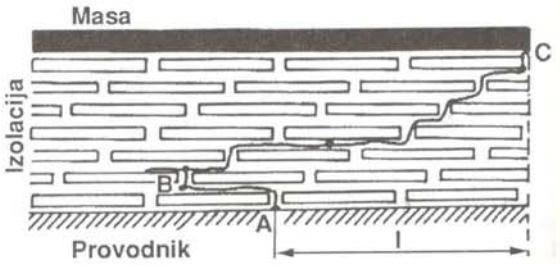
Još jedna bitna pretpostavka za ovu vrstu električnog proboja je i ta da se na graničnim mestima nesavršenih veza između kristala može pojaviti potencijalna razlika i usled gomilanja naelektrisanja u tim zonama izazvati i "tunelski" efekat. Takvo tumačenje daje kvantna mehanika a odnosi se na talasnu prirodu materije. Po toj teoriji na tim prelaznim mestima naelektrisane materijalne čestice imaju svojstva elektro-magnetnog talasa i veliku brzinu prostiranja (brzinu svetlosti). Naelektrisanja će na tim prelaznim mestima i pored manjeg energetskog bilansa potrebnog za prelazak u viši (provodni) energetski nivo ipak preći potencijalni prag. Naelektrisanja će preći u toj oblasti kao kroz "tunel" ispod određenog potencijala potrebnog za prelazak u viši energetski nivo, i zadržaće svoju prvobitnu energiju. Iz ovoga se može zaključiti da ukoliko postoji snažno i promenljivo električno polje unutar materije korpuskularno ponašanje materijalne čestice će preći u talasnu prirodu ponašanja. Kao što se vidi ceo proces je veoma složene kvantno-mehaničke prirode, što izlazi iz domena ove analize.

Radi ilustracije može se navesti primer za ovaj efekat:

Ako je potencijal naelektrisanja, za prelazak iz nižeg neprovodnog u viši provodni energetski nivo, 1V intenzitet električnog polja, na samoj graničnoj površini kristala (prelazu) je reda

10^6 V/cm. To objašnjava pojavu proboja graničnog prelaza dve nesavršene kristalne strukture materije.

Ta pojava je karakteristična za granična (prelazna) mesta spojeva dva raznorodna materijala koja uključuje veliki broj nesavršenih kristala i veliki broj elementarnih jonizacionih zapremina. Takvi proboji su ilustrovani na slici 5, gde se vide posledice štetnog dejstva ove pojave.



Slika 5.

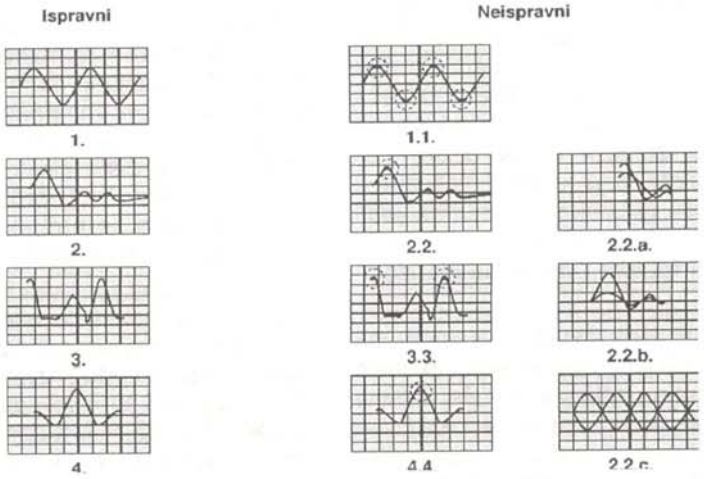
Na istoj slici se vidi da put proboja ne ide pravolinijski već ide kroz materiju gde joj je slabija izolaciona sposobnost. Dužina puta može biti višestruko veća od debljine izolacionog materijala.

2.2. Magnetni materijali i gubici

Sa istim interesovanjem mogu da se obrade svojstva i priroda feromagnetnih materijala za električne mašine uređaje i sklopove. Svojstva ovih materijala su veoma postojana i njihove karakteristike su: kriva magnećenja, magnetna propustljivost, histerezisni ciklus, gubici, remenentna indukcija, koercitivno polje, indukcija zasićenja, uticaj temperature na magnećenje i električni specifični otpor.

U ovom delu izlaganja obradiće se samo karakteristike feromagnetnog materijala čiji se nedostaci i promene mogu otkriti i uočiti odnosno identifikovati impulsnim defektoskopom. Sa ovim uređajem se može uočiti jednakost i razlika dva jezgra sa različitom ili jednakom magnetnom propustljivošću i to upoređivanjem njihovih funkcija

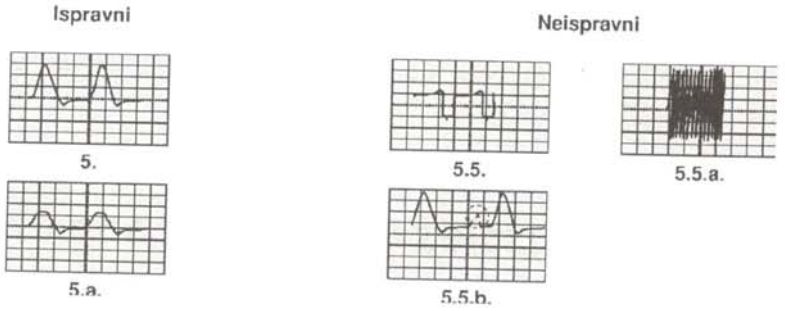
Tabela dijagrama VF



koje se dobijaju na ekranu osciloskopa. Isto tako se mogu sa sigurnošću otkriti razlike ili jednakost

Sledeća karakteristična osobina vezana za gubitke usled vihornih struja je električni specifični

Tabela dijagrama VN



gubitaka za dva feromagnetna jezgra. Gubici u feromagnetnom materijalu su gubici usled histerezisa i gubici usled vihornih struja.

Kako su gubici usled histerezisa proporcionalni učestanosti to se uočavaju razlike ili jednakosti funkcija na ekranu osciloskopa upoređivanjem ili inkorporacijom istih. Ovi gubici su dati izrazom

$G_h = \eta f B^2_m$ [W/kgr]

gde je η - Štajnmecov sačinilac, B_m je maksimalna indukcija u T, f - učestanost u Hz. Ovi gubici srazmerni su učestanosti i površini histerezisnog ciklusa i karakteristični su za svaki feromagnetni materijal Štajnmecovim sačiniocem.

Gubici usled vihornih struja su srazmerni kvadratu učestanosti, dakle u većoj su zavisnosti od učestanosti u odnosu na histerezisne gubitke. Ti su gubici dati izrazom:

$G_f = \sigma f^2 B^2_m$ [W/kgr].

Ovde figuriše sačinilac σ koji karakteriše električnu provodnost $\sigma = k \frac{a^2}{\rho}$

i ovde je k - konstanta karakteristična za dotični materijal

a - debljina magnetnog materijala u (mm).

ρ - specifični otpor.

Pošto se gubici ne mogu posebno posmatrati jer uređaj daje funkcije ukupnih gubitaka. Oni su osnova za analizu stanja feromagnetnih gubitaka dotičnih materijala i dati su kao zbir histerezisnih gubitaka i gubitaka usled vihornih struja:

$G = G_h + G_f = B^2_m (\eta f + \sigma f^2)$ [W/kgr]

Kao što se vidi promenom učestanosti odnosno promenom magnetnog polja u magnetnom jezgru utiče se na ukupne gubitke u feromagnetnom materijalu (magnetna indukcija B srazmerna je jačini magnetnog polja H, $B=\mu_o \mu_r H$). Odavde se može zaključiti da u magnetnim jezgrima za jednosmernu struju ovih gubitaka nema, jer je magnetno polje nepromenljivo.

otpor. Ukoliko je taj otpor veći gubici usled vihornih struja su manji i obrnuto.To potvrđuje i gornji obrazac za gubitke usled vihornih struja.

2.3. Konstrtuktivni materijali

Konstruktivni materijali su materijali od kojih se izrađuju sklopovi i komponente određene za mehanička opterećenja a ujedno služe i za montažu sklopova u jednu celinu.

Siguran i pouzdan rad električne mašine i uređaja u velikoj je zavisnosti od kvaliteta i mehaničkih osobina konstruktivnih materijala. U mnogim slučajevima konstruktivni materijali ujedno služe i kao elektro magnetna kola kroz koja se zatvara stalni elektro magnetni fluks. O tome je više rečeno u stavu 2.2. gde je posvećena posebna pažnja na gubitke u magnetnim kolima u funkciji učestanosti i karakteristike feromagnetnog materijala.

LITERATURA

[1] Šinov A., "Poluprovodnička tehnika", Tehnika, Sofija 1979.

[2] Austen A.E.W., S. Whithead. Dischargesin isulations under alternating-curent stres-JIEE, V88, P.18

[3] Bîning, W. Luftgehalt und Luftspaltverteilung geschichteter Dieletrika-Arch Elektrotehn. 1963 Bd48, H, H1S; 7-22 H.2, S, 85-96

[4] Igor Kopilov, F. Gorijanov, "Projektovanje električnih mašina", Tehnika, Sofija 1988.

[5] L. Landau, E. Livšic, "Teorija polja", Naučna knjiga, Beograd 1952.

[6] Mihail Georgijev, "Jonizacioni procesi u izolaciji za visoke napone", Tehnika, Sofija 1979.

[7] Radovan Marković, "Elementi telekomunikacionih i elektronskih uređaja", Naučna knjiga, Beograd 1963.

[8] Radovan Marković, "Poznavanje elektrotehničkog materijala", Naučna knjiga, Beograd 1962.

Novi koncept gradnje železničkih vučnih vozila

Srđan Stojičić[1], Vladimir Jovanović[2]

Rezime: *Imajući u vidu savremena organizaciona i tehnološka dostignuća u svetu, kao imperativ se nameće nov način gradnje železničkih vučnih vozila. Ovakav način gradnje ogleda se u rasčlanjivanju železničkog vučnog vozila na funkcionalne celine. Posebnim načinom tretiranja funkcionale celine postaju moduli, a gradnja železničkih vučnih vozila modularna gradnja. Modularna gradnja ima višestruke prednosti u odnosu na konvencionalnu, a ogleda se u bržoj i kvalitetnijoj gradnji železničkih vučnih vozila. Ovaj način gradnje u eksploataciji dovodi do daleko veće pouzdanosti, jednostavnijeg upravljanja, pojednostavljenog održavanja i izostajanja klasičnih opravki. Kroz rad je prikazan primer gradnje lokomotive po modularnom principu.*

Ključne reči: *gradnja železničkih vučnih vozila, modul, remont, pravilnik*

1. UVOD

Savremeni trendovi prevoza robe i putnika u svetu ogledaju se u: što bržem, kvalitetnijem, udobnijem i efikasnijem prevozu. U današnjim uslovima poslovanja za železnički saobraćaj najbitnije je da bude konkurentan drugim vidovima transporta. Više nije bitna samo činjenica da se železnicom može prevesti velika količina tereta i putnika odednom već je veoma bitno da ovaj vid saobraćaja tu svoju funkciju obavi u što je kraće mogućem roku.

Ovakvi novonastali uslovi su postavili nove zahteve pred proizvođače i remontere železničkih vučnih i vučenih vozila. Danas je trend u svetskoj železničkoj industriji proizvesti što efikasnije vozilo koje će ujedno imati i veoma visok stepen pouzdanosti u svim mogućim eksploatacionim uslovima. U tom smislu se u svetu iznalaze i primenjuju sve bolja i savremenija dostignuća za gradnju, a ujedno i za održavanje železničkih vučnih vozila. Ova savremena dostignuća se ogledaju i u organizacionim i tehnološkim sistemima.

Savremeni koncepat u gradnji železničkih vučnih vozila može biti taj da se primenom dostignuća iz drugih naučnih i privrednih grana dođe do savremenog, pouzdanog i brzog načina gradnje vučnog vozila. Jedan od takvih koncepata je taj da se železničko vučno vozilo raščlani na funkcionalne celine. Ovakav koncept gradnje naziva se modularnim. Kroz rad je prikazan primer gradnje lokomotive po modularnom principu.

2. MODULARNI PRINCIP GRADNJE

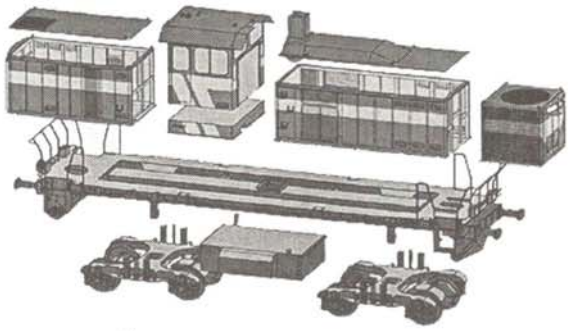
Kod koncepta modularne gradnje železničko vučno vozilo se raščlanjuje na funkcionalne celine. Svaka funkcionalna celina mora da zadovolji sve moguće postojeće uslove eksploatacije. Funkcionalana celina može kod jedne lokomotive da bude (sl. 1):

- pogonski deo;
- glavno postolje lokomotive;
- trčeći stroj lokomotive;
- sistemi za hlađenje;
- sistem za upravljanje;
- kočioni sistem;
- dijagnostički sistem itd.

Funkcionalne celine se mogu po potrebi i modifikovati ako dođe kako do promena uslova u

[1] Srđan Stojičić, dipl. maš, ing. Projektant, MIN Holding Co. DD "Lokomotiva", Sektor za razvoj i projektovanje Šumadijska 1, 18000 Niš, e-mail: lokomotiva@bankerinter.net

[2] Vladimir Jovanović, dipl. maš, ing. Glavni projektant, MIN Holding Co. DD "Lokomotiva", Sektor za razvoj i projektovanje Šumadijska 1, 18000 Niš, e-mail: lokomotiva@bankerinter.net



Slika 1. Šematski peikaz koncepta modularne gradnje lokomotive

eksploataciji tako i do promena železničkih propisa. Ovakvim načinom tretiranja funkcionalne celine postaju sistemi za sebe, koji moraju u svim uslovima da zadovolje ulazne i izlazne parametre. Zbog toga se funkcionalne celine mogu nazvati modulima, a gradnja železničkih vučnih vozila modularnom gradnjom.

Kada govorimo o konceptu modularne gradnje trebamo da razjasnimo šta se pod tim u stvari podrazumeva, a to je:

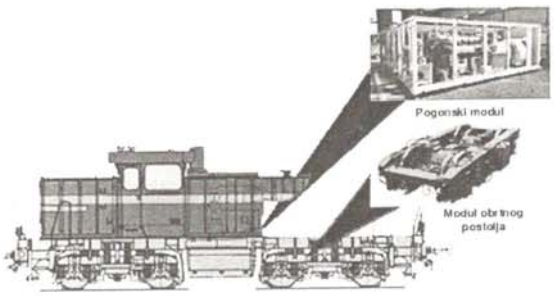
- sagledavanje funkcija budućeg vozila i formiranje modula;
- projektovanje pojedinačnih modula;
- proizvodnja pojedinačnih modula;
- uklapanje modula u celinu.

Pod prvom tačkom se podrazumeva da se sagledaju svi budući uslovi kao što je:

- da li je vozilo za teretni ili putnički saobraćaj;
- koji će se tip vuče koristiti (dizel, elektro, dizelelektro itd.);
- u kakvim će eksploatacionim uslovima vozilo koje će se izgraditi biti korišteno;
- koji su ulazni i izlazni parametri svakog procesa ponaosob itd.

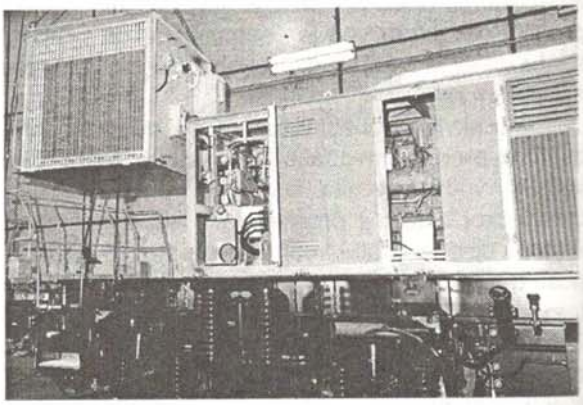
Kada se odrede uslovi na osnovu njih se određuju moduli (sl. 2) budućeg vozila. Kada se odrede moduli pristupa se projektovnju svakog modula pojedinačno. Kod projektovanja se mora voditi računa da svaki modul zadovoljava zadate ulazne i izlazne parametre. Pri projektovanju se određuje i tehnologija izrade svakog modula. Nakon projektovanja pristupa se proizvodnji svakog modula ponaosob. Ovde treba napomenuti da se svi proizvedeni moduli moraju detaljno ispitati i zadovoljiti sve uslove propisane od strane projektanata. Kada se proizvedu svi moduli pristupa se konačnom formiranju vučnog vozila uklapanjem modula u celinu (sl.3).

Ovakav koncept gradnje podrazumeva velike reforme u proizvodnim organizacijama. Reforme se ogledaju prvenstveno u organizaciji rada i primeni novih tehnologija kao i u neophodnom uvođenu



Slika. 2. Modul železničkog vučnog vozila

sistema kvaliteta i ekspertnih sistema praćenja proizvodnog procesa. Pošto je proizvodnja modula dosta komplikovan i obiman posao za jednu proizvodnu organizaciju neophodno je da se u ovakav način proizvodnje uključi veći broj organizacija koje bi se specijalizovale za proizvodnju pojedinih modula. Ovakav način proizvodnje u osnovi zahteva uvođenje sistema kvaliteta (ISO 9000) kako bi proizvodna organizacija, koja bi imala ulogu finalnog sklapanja modula, mogla da proizvede konačan proizvod (lokomotivu) bez ikakvih problema. Ujedno bi se u sve proizvodne organizacije morala da uvedu i posebna ekspertna praćenja proizvodnje koja bi imala ulogu da uočavaju i otklanjaju sve nedostatke u procesu proizvodnje (od projekta do finalnog proizvoda). U svetu se u ove svrhe primenjuje nekoliko metoda koje su se u praksi pokazale kao veoma efikasne (FMEA, QFD i dr.). U osnovi ove metode se sastoje u sakupljanju znanja i nakon adekvatne obrade ažuriranih podataka donose se odluke o merama koje će se primenjivati.



Slika 3. Prikaz formiranja lokomotiva modularnim konceptom

Ovaj vid gradnje ima višestrukih prednosti jer se njime postiže daleko brža i kvalitetnija proizvodnja, a kao rezultat se dobija vozilo sa većom pouzdanošću. Ovo može da se tvrdi iz prostog razloga što se vozilo jednostavno montira iz već gotovih modula koji su unapred ispitani i provereni.

3. ODRŽAVANJE ŽELEZNIČKIH VUČNIH VOZILA GRAĐENIH MODULARNIM NAČINOM

Modularni princip gradnje lokomotiva bi u osnovi podrazumevao da se na njima obavezno ugrađuju posebni dijagnostički sistemi, koji bi imali ulogu da prate funkcionisanje modula. Ujedno ovakvi dijagnostički sistemi bi automatski signalizirali pojavu eventualnih otkaza na modulima. Na pomenuti način u mnogome bi se pojednostavilo utvrđivanje nastalih kvarova na lokomotivi.

Ako bi se prihvatio ovakav način gradnje železničkih vučnih vozila on bi podrazumevao i velike reforme u organizacijama koje se bave remontom. Reforme bi se prvenstveno sastojale u sledećem:

Organizacije koje se bave remontom morale bi da dobijaju podatke o mobilizaciji i imobilizaciji vučnih vozila. Zatim organizacija bi morala da vrši stalna praćenja o vrsti otkaza, mestima i njihovoj brojnosti. Na osnovu ovih podataka radna organizacija koja se bavi remontom unapred bi mogla da planira količinu i vrstu gotovih modula na skladištu. Inače sam remont železničkog vučnog vozila sastojao bi se u tome da se ustanovi na kome modulu je došlo do otkaza ili oštećenja a zatim bi se isti samo demontirao sa lokomotive i na njegovo mesto bi se montirao novi ispravan modul. Ovim bi remont lokomotive što se tiče vlasnika lokomotive bio završen. Na ovaj način bi se umnogome smanjila imobilizacija lokomotiva.

Inače nakon demontaže neispravnih modula oni bi se posebno remontovali ili u samoj remontnoj organizaciji ili u organizaciji koja ih je proizvela. Tek od ovog momenta remont lokomotiva građenih modularnim principom i lokomotiva građenih na klasičan način ima dodirnih tačaka, zato što se tek pri remontu modula vrši detaljna demontaža, defektaža i popravka neispravnih delova. Ovakav način remontovanja lokomotiva bi zbog učešća velikog broja organizacija zahtevao neophodno uvođenje sistema kvaliteta i sistema ekspertnog praćenja otkaza na lokomotivama. Ovo bi bilo neophodno iz razloga povećanja stepena pouzdanosti lokomotiva.

4. ŽELEZNIČKI PROPISI I KONCEPT MODULARNE GRADNJE

Uvođenjem modularnog koncepta gradnje mora da dođe i do promene postojećih železničkih propisa. Propisi bi morali da se menjaju u onom delu koji se odnosi na postupke pri remontovanju vučnih vozila. Ovo iz razloga što se po konceptu modularne gradnje remont lokomotiva iz osnove menja.

Kod remonta pojedinačnih neispravnih modula mogao bi da se primeni deo postojećih propisa. Eventualna mogućnost primene dela postojećih propisa sastoji se u tome da se tek pri remontu modula vrši detaljna demontaža, defektaža, popravka i ispitivanje.

5. ZAKLJUČAK

Prednosti, u odnosu na klasičan način gradnje i remonta železničkih vučnih vozila, gradnje i remonta po modularnom konceptu su očigledne. Osnovne prednosti su u tome da se kao proizvod dobija savremena, ekonomična i pouzdanija lokomotiva. Ujedno velika prednost ovog koncepta je u tome da se vreme imobilizacije vučnih voznih sredstava svodi na najmanju moguću meru, zbog veoma kratkog zadržavanja lokomotiva u remontu i težnji da se vremenom pouzdanost toliko poveća da lokomotiva, unutar propisanog termina, od remonta do remonta saobraća bez otkaza.

LITERATURA

[1] Dimitrije Dinić, "Metro i sistemi za masovni prevoz putnika", Naučna knjiga, Beograd 1990.

[2] Dragoslav Pajić, "Vučna vozila", Zavod za novinsko-izdavačku delatnost JŽ, Beograd 1981.

[3] Elin, "Systems and Components for Mail Line", Wien 1996.

[4] Fiat Ferroviaria, "Tehnical Data T.C.D.D. Diesel Railcar", Torino 1994.

[5] Gecalsthom, "Transport ferroviaire", Paris 1994.

[6] Krauss Maffei: "Transport Systems", München 1994.

[7] Krauss Maffei: "Transport Systems", München 1995.

[8] Tehnička enciklopedija, Tom VII, Jugoslovenski leksikografski zavod, Zagreb 1980.

[9] Zdravko Valter: "Dizelelektrične lokomotive", Školska knjiga, Zagreb 1985.

Osnovne performanse budućih dizel motornih vozova JŽ

*Dragoljub Mandić, Mirjana Stevanović, Slobodan Rosić**

Apstrakt: *Problematika dizel motornih vozova na JŽ je danas veoma aktuelna obzirom na izuzetno zastareo vozni park ovih vozila, čija imobilizacija prevazilazi sve dopuštene veličine. Iako je najveći broj ovih vozila izgrađen u našoj zemlji, ta tradicija je prekinuta i u poslednjih više od 30 godina nešto malo kupljenih novih vozila je bilo iz uvoza.*

Prema tome, u narednom periodu je neminovna nabavka novih vozila. Postavilo se logično pitanje osnovnih eksploataciono-tehničkih karakteristika tih vozila, koje moraju proizaći prvenstveno iz planirane organizacije saobraćaja, tehničkih karakteristika mreže neelektrifiiranih pruga i planiranih poboljšanja tih karakteristika. Iz tih razloga JŽTP Beograd je naručio izradu projekta koji mora odgovoriti na ova pitanja.

1. Postupak definisanja osnovnih erformansi dizel motornih vozova

Na Katedri za vozna sredstva i vuču, Saobraćajnog fakulteta Univerziteta u Beogradu, se od kraja osamdesetih godina permanento radi na razvijanju metoda i postupaka vezanih za definisanje osnovnih karakteristika železničkih vozila i izbora adekvatnih vozila. Jedan od radova sa rezultatima tih istraživanja je saopšten i na VI simpozijumu "Tehnika šinskih vozila", 1994. godine u Nišu.

Osnov ovog postupka čini algoritam po kome eksploataciono-tehničke performanse budućih vozila moraju da proizađu iz planiranih zadataka koje treba da obavljaju ta vozila, tehnologije odvijanja saobraćaja kao i današnjih i budućih tehničkih karakteristika mreže pruga na kojoj treba da rade.

Kada je reč o dizel motornim vozovima, osnovni problem pri primeni definisanog postupka je odrediti mrežu pruga na kojoj će raditi buduća vozila. Ovo zato što danas neelektrifiicirane pruge neće ostati i u budućnosti. Naime, planom dalje elektrifikacije, u pojedinim fazama budućeg razvoja mreže, predviđena je dalja elektrifikacija pruga, tako da će se mreža neelektrifiiranih pruga smanjivati.

2. Rezultati istraživanja osnovnih performansi dizel motornih vozova

Istraživanje i definisanje osnovnih performansi dizel motornih vozova je obuhvatilo celokupnu mrežu danas neelektrifiiranih pruga. Na toj mreži pruga, saobraćaj koji treba da obavljaju budući dizel motorni vozovi treba da podmiri zahteve putnika iz 19 većih gradova i to: Subotica, Sombor, Novi Sad, Senta, Kikinda, Zrenjanin, Vršac, Šid, Ruma, Požarevac, Zaječar, Niš, Kragujevac, Kraljevo, Svilajnac, Kuršumlija, Kosovska Mitrovica, Kosovo Polje i Podgorica.

2.1. Tehnički elementi mreže nelektrifiiranih pruga

Obzirom na današnje stanje pruga, koje karakteriše znatan stepen istrošenosti i neadekvatnog održavanja, zaključeno je da nova, savremena vozila ima smisla uvoditi samo na onim relacijama na kojima će prethodno biti izvršen remont pruga i njihove tehničke karakteristike dovedene bar u projektovano stanje. Podaci o dozvoljenim masama po osovini vozila pokazuju da je stanje uslovno zadovoljavajuće, jer je samo na oko 4,3% mreže ono ispod 14 t/osovini (tabela 1.).

* Dr Dragomir Mandić, dipl. ing., vanredni profesor, Mr Mirjana Stevanović, dipl. ing. asistent pripravnik, Slobodan Rosić, dipl. ing., asistent pripravnik, Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu, Vojvode Stepe 305, 11000 Beograd

DOZVOLJENA MASA PO OSOVINI NA MREŽI NEELEKTRIFICIRANIH PRUGA JŽ

Tabela 1

Kategorija pruge	Dužina (km)	Procentualno (%)	Kumulativno (%)	Kumulativno (%)
A'	67.7	2.89		
A"	32.8	1.40		
A	770.6	32.89	37.18	
B1	58.2	2.48		
B2	293.6	12.53	15.01	52.19
C2	91.2	3.89		
C3	549.3	23.44	27.33	
D2	79.9	3.41		
D3	326.9	13.95		
D4	73.0	3.12	20.48	47.81
SUMA	2343.2	100.00	100.00	100.00

I maksimalni otpori na mreži ovih pruga, (danas 32 pruge), su uslovno zadovoljavajući, jer je samo na dve od njih (Crveni Krst-Prahovo pristanište i Podgorica-Nikšić) on veći od 20 ‰ .

Podaci o minimalnim radijusima krivina na ovim prugama pokazuju da ima 10 krivina sa radijusima do 200 m, a čak 197 do 300 m.

Projektovane maksimalne dozvoljene brzine su za današnje uslove nezadovoljavajuće, jer na 54,91 % dužine ovih pruga one ne prelaze 60 km/h, a samo na 20,63 % su između 85 i 100 km/h. Preko 100 km/h nisu dozvoljene. Kada se analiziraju podaci o današnjem stanju, sa velikim brojem laganih vožnji, situacija je znatno lošija. Vezani za brzine su i prelomi brzina na pojedinim prugama, i praktično nema pruge bez znatnog broja preloma. Najveći broj preloma brzine, 29, je na pruzi Kraljevo-Kosovo Polje-Đenerala Janković.

Rastojanja između službenih mesta pokazuju velike razlike i kreću se od nekoliko stotina metara do preko 10 km. Rastojanja do 3 km između službenih mesta čine 49 % a do 6 km 73 % svih rastojanja.

Danas postoji 491 službeno mesto na mreži neelektrificiranih pruga na kojima je predviđeno zaustavljanje putničkih vozova.

Najlošija situacija je sa opremljenošću službenih mesta savremenim signalno-sigurnosnim uređajima. Naime, samo 53 su opremljena elektro relejnim uređajima, a interesantno je da 67 službenih mesta (stajališta) osim oznake stajališta nema nikakve druge uređaje.

Slična je situacija i sa opremljenošću službenih mesta peronima. Samo 3 službena mesta imaju srednje perone, 111 niske, 166 nasut teren u visini GIŠ-a a ostala nemaju ni nasut teren.

2.2. Planirana organizacija saobraćaja

Kako neelektrificirane pruge najčešće povezuju gradove i nalaze se u regionima sa manjim brojem stanovnika, a često su to i kraće pruge sasvim lokalnog značaja, na njima se pojavljuju relativno mali tokovi putnika. One pruge na kojima se pojavljuju veći tokovi putnika su predviđene za elektrifikaciju. Tako, sve neelektrificirane pruge na kojima danas saobraćaju daljinski putnički vozovi su predviđene za elektrifikaciju u bliskoj budućnosti, osim pruga Požarevac-Zaječar-Prahovo pristanište i Subotica-Horgoš. Da bi se u budućnosti organizovao efikasan putnički saobraćaj na ovoj mreži pruga, neophodno je da se on zasniva na sledećim principima:

- svi vozovi za prevoz putnika na određenom delu mreže treba da čine jednu celinu, sa što tačnijim redom vožnje i usaglašenim vremenima dolazaka i polazaku u spojnim stanicama,
- na većini pruga treba da saobraćaju najviše dve kategorije vozova i to regionalni, koji saobraćaju na dužim relacijama i staju na većim stanicama i prigradski, koji saobraćaju na kraćim relacijama i staju na svim službenim mestima,
- na prugama koje su predviđene za elektrifikaciju u bliskoj budućnosti, organizacija saobraćaja u periodu do elektrifikacije treba da bude što je moguće sličnija predviđenoj organizaciji po uvođenju elektro vuče, ali po obimu koji neće zahtevati nabavku vozila koja će posle postati višak.

Na osnovu ovih principa i iskustava drugih železničkih uprava planirana je takva organizacija saobraćaja na svim prugama koja obezbeđuje polazak vozova u toku dana po maksimalno mogućem taktnom redu vožnje sa taktom od 2 sata. U

vršnim periodima (jutarnjem ka gradovima i popodnevnim od gradova) takt se smanjuje na 1 sat a tamo gde je potrebno u toku vršnog sata takt je samo 30 minuta. Ovo znači da u toku dana treba obezbediti bar 10 polazaka u jednom smeru.

Analizom tokova putnika za navedenih 19 gradova utvrđeno je da je na mreži neelektrificiranih pruga potrebno definisati tri kategorije vozova i to regionalne, prigradske i pogranične regionalne. Samo na najdužim relacijama, kakva je Mala Krsna-Zaječar-Praho-vo pristanište, predviđeno je pokretanje i daljinskih vozova. Ovakva organizacija saobraćaja znači da će za svih 19 gradova biti 27 regionalnih, 38 prigradskih i 6 regionalno-pograničnih relacija. Pored ovih postoji i jedna daljinska relacija, Beograd-Požarevac-Zaječar. Po gradovima ove relacije su raspoređene na sledeći način:

- Subotica-3 prigradske, 3 regionalne, 1 reg. pogranična (Subotica-Segedin)
- Sombor-6 prigradskih, 3 regionalne i 2. reg. pog.(Sombor-Vukovar, Sombor-Osijek)
- Novi Sad-4 prigradske i 2 regionalne
- Senta-2 prigradske i 2 regionalne
- Kikinda-2 prigradske, 2 regionalne i 1. reg.pogranična (Kikinda-Žombolj)
- Zrenjanin-2 prigradske i 4 regionalne
- Vršac-1 prigradska i 2 regionalne
- Šid-1 prigradska
- Ruma-1 prigradska, 1 regionalna i 1 reg.pogranična (Ruma-Tuzla)
- Požarevac-1 prigradska, 1 regionalna i 1 daljinska
- Zaječar-1 prigradska, 4 regionalne i 1 daljinska
- Niš-4 prigradske i 3 regionalne
- Kragujevac-3 prigradske
- Kraljevo-4 prigradske i 2 regionalne
- Svilajnac-1 prigradska
- Kuršumlija-1 regionalna i 1 prigradska
- Kosovska Mitrovica-1 prigjradska i 2 regionalne
- Kosovo Polje-3 prigradske, 4 regionalne i 1 reg.pogranična (K.Polje-Skoplje)
- Podgorica-1 prigradska.

3. Osnovne performanse budućih dizel motornih vozova

Na osnovu prikazanih i drugih parametara bitnih za definisanje osnovnih eksploataciono-tehničkih karakteristika budućih dizel motornih vozova, utvrđeno je da to treba da budu:

3.1. Dve vrste vozila, jedna za prigradski i druga za regionalni saobraćaj,

3.2. Kapacitet prigradskih vozila oko 150 mesta, od čega oko 80 za sedenje i za regionalne 120 mesta od čega 100 za sedenje,

3.3. Dvodelne vozne jedinice i za prigradski i za regionalni saobraćaj,

3.4. Maksimalna širina vozila ne preko 3150 mm, minimalna širina ne ispod 2800 mm, maksimalna dužina vozila ne preko 40 m, maksimalna dužina pojedinog elementa vozila ne preko 20 m,

3.5. Visina poda vozila od GIŠ-a koliko god je moguće duž vozila i u zoni vrata 500 mm (alternativno 750 mm),

3.6. Maksimalna eksploataciona brzina vozila 100 km/h,

3.7. Maksimalna masa po osovini sa putnicima nikako preko 14 t/osovini,

3.8. Mogućnost savladavanja krivina radijusa 200 m u saobraćaju i 80 m u depoima i radionicama,

3.9. Maksimalni uspon koji treba da savladaju 16 ‰ ako je moguće maksimalnom brzinom a 26 ‰ nešto nižom brzinom,

3.10. Raspored sedišta treba da bude 2+1 za prigradski saobraćaj a 1+1 u zoni vrata i 2+2 za regionalni saobraćaj,

3.11. Širina prolaza između sedišta ne ispod 700 mm,

3.12. Što veći slobodan prostor oko vrata, sa smanjenim brojem sedišta

3.13. Kod vozila za prigradski saobraćaj bez pregradnih vrata prema unutrašnjosti vozila, ali sa lakim, providnim pregradama ispred prvih sedišta da bi se smanjio uticaj spoljašnjih vremenskih uslova u trenucima stajanja vozila. Kod vozila za regionalni saobraćaj pregradni zidovi sa vratima bi bili poželjni između vrata i unutrašnjosti vozila,

3.14. Kod vozila za prigradski saobraćaj ne treba prostor za posebne namene ali kod regionalnih treba

3.15. Najmanje po dvoja dvokrilna vrata na svakoj strani vozila,

3.16. Upravljačnica na svakom kraju vozila,

3.17. Obezbediti prosečno ubrzanje ne manje od 0,6 m/sec^2 do 60 km/h a u polasku i znatno više,

3.18. Mogućnost sprezanja do 3 osnovne garniture,

3.19. Ne predviđati mogućnost korišćenja vozila za druge svrhe (druge kategorije vozova),

3.20. Ozvučenje cele garniture,

3.21. Predvideti mogućnost ugradnje RDU ili nekog drugog sistema mobilnih veza

3.22. Predvideti savremeno osvetljenje, grejanje i provetravanje vozila uz ostavljen prostor za ugradnju klima uređaju u perspektivi,

3.23. Predvideti savremen sistem identifikacije relacija digitalnim ili drugim displejima na čeonim i bočnim stranicama vozila,

3.24. Zabranjeno pušenje u vozilima u prigradskom saobraćaju a za vozila u regionalnom saobraćaju predvideti poseban odeljak za pušače,

3.25. Vozila u prigradskom saobraćaju ne opremati sanitarnim čvorom, a za vozila u regionalnom saobraćaju obavezno predvideti sanitarni čvor,

3.26. U unutrašnjosti vozila predvideti dovoljan broj i tako raspoređene šipke i rukohvate da putnik ma gde stajao može da dohvati neki od njih,

3.27. Projektovati takve kočione sisteme koji će u slučaju nužde obezbediti dužinu zaustavnog puta do 400 m, što od brzine od 100 km/h do zaustavljanja znači usporenje od oko 1 m/sec^2.

4. Potreban broj vozila

Na osnovu planirane organizacije saobraćaja i globalnog projekta te organizacije za svaki grad i relaciju, kao i predviđanja da se u najskorije vreme uvede takav saobraćaj (u podacima prikazano kao "danas"), i u dve faze od kojih je prva po elektrifikaciji pruga po normalizaciji stanja na prostoru Jugoslavije i druga faza u daljoj elektrifikaciji pruga koje su predviđene, utvrđeno je da bi bilo potrebno 82 garniture "danas", 81 garnitura u I fazi i 76 garnitura u II fazi (tabela 2). Naravno svi ovi podaci se odnose na potreban radni park ovih vozila, a da bi se dobio inventarski potrebno je ovaj broj uvećati za neradni park.

PRORAČUN POTREBNOG BROJA GARNITURA

Tabela 2

Grad	Relacija	Danas broj		I faza broj		II faza broj	
		pol.	gar.	pol.	gar.	pol.	gar.
Subotica	Subotica - Sombor	14	2	14	2	-	-
	Subotica - Bogojevo	4	1	4	1	5	1
	Subotica-Horgoš	5	1	11	2	11	2
	Subotica - Segedin	2+2	*1	3+3	*1	3+3	*1
	Subotica - Senta	9	1	9	1	9	1
	Subotica - Kikinda	5	1	5	1	5	1
	Subotica - Zrenjanin	-	-	4	1	4	1
Sombor	Sombor - Apatin Fabrika	9	1	19	2	19	2
	Sombor - Vrbas	6	1	10	2	10	2
	Sombor - Vrbas - Bečej	5	1	5	1	5	1
	Sombor - Sivac	8	1	11	1	11	1
	Sombor - Bogojevo	9	1	14	2	14	2
	Sombor - Bač	5	1	10	1	10	1
	Sombor - Vukovar	-	-	-	-	2	1
	Sombor - Osijek	-	-	-	-	2	1
Senta	Senta - Novi Kneževac	17	1	17	1	17	1
Kikinda	Kikinda - Ban. Aranđelovo	9	1	9	1	12	2
	Ban. V. Selo-Kikiknda-N. Bečej	9	1	9	1	12	2
	Kikinda - Žombolja	4	1	4	1	4	1
Zrenjanin	Zrenjanin - N. Bečej	9	1×2	9	1×2	9	1×2
	Zrenjanin - Jaša Tomić	9	1	9	1	9	1
	Zrenjanin - Pančevo	7	1×2	7	1×2	-	-
	Zrenjanin - Vršac	6	1	6	1	6	1
	Kikinda - Zrenjanin - Pančevo	4	1	4	1	-	-

Novi Sad	Novi Sad-Oxaci-Karavukovo	9	1	18	2	-	-
	Novi Sad-Bačka Palanka	5	1	5	1	-	-
	Novi Sad-Bogojevo-Sombor	6	1	6	1	-	-
	Novi Sad-Bečej	7	1	14	2	14	2
	Novi Sad-Titel	-	-	9	1×2	9	1×2
	Novi Sad-Orlovat St.	6	1	10	2	10	2
Vršac	Vršac-Bela Crkva	12	1	12	1	12	1
	Vršac-Pančevo	14	2	-	-	-	-
Ruma	Ruma-Zvornik Grad	10	2	10	2	10	2
	Ruma-Šabac-Loznica	6	1	12	2	12	2
	Ruma-Tuzla	-	-	-	-	2	1
Šid	Šid-Bijeljina	12	2	12	2	15	3
Požarevac	Požarevac-Kostolac	18	1	18	1	18	1
	Požarevac-Majdanpek	9	2	9	2	9	2
	(Beograd)-Požarevac-Zaječar	4	1	8	2	8	2
Svilajnac	Markovac-Resavica	6	1	6	1	12	2
Zaječar	Zaječar-Prahovo Pristanište	6	1	12	2	12	2
	Zaječar-Majdanpek	12	2	12	2	15	3
	Bor-Zaječar-Knjaževac	5	1	5	1	5	1
	Zaječar-Knjaževac	10	2	10	2	15	3
Kragujevac	Kragujevac-Lapovo	14	3	-	-	-	-
	Kragujevac-Kraljevo	12	2	-	-	-	-
	Kragujevac-Gruža	7	1	-	-	-	-
Kraljevo	Kraljevo-Stalać	15	3	-	-	-	-
	Kraljevo-Čačak	11	2	-	-	-	-
	Kraljevo-Još. Banja	9	1	12	2	-	-
	Požega-Kraljevo-Stalać	5	1	-	-	-	-
	Kraljevo-Kos. Polje	4	1	4	1	-	-
Niš	Niš-Knjaževac	9	2	9	2	-	-
	Niš-Svrljig	9	1	9	1	-	-
	Niš Prahovo Pristanište	4	1	8	2	8	2
	Niš-Bela Palanka	6	1×2	-	-	-	-
	Niš-Dimitrovgrad	5	1×2	-	-	-	-
	Niš-Prokuplje	9	1	12	2	-	-
	Niš-Kosovo Polje	3	1×2	3	1×2	6	2×2
Kuršumlija	Prokuplje-Kuršum.-Podujevo	5	1	5	1	9	2
Priština (Kosovo Polje	Kos. Polje-Zvečan	9	1	12	2	-	-
	Kos. Polje-Podujevo	9	1	9	1	12	2
	Priština-K. Polje-Uroševac	9	1	9	1×2	9	1×2
	Priština-K. Polje-Đ. Janković	4	1	4	1	6	1
	Kos. Polje-Skoplje	2	*2	2	*2	4	1
	Priština-K. Polje-Peć	5	1	10	2	10	2
	Priština-K. Polje-Prizren	5	1	5	1	10	2
Kos. Mitrovica	Kos. Mitrovica-Još. Banja	6	1	6	1	-	-
Podgorica	Podgorica-Nikšić	12	2	-	-	-	-
Ukupan broj garnitura			82		81		76

*[1]2 polaska obavlja garnitura sa relacije Subotica-Horgoš, a 2 MAV garnitura
*[2] Zajednička garnitura sa relacijom Kosovo Polje-Đen. Janković.

Zaključak

Na osnovu izvršenih istraživanja može se zaključiti da je prikazani pristup i rezultati koji su proizašli, pravi način definisanja osnovnih performansi budućih vozila i njihov potreban broj. Rezultati pokazuju da je opravdano planirati nabavku manjih, dvodelnih, dizel motornih vozova, sa niskim podom. Na osnovu tehničkih karakteristika pruga, maksimalnih brzina koje treba da razvijaju i veličine vozova je jasno da instalisana snaga ne treba da bude prevelika, tj. da je reč o jeftinijim vozilima. Takođe prikazani rezultati pokazuju da je u planu nabavke novih vozila potpuno opravdano razmišljati o tehnički istim vozilima za prigradski, regionalni i regionalno-pogranični saobraćaj samo sa različitim enterijerom. To drugim rečima znači praktičnu unifikaciju svih delova tih vozova osim sanitarnog čvora, pregradnih zidova za regionalne vozova i sedišta. Ako se pogledaju i rezultati projekta za definisanje osnovnih eksploataciono-tehničkih karakteristika elektro motornih vozova, koji je urađen 1996. godine, potpuno je racionalno razmišljati o unificiranim mnogim konstruktivnim elementima i za te vozove. Maksimalno uključivanje domaće industrije u nabavku svih ovih vozova, pored ekonomskih efekata imao bi i mnoge prateće pozitivne efekte, (istraživanje, projektovanje, koope raciju sa industrijama razvijenih zemalja i transfer novih tehnologija), te na tome treba maksimalno insistirati.

Literatura

1. D. Vuković, D. Mandić, "Definisanje osnovnih karakteristika vozila lokalnog putnič-kog saobraćaja na mreži neelektrificiranih pruga JŽ u budućnosti", časopis "Železnice", Beograd, Vol. 51 No 3, 1995. god., str. 253 - 257
2. D. Mandić, "A Model for Establishing Routes, Numbers of Departures and of Reljuired Vehicles on a Line", Collection of Abstracts, (Zbornik abstrakata recenziranih radova), The 6 World Conference on Transport Research, Lion, Francuska, 29. 06.-03.07.1992., str. 168.
3. D. Mandić, D. Vojinović, D. Vuković, "Kompleksnost definisanja osnovnih eksploataciono-tehničkih performansi novih železničkih vozila", časopis "Železnice", Beograd, Vol. 50 No 7- 8, 1994. god. str. 435 - 440.
4. D. Mandić, "Osnovne eksploataciono-tehničke performanse novih elektromotornih vozova za prigradsko-gradski saobraćaj na JŽ", zbornik radova sa VII internacionalnog naučno-stručnog simpozijuma "Tehnika železničkih vozila", Niš. 01-03.10.1996.
5. D. Mandić, S. Rosić, M. Stevanović, "Saobraćajna istraživanja - prethodnica projektovanja novih vozila na primeru budućeg elektromotornog voza za prigradsko-gradski saobraćaj", zbornik radova sa VII internacionalnog naučno-stručnog simpozijuma "Tehnika železničkih vozila", Niš. 1-3.10.1996.
6. D. Mandić, M. Stevanović, S. Rosić "Specification of basic operational/technical performances of new railway vehicle for suburban/urban transport", 2st International Conference on Urban Transport and the Environment for 21st Century, Barcelona, Spain, 2-4.10.1996.
7. D. Mandić, Z. Milićević, "A procedure for establishing the basic performances essential for selection of traction drive – On an example of a new EMU for suburban-urban transport in Yugoslavia", International Conference on Developments in Mass Transit Systems, London, UK, 20-23.04.1998., Collection of papers
8. D. Mandić, D. Durković, "Razvoj železničkih voizila u skladu sa razvojem mreže", časopis "Tehnika", Beograd, br. 4, 1999. str. 163-165
9. S. Rosić i D. Mandić, "A Model for Choice of an Optimal Vehicle for Railway Commuter Traffic", rad objavljen u zborniku radova International conference Automatization in Transportation Systems str. 45-55, Trst, 23-25.06.1993.
10. M. Čičak i D. Mandić, "Metode za dimenzionisanje parka železničkih vučnih vozila", pregledni rad, časopis "Tehnika", separat "Saobraćaj" br 7-8, 1991. godine, str. S7-S12
11. Inovacioni projekt "Razvoj domaćeg vozila za prigradsko-gradski putnički saobraćaj na mreži elektrificiranih pruga - Istraživanje i definisanje eksploataciono-tehničkih performansi", Institut Saobraćajnog fakulteta - Katedra za vuču i vozna sredstva, JŽTP Beograd, MIN DD Lokomotiva, MINEL ELVO, GOŠA Fabrka šinskih vozila, 1995.

Primena RAR legura u saobraćaju

Rato Ninković

***Rezime**-Efektivnost održavanja mašina zavisi od mnogih faktora među kojima značajno mesto ima i izbor materijala za komponente u klizanju koje su neminovno izložene trenju i habanju.Zbog toga se za izradu ovih komponenti najčešće koriste različite legure obojenih metala.*
Cink-aluminijumske legure, koje se razmatraju u ovom radu su legure novije generacije, pogodne za izradu kliznih elemenata kod mnogih mašina u železnici, brodarstvu, kao i industriji (kod vučnih vozila, kompresora, pumpi, mašina, alatki itd).
Istraživanja, čiji je deo rezultata prikazan u ovom radu, pokazuju da mehanička i triboloska svojstva Zn-Al legura odgovaraju zahtevima materijala za klizne elemente i da se ovaj materijal javlja kao dobra alternativa za mnoge bronze i bele metale, naročito u uslovima velikih opterećenja i pri malim brzinama klizanja a koji dominiraju u železnici.
***Ključne reči**- železnica, klizni ležaj, bronza.*

1. UVOD

Iako konvencionalni ležišni materijali (posebno bronze) još uvek dominiraju u železnici u poslednje dve decenije sve je veći broj publikovanih informacija o rezultatima istraživanja mogućnosti njihove supstitucije cink-aluminijumskim legurama [1,2,3,4]. Osnovni motiv ovakvih istraživanja, svakako je ekonomske prirode. Naime, Zn-Al legure odlikuje znatno niža cena, čak 30 do 50%, u serijskoj proizvodnji.

Koncept korišćenja Zn-Al kliznih ležaja kao zamene za bronzane nije nov [2]. Prva iskustva vezuju se za period II svetskog rata, kada su različite Zn-Al legure korišćene umesto bronze, prevashodno kod tenkova. Osim za ležišta ZnAl legure korišćene su i za druge mašinske elemente, kao što su pužni točkovi, komponente hidrauličkih instalacija i dr.

Sumirajući svetska iskustva, na bazi laboratorijskih istraživanja i istraživanja pri eksploataciji može se izvesti zaključak da ZnAl legure u poredjenju sa bronzom imaju bolje antifrikcione karakteristike, bolje karakteristike sa stanovišta režima uhodavanja, bolju sposobnost utiskivanja abrazivnih čestica, niži koeficijent trenja, duži vek trajanja i nižu cenu koštanja. Na bazi ovakvih svetskih iskustava Evrope i Amerike u oblasti ZnAlCuMg legura i sopstvenih istraživanja pre desetak godina RAR Beograd koristeći isključivo domaće sirovine počinje sa njihovim livenjem, i to pre svega onih sa sadržajem aluminijuma preko 10% kao što su RAR-12 i RAR-27. Ostvarena dobra nosivost i otpornost na habanje omogućili su primenu ovih legura posebno kod železničkih vučnih vozila i mehanizacije za elemente, kao što su klizni radijalni i aksijalni ležaji, razne čaure, navrtke za navojna vretena, vodjice i drugo.

2. EKSPERIMENT

Tribometrijska ispitivanja su modelskog tipa i obavljena su na na kompjuterski podržanom tribometru. Na bazi zahteva za ostvarivanjem sličnosti vrste kontakta i tipa relativnog kretanja na modelu i realnom sistemu za tribološko modeliranje kliznog ležaja izabrana je (u tribometrijskoj praksi najprisutnija) pin on disk kontaktna šema sa kontinualnim klizanjem. Kako je u realnom tribološkom sistemu ležaj/rukavac ležaj tribološki kritični kontaktni element, na modelu njemu odgovara stacionarni pin - zbog malog stepena prekrivanja tribološki ugroženiji kontaktni element u kontaktnom paru na modelu.

U obavljenim testovima korišćeni su pinovi cilindričnog oblika prečnika 2.5 mm sa ravnom brušenom čeonom (kontaktnom) površinom (nominalna kontaktna površina 5 mm^2) izradjeni od ispitivanih ležišnih materijala. Rotacioni diskovi prečnika 100 mm izradjeni su od konstrukcijskog čelika Č 4732, koji je termički tretiran, tvrdoće 38 HRC. Kontaktne površine obradjene su brušenjem pod istim uslovima. Kvalitet obradjenih kontaktnih površina pinova i diskova karakteriše hrapavost na nivou oko Ra = 0.3 μm.

U radu se iznosi deo rezultata koji pružaju mogućnost tribološkog poredjenja RAR ZnAl legure sa komercijalnom oznakom RAR 27 livenom u kokili i olovno kalajne bronze CuPb15Sn8. Hemijski sastavi i fizičko-mehanička svojstva ovih materijala data su u tabelama 1,2,3.

Tabela 1. Hemijski sastav CuPb15 Sn8

Hemijski element	Procentualni sastav
Cu	76.0
Sn	7.63
Pb	12.31
Ostatak	Nečistoće

Tabela 2. Hemijski sastav RAR-27

Hemijski element	Procentualni sastav
Al	26.20
Cu	2.30
Mg	0.029
Zn	Ostatak

Mr Rato Ninković dipl. ing. maš., „RAR" Batajnica, Bosanske krajine 22, e-mail: rato@eunet.yu

Tabela 3. Fizičko-mehanička svojstva epruveta

Fizičko-mehaničko svojstvo	Ispitivani materijali	
	RAR 27	Cu Pb15Sn8
Tvrdoća (HB)	122	90
Zatezna čvrstoća Rm (MPa)	425	188.9
Izduženje (%)	5.,2	7.85
Granica tečenja $R_{p0,2}$ (MPa)	353	131.7
Modul elastičnosti E (GPa)	82	110
Gustina ρ (kg/dm^3)	4.94	9.1

Ispitivanja odabranih uzoraka parova materijala vršena su pri sledećim uslovima:

- Brzina klizanja: 0,15 m/s
- Kontaktni pritisak : 3, 5 i 7 MPa
- Vrsta podmazivanja: Granično
- Temperatura maziva : 50° C
- Uslovi okoline: Sobna temperatura (20 do 25 ° C) i atmosferski uslovi

3. REZULTATI ISPITIVANJA

Pojedinačni tribometrijski testovi za svaku od kombinacija kontaktnih uslova sprovedeni su u trajanju od 4.5 časova, što odgovara putu trenja od 3000 m. Periodičnim merenjem habanja težinskom metodom i neprekidnim merenjem parametara trenja generisane su serije podataka čijom obradom su dobijeni rezultati koji mogu poslužiti za poredjenje tribološkog ponašanja RAR 27 legure i olovno-kalajne bronze u uslovima graničnog podmazivanja.

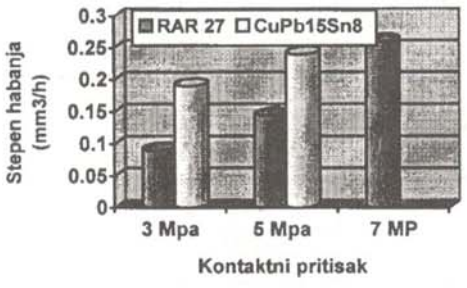
Za poredjenje legura na slici 1. izabran je zapreminski stepen habanja, jer je on u direktnoj korelaciji sa linearnim habanjem koje je u realnom sistemu kliznog ležaja odgovorno za porast zazora i gubitak radne sposobnosti ležaja.

Uobičajeno je danas da se zbog omogućavanja direktne uporedivosti triboloških svojstava materijala, do kojih se dolazi u različitim kontaktnim uslovima, najčešće koristi parametar koji predstavlja veličinu habanja po jedinici normalnog kontaktnog opterećenja i puta trenja.

Tabela 4. Intenzitet habanja legura RAR-27 i CuPb15Sn8

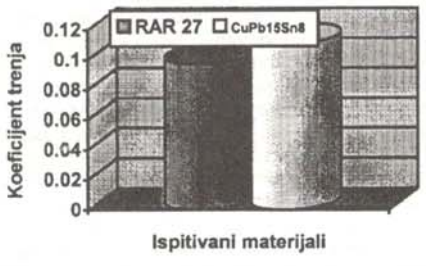
Kontaktni pritisak (MPa)	RAR-27		CuPb15Sn8	
	Intenzitet habanja X 10^{-6} (mm^3/Nm)	Koeficijent trenja	Intenzitet habanja X 10^{-6} (mm^3/Nm)	Koeficijent trenja
3	11.00	0.105	20.90	0.120
5	10.60	0.100	17.7	0.100
7	13.74	0.086		-
Srednje vrednosti	**11.78**	**0.097**	**19.3**	**0.11**

Ovaj parametar u literaturi prisutan kao faktor habanja prema našem standardu predstavlja intenzitet habanja. Veličine ovog parametra za legure koje se porede date su u tabeli 4., pri čemu je i u ovom slučaju za poredjenje korišćeno zapreminsko habanje. Vidi se da je stepen habanja skoro 2 puta manji za leguru RAR-27.



Slika 1. Poredjenje stepena habanja legura RAR-27 i CuPb15Sn8

Tokom trajanja opitnih operacija prema već opisanoj proceduri prikupljani su podaci o sili, odnosno koeficijentu trenja, koji se memorišu u vidu vremenskih serija. Nakon poznatog karakterističnog pada u samom početku procesa trenja sila trenja održava relativno uravnotežen nivo, bez izrazitijih trendova pada ili porasta. Ovakav razvoj procesa habanja karakterističan je za sve varirane kontaktne uslove sa stanovišta materijala, brzine klizanja i kontaktnog pritiska. S obzirom na to najpogodnije je u analizi dobijenih rezultata imati u vidu samo srednje vrednosti sila trenja, odnosno koeficijenata trenja do kojih se dolazi osrednjavanjem vremenskih serija u svim ponavljanjima za odredjene uslove kontakta (tabela 4.).



Slika 2. Poredjenje koeficijenta trenja legura RAR-27 i CuPb15Sn8

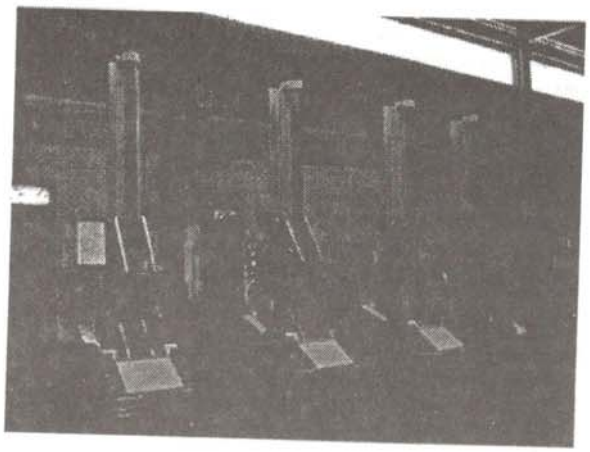
Utvrdjeni pad koeficijenta trenja sa porastom kontaktnog pritiska kod oba ispitivana ležišna materijala saglasan je poznatim principima frikcionog ponašanja metalnih materijala u uslovima graničnog trenja. Pri tome je trend pada koeficijenta trenja sa porastom pritiska znatno izraženiji kod legure RAR-27. Za sva tri nivoa kontaktnog

pritiska RAR-27 ima niže koeficijente trenja. Na osnovu dobijenih rezultata, osim izrazite prednosti u pogledu karakteristika habanja, može se uočiti i prednost u pogledu antifrikcionih karakteristika legure RAR-27 u odnosu na olovno-kalajnu bronzu, što je ilustrovano slikom 2.

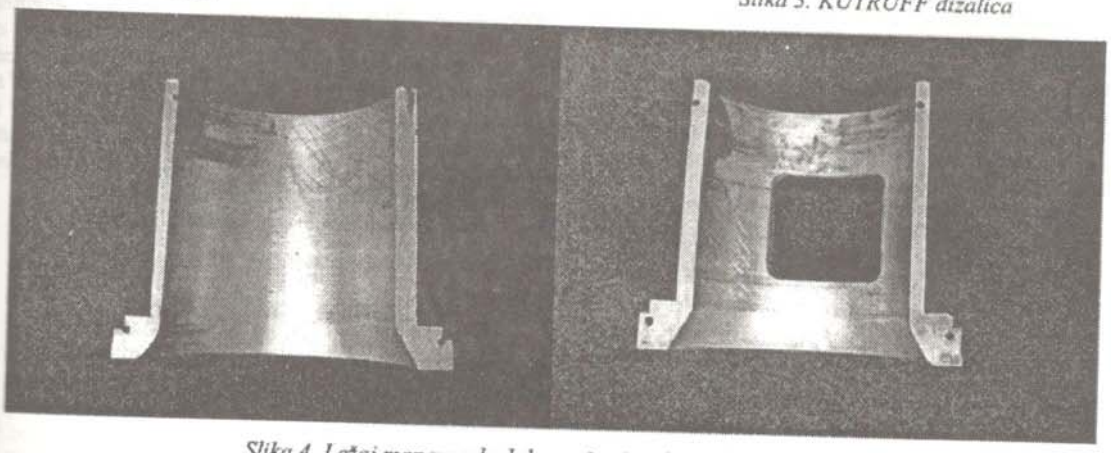
4. PRIMENA RAR LEGURA

Mnogi primeri iz prakse potvrđuju validnost RAR legura kao materijala za klizne ležaje, ali i kao konstrukcionog materijala za izradu različitih delova kod mašina i opreme. Performanse RAR legura verifikovane su i tokom eksploatacionih ispitivanja.

Dizalice: Najčešće korišćena dizalica u operativi železnice je vretenasta dizalica tip "KUTRUFF" slika 3. nosivosti 200kNa.RAR-27 se koristi kao zamena za kalajnu bronzu CuPb14, za izradu kliznih ležaja i za izradu navrtke(matice) Tr 120x18.Svi ugrađeni elementi još uvek su u eksploataciji.



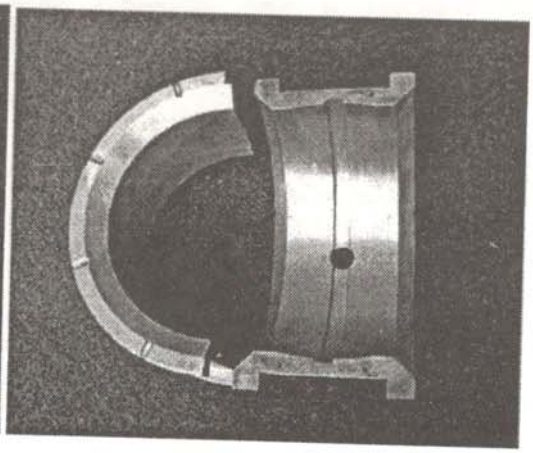
Slika 3. KUTRUFF dizalica



Slika 4. Ležaj manevarske lokomotive izradjen od legure RAR27

Lokomotive: Drugi primer korišćenja RAR legura su ležaji vučnih motora kod elektro lokomotiva manevarki (vlasnik železnički transport Kolubara-Prerada iz Vreoca). Uslovi rada ovih ležajeva su teški s obzirom na male brojeve obrtaja rukavca i česta pokretanja i zaustavljanja, kao i povremene udare. Ležaj unutrašnjeg prečnika 153 mm izradjen je od legure RAR27 kao zamena za leguru CuSn14. Na slici 4 dat je izgled ležaja nakon 48 meseci rada kada su ležaji zamenjeni.Na lokomotive Jugoslovenske železnice serije 641-136 ugrađeni su šapasti ležajevi vučnih elektro-motora 15.09.1990. godine, a u seriju 641-119 ugrađeni su 15.04.1992. godine (komplet od osam komada) i još uvek su u eksploataciji.

Slika 5. Ležaji pumpe za navodnjavanje



Slika 6. Ležaj kompresora za vazduh

Pumpe i kompresori: Primeri korišćenja RAR legura kao ležaja pumpi i kompresora za vazduh ilustrovani su na slikama 5 i 6. RAR legure su korišćene kao zamena za bele metale.

5. ZAKLJUČAK

Utvrdjeni nivo triboloških karakteristika, kako sa aspekta habanja, tako i sa aspekta trenja, pokazuju da domaće RAR legure predstavljaju respektivne tribološke materijale. S obzirom na simulirane uslove tribološke interakcije rezultati kandiduju ove legure kao ležišne materijale za uslove graničnog podmazivanja karakteristične za velika opterećenja i male brzine klizanja. U poredjenju sa bronzom imaju bolje antifrikcione karakteristike, veću otpornost na habanje i nižu cenu koštanja.

LITERATURA

Goodwin F., Ponikvar A., Engineering properies of zinc alloys, Third edition, ILZRO, 1989.

Calayag T.S., The practicality of using Zinc-Aluminium alloys for friction-type bearings, 25th Annual Conference of Metallurgists, 1986., 305-313.

Risdon T.J., Barnhurst R.J., Comparative Wear rate evalution of Zinc Aluminum (ZA) and bronze alloys trough block on ring testing and field application, SAE Techical paper series 860064

Savaskan T., Murphy S., Comparative wear behavior of Zn-Al - based alloys in an automotive engine application, Wear, 98, 1984, 151-161

Savaskan T., Murphy S., Mechanical properties and lubricated wear of ZnAl - dased alloys, Wear,116, 1987, 211-224

Rac A., Nikcevic V., Ninković R., Tribological Study of Zinc-Aluminum Alloys as Bearing Materials, INSYCONT 98, Cracow

Rac A., Babic M., Ninkovic R., Theory and practice of Zn-Al sliding bearings, BALKANTRIB'99, Romania, 1999.

USING RAR ALLOYS IN TRAFFIC

Rato Ninković

***Abstract**-Effectiveness of machine maintaining depends on various factors, very important one is choice of the material for components in skidding which are exposed to wearing and friction. That's why is usually used various alloys of non ferrous metals in production of mentioned components.*

Zinc-aluminium alloys, which are the subject of this work, are alloys of the new generation, suitable for producing skidding elements for various machines in railroad, in shipping, as well as in industry (traction engines, compressors, pumps, tools machines etc.)Results of researches, presented in this work, show that mechanical and tribological characteristics of Zn-Al alloys respond to requests for skidding element material. This material is very good alternative for various bronzes and white metals, especially in conditions of heavy loads and low skidding speed, which dominates in railroad.

***Key words**: railroad, bearing, bronze*

Radijalno-vođena obrtna postolja i druge novosti iz EMD-GMC

Prvoslav Despotović[1]

Rad predstavlja osvrt na razvoj dizel-električnih lokomotiva kod Electro-Motive Division of General Motors Corporation (EMD-GMC). Pored radijalno-vođenih obrtnih postolja, u radu se daje pregled osnovne koncepcije nove generacije dizel-električnih lokomotiva velike snage, kao i modernizacije postojećih dizel-električnih lokomotiva - bilo da su proizvedene kod EMD ili kod drugih proizvođača. Domaća stručna javnost ima poseban interes za novosti iz EMD, budući da JŽ raspolažu sa brojnim lokomotivama ovoga proizvođača, koje kao okosnica dizel-vuče kod nas, nameću potrebu da se ne samo valjano održavaju već i modernizuju.

Ključne reči: Dizel-električne lokomotive EMD

1. UVOD

Razvojne novosti iz Electro-Motive Division of General Motors Corporation (EMD-GMC), uvek su pobuđivale interes tehničkih stručnih krugova na železnici. Ovo ne iznenađuje, ako se ima na umu da je EMD bio i ostao jedna od vodećih svetskih proizvođača dizel-električnih lokomotiva i njihovih komponenti. Naša stručna javnost ima i poseban interes za novosti iz EMD, jer JŽ raspolažu sa brojnim lokomotivama ovoga proizvođača, koje kao okosnica dizel-vuče kod nas, svojim kvalitetom i pouzdanošću u eksploataciji nameću potrebu da se ne samo valjano održavaju već i modernizuju u duhu vremena i razvoja kod EMD.

Današnji razvoj kod EMD ide u nekoliko pravaca, a prvenstveno u pravcu:

- Razvoja dizel-električnih lokomotiva velike snage,
- Modernizacije postojećih lokomotiva - bilo da su proizvedene kod EMD ili drugih proizvođača.

2. DIZEL-ELEKTRIČNE LOKOMOTIVE VELIKE SNAGE

Ekonomičnost i pouzdanost lokomotiva u eksploataciji, vučne performanse, troškovi održavanja i ukupni troškovi vuče, u najvećoj meri zavise ne samo od opšteg ustrojstva lokomotiva, već i od svojstava pojedinih komponenti. Sve to objedinjeno u jednoj lokomotivi, određuje njene karakteristike i ponašanje u eksploataciji. Lokomotive EMD uživaju visoku reputaciju zahvaljujući upravo principu razvoja da se lokomotive posmatraju kao jedinstveni energetsko-eksploatacioni sistem, u kome se visoka pouzdanost lokomotiva, njihov dug radni vek i eveukupna ekonomičnost baziraju na brižljivom negovanju glavnih agregata i pomoćne opreme.

Razvoj nove generacije dizel-električnih lokomotiva velike snage EMD u potpunosti sledi prednji princip i treba ga posmatrati u sklopu stalne borbe da se železnici, a prvenstveno železničkim kompanijama u SAD i Kanadi, omogući što racionalnija vuča. Obzirom na dominantnu ulogu dizel-vuče u ovim zemljama i praksu vuče teških vozova i na najtežim prugama, postoji i trajna tražnja za sve snažnijim dizel-lokomotivama. U doba početka masovne dizelacije kada su bile raspoložive dizel-lokomotive manje snage, vuča vozova težine 7-10, pa čak i 15 hiljada tona, obavljala se sa više spregnutih lokomotiva (čak i do 15 jedinica), raspoređenih na čelu i uzduž kompozicije. Kako je raspoloživa snaga lokomotiva vremenom rasla, smanjivao se i broj lokomotivskih jedinica, ali se i danas mogu sresti kompozicije i sa 5 lokomotiva jedinične snage i do 3.000 kW.

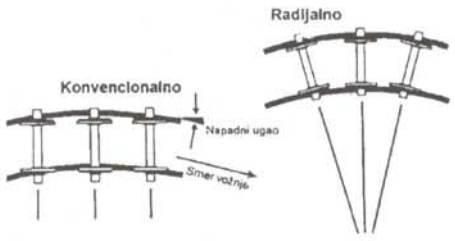
U nastojanju da železnici pruži snažne, ekonomične i pouzdane lokomotive visokih adhezionih i drugih svojstava, EMD je 90-tih godina počeo sa serijskom proizvodnjom nove generacije dizel-električnih lokomotiva: SD70MAC od 2.941 kW (4.000 KS), SD80MAC od 3.675 kW (5.000 KS) i SD90MAC od 4.411 kW (6.000 KS). Nova generacija lokomotiva prirodan je sled i nadovezuje se na prethodnu generaciju lokomotiva, koje se još uvek proizvode. Međutim, okosnicu razvoja i gradnje lokomotiva velike snage, predstavlja razvoj radijalno-vođenih obrtnih postolja, familije 2-taktnih dizel-motora 710 i novog tipa 4-taktnog H dizel-motora, električnog prenosa naizmenične struje i najšire primene elektronike i kompjuterizacije.

[1] *Prvoslav Despotović, dipl.maš.inž., doktor tehničkih nauka, Mutapova 30A, Beograd*

Mada ideja i praktična realizacija radijalno-vođenih obrtnih postolja nije nova i nepoznata i drugim proizvođačima u svetu, uglavnom električnih lokomotiva, zbog potrebe gradnje dizel-električnih lokomotiva sa 3-osovinskim obrtnim postoljima, velike snage i adhezije, EMD je razvoj svojih radijalno-vođenih obrtnih postolja prvenstveno usmerio na 3-osovinska postolja, mada je kroz 20-godišnji rad na ovome programu i brojna teorijska i praktična ispitivanja na modelima, razvoj obuhvatio i 2-osovinska i 4-osovinska zglobna obrtna postolja. Radijalno-vođena 3-osovinska postolja, slika 1, EMD danas serijski proizvodi i ugrađuje bilo u postojeće tipove lokomotiva ili lokomotive nove generacije i preko 5.000 lokomotiva danas trči sa ovim postoljima.. Njihova konstrukcija očišćena je od svih suvišnih elemenata, pa su radijalno-vođena postolja usto lakša i jednostavnija za održavanje.

Slika 1: Radijalno-vođeno 3-osovinsko obrtno postolje EMD

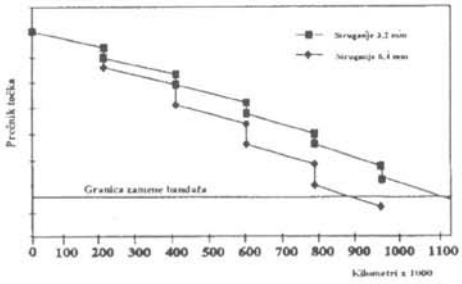
Osnovna koncepcijska razlika u načinu upisivanja i vođenja kolskih slogova u krivini između konvencionalnih i radijalno-vođenih obrtnih postolja, prikazana je na slici 2. Način vođenja kolskih slogova, ne samo da je od uticaja na stepen trošenja venaca bandaža i šina, troškove njihovog održavanja i radni vek, već je od ogromnog uticaja na otpore u krivini, trčanje i mirnoću hoda, adheziona i vučna svojstva lokomotiva.



Slika 2: Koncepcijska razlika konvencionalnih i radijalno-vođenih obrtnih postolja

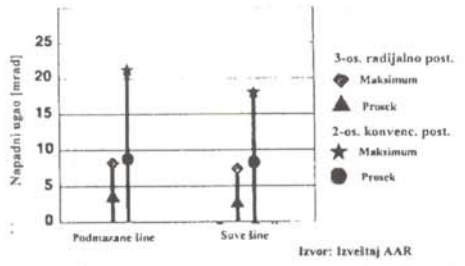
Istraživanja na modelima i u eksploataciji koja su proveli EMD i američke železničke kompanije, pokazala su da se u odnosu na konvencionalna 2-osovinska obrtna postolja sa krutim vođenjem kolskih slogova, sa 3-osovinskim radijalno-vođenim obrtnim postoljima, trošenje šina uzrokovano točkovima lokomotiva smanjuje na 1/3.

Slika 3: Razlika u trošenju venaca bandaža konvencionalnih i radijalno-vođenih obrtnih postolja



Slika 4: Projektovani radni vek bandaža na radijalno-vođenim obrtnim postoljima

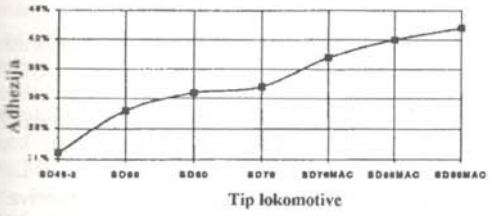
Zbog neuporedivo manjeg skidanja metala pri redovnom struganju bandaža, kao posledica prirode i mesta trošenja venaca, kao što je prikazano na slici 3, radni vek bandaža enormno se produžava. U odnosu na projektovane vrednosti trošenja prikazane na slici 4, ispitivanja i na najtežim prugama obavljena na 18 ispitnih lokomotiva tipa SD90MAC, pokazala su da je trošenje venaca bandaža na nivou ispod projektovanih vrednosti bandaža i u proseku iznosi 0,025 mm/1000 km, te da između dva remonta obrtnih postolja i zamene bandaža lokomotive mogu da pretrče i do 1,6 miliona kilometara.



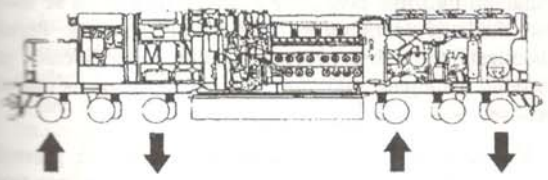
Slika 5: Napadni ugao konvencionalnih i radijalno-vođenih obrtnih postolja

Zahvaljujući optimalnom upisivanju u krivinu i drugim svojstvima radijalno-vođenih obrtnih postolja, kao što je daleko manji napadni ugao prikazan na slici 5, 3-osovinska radijalno-vođena obrtna postolja u odnosu na konvencionalna 2-osovinska obrtna potolja, omogućavaju eksploataciju lokomotiva sa 3-osovinskim obrtnim postoljima pod neuporedivo boljim okolnostima u pogledu svih navedenih parametara mirnoće hoda, adhezije i trošenja šina i bandaža i na kolosecima čiji je radijus čak ispod 175 metara..

Radijalno-vođena obrtna postolja od posebnog su značaja za trčeća i adheziona svojstva lokomotiva. Nekada, u jeku gradnje dizel-električnih lokomotiva sa konvencionalnim električnim prenosom, bila je praksa da se računa sa koeficijentom adhezije 18%. Obzirom na raspoloživu snagu dizel-motora i vučne sile na polasku i trajnom režimu, ovaj nivo adhezije bio je zadovoljavajući. Međutim, kako je rasla raspoloživa snaga dizel-motora i poboljšavani radni parametri električnog prenosa, rasla je i potreba za boljim adhezionim svojstvima lokomotiva. Razvojem relejnog sistema protivklizne zaštite, najpre na lokomotivi tipa SD40-2, a kasnije i drugim tipovima lokomotiva, ostvaren je koeficijent adhezije 21%. Sledeći značajan korak u pravcu poboljšanja adhezije, bila je primena sistema regulisanog proklizavanja baziranog na svojstvu adhezije da raste sa određenim procentom proklizavanja točkova, najpre na lokomotivama tipa SD50, sa kojim je ostvaren koeficijent adhezije do 28%, a zatim na lokomotivama tipa SD60, do 31%. Dalji značajan korak u poboljšanju adhezije EMD je ostvario istovremenom primenom prve generacije električnog prenosa naizmenične struje i radijalno-vođenih obrtnih postolja na lokomotivi tipa SD70MAC, sa adhezijom do 36%, da bi se sa drugom generacijom električnog prenosa i radijalno-vođenih obrtnih postolja na lokomotivi tipa SD90MAC ostvario koeficijent adhezije do 42%, sa perspektivom njegovog daljeg povećanja i do 48%. Obzirom na raspoloživu snagu i radne parametre električnog prenosa lokomotive SD90MAC adhezija 48% je i potrebna. Navedeni istorijat, ilustrovan je na slici 6.



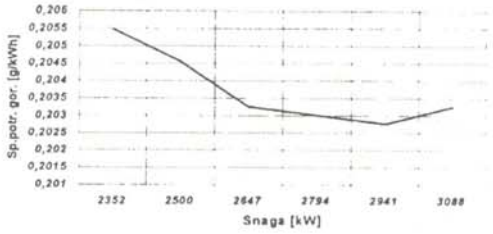
Slika 6: Razvoj koeficijenta adhezije na lokomotivama EMD



Slika7: Transfer masa kod opterećene lokomotive

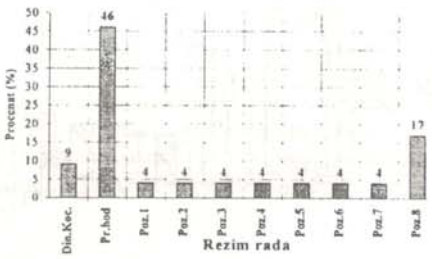
Poznat je fenomen da za vreme vuče dolazi do neminovnog transfera mase lokomotive, kako između obrtnih postolja, tako i kolskih slogova unutar postolja, slika 7, a time i pogoršanja adhezije. Kod lokomotiva sa konvencionalnim postoljima i adhezije 25%, transfer masa iznosi 15-25%; kod adhezije preko 35% čak i 35%. Međutim, zahvaljujući konstrukciji radijalno-vođenih obrtnih postolja, pri adheziji od 25% transfer masa iznosi 7%, a pri adheziji preko 35% samo 10%.

Kada je reč o dizel-motoru, nova generacija lokomotiva EMD bazira se na dva tipa motora: familiji 2-taktnih motora 710 i novoj familiji 4-taktnih H motora. Budući da oba tipa motora imaju iste gabaritne mere, lokomotive su tako konstruisane da je u njih moguća ugradnja bilo koga od ova dva tipa motora. Familija motora 710 razvijena je iz poznatih familija motora 567 i 645, sa svim poboljšanjima u pogledu radnih performansi, specifične potrošnje goriva, radnog veka i pouzdanosti u eksploataciji, koja su na njima vremenom provedena. Napomenimo da je u odnosu na motore 567, u vreme posle energetske krize 70-tih godina , provedeno niz poboljšanja, posebno u pogledu specifične potrošnje goriva, tako da oba tipa motora 645 i 710 imaju skoro identičnu specifičnu potrošnju goriva. Radi ilustracije, na slici 8 data je specifična potrošnja goriva motora 16-710GB, pri nominalnoj brzini vrtnje 900 o/min.



Slika 8: Specifična potrošnja goriva motora 16-710GB

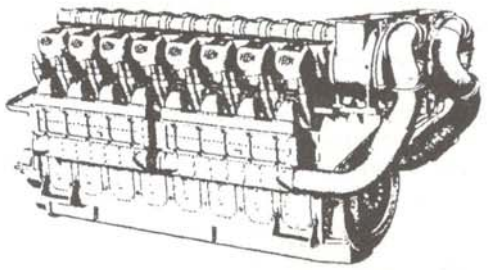
Kako je u eksploataciji, pogotovo u mešovitoj vuči i sa čestim stajanjima, rad motora na praznom hodu čest i ima značajno učešće u ukupnom radu motora, kao što pokazuje slika 9 za slučaj rada lokomotiva na prugama većine američkih železničkih kompanija, na motorima 645 i 710 smanjena je brzina vrtnje na praznom hodu na 200 o/min., čime se u eksploataciji postiže znatna ušteda u potrošnji goriva.



Slika 9: Tipični režimi rada lokomotiva u eksploataciji

Novi tip 4-taktnog H dizel-motora plod je sopstvenog razvoja EMD, u kome su inkorporirana sva iskustva stečena u razvoju 2-taktnih dizel motora familija 567, 645 i 710. Na osnovu teorijskih istraživanja započetih još 1981. godine i ispitivanja na modelima vitalnih sklopova motora, u prvoj fazi izgrađen je motor 16V265H sa 16 cilindara, koji je već prošao uobičajena fabrička i eksploataciona ispitivanja. Motor ima kućište od duktilnog liva sa granama cilindara pod uglom od 45°, nominalnu brzinu vrtnje 1000 o/min, prečnik i hod klipa 265 x 300 mm i cilindarsku snagu 276 kW. Mada

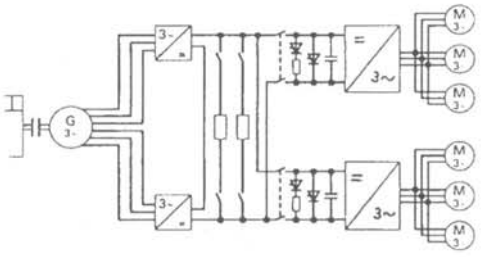
konstruisan po principu motora 567, 645 i 710, uključujući i poznatu laku zamenljivost sklopova snage, jednodelnu radilicu, itd., motor ima oko 30% manje delova od ovih motora. Prehranjivan je sa dva turbokompresora i ima elektronsku regulaciju, uključujući i kompjuterizovanu dijagnostiku. Na slici 10 dat je izgled 16-cilindričnog motora GM16V265H nominalne neto snage 4.411 kW.



Slika 10: Izgled dizel-motora GM16V265H

U sadašnjoj fazi razvoja, motori H predodređeni su za gradnju sa 16 i 20 cilindara za dizel-električne lokomotive velike snage, kao i za brodsku i stacionarnu primenu.

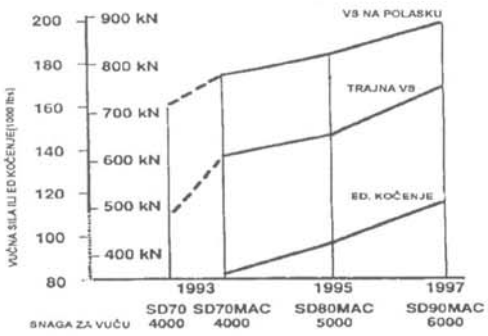
Mada je još 60-godina EMD započeo sa razvojem sopstvenog trofaznog električnog prenosa, u duhu vremena i opšteg razvoja električnog prenosa snage u Evropi, EMD je u saradnji sa firmom Siemens razvio električni prenos naizmenične struje i danas ga široko primenjuje na lokomotivama u serijskoj proizvodnji za potrebe bilo železničkih kompanija u SAD (350 lokomotiva za Burlington Northern, 1.000 za Union Pacific, itd.) ili izvoz (350 lokomotiva za Britanske železnice, itd.).



Slika 11: Principska shema električnog prenosa EMD lokomotiva velike snage

Bez obzira na visoki stepen korisnosti i pouzdanost vučnih motora jednosmerne struje EMD, trofazni vučni motori imaju zbog svoje konstrukcije i principa rada niz prednosti. Budući da nemaju kolektor, ne samo da su lakši i jevtiniji u održavanju već im je dozvoljena brzina vrtnje veća, pa u istim gabaritima mogu razviti veću snagu; "samoregulirajuća" brzina vrtnje u zavisnosti od zadane frekvencije kombinovana sa već pomenutim svojstvima radijalno-vođenih obrtnih postolja odlučujući je faktor u ostvarenju visokih vrednosti adhezije, o čemu je već bilo govora, itd.

Na slici 11 prikazana je principska shema električnog prenosa naizmenične struje, po kojoj se struja alternatora TA22 ispravlja, a zatim u vučnim invertorima ponovo pretvara u trofaznu struju promenljive učestanosti. Pored prikazane varijante po kojoj po svakom obrtnom postolju postoji po jedan invertor, tokom razvoja razmatrana je i probno ispitana i varijanta ugradnje invertora po svakom vučnom motoru. Međutim, ispitivanja su pokazala da sa pojedinačnim invertorima osim mogućnosti pojedinačne imobilizacije pojedinih vučnih motora, rešenje sa centralnim invertorima obezbeđuje niz prednosti: ravnomerno trošenje venaca bandaža i jednostavniju regulaciju, pa je mnogo pouzdanije i jevtinije u gradnji i održavanju.

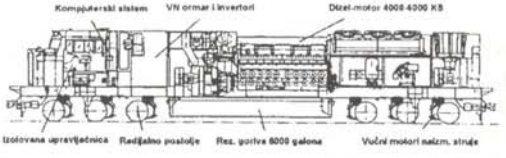


Slika 12: Vučne i kočione performanse lokomotiva velike snage

Na slici 12 prikazane su vučne i kočione performanse lokomotiva velike snage u odnosu na lokomotivu SD70.

Lokomotive su inače opremljene sa kompjuterskim sistemom dijagnostike, upravljanja i regulacije, koji u suštini predstavlja razvoj poznatog sistema EM2000, primenjenog na prethodnoj generaciji lokomotiva. U sklopu opšteg poboljšanja radnih uslova voznog osoblja, posebna pažnja posvećena je ergonomskom dizajnu upravljačnice i rasporedu instrumenata. Kao deo kompjuterizovanog sistema, umesto brojnih instrumenata, komandni pult ima pregledne displeje, na kojima se lako prate funkcije lokomotive i rad njenih agregata. Pored klimatizacije i dobre zvučne izolacije, upravljačnica je elastično oslonjena, tako da se vibracije i udari na nju ne prenose.

Konačno, na slici 13 dat je opšti raspored glavnih uređaja i agregata, koji je identičan za sva tri osnovna tipa lokomotiva SD70MAC, SD80MAC i SD90MAC.



Slika 13: Raspored uređaja i agregata na EMD lokomotivama velike snage

3. MODERNIZACIJA POSTOJEĆIH DIZEL-ELEKTRIČNIH LOKOMOTIVA

Danas postoje dva pravca delovanja EMD na polju rehabilitacije ili modernizacije postojećih dizel-električnih lokomotiva. Sa jedne strane, veliki broj lokomotiva prethodnih generacija i starih 20 i više godina, još uvek se nalazi u eksploataciji. Sa druge strane, brojne lokomotive drugih proizvođača su stare ili zbog neodgovarajućeg kvaliteta svoje originalne opreme, ne pouzdane su ili ne daju one efekte koji su od njih očekivani. Bez obzira na poreklo, većina lokomotiva ima mehanički deo (glavni ram, obrtna postolja i oplata) čiji je radni vek mnogo duži od dizel-motora, prenosa i pomoćne opreme. Sa starenjem lokomotiva, sve su češći defekti, imobilizacija lokomotiva i vanredne popravke. Nije teško dokazati da su ovakve pojave vremenom sve češće i da njihova učestanost i troškovi održavanja rastu po geometrijskoj progresiji. Kao posledica stalnog razvoja, oprema proizvedena pre 20 ili više godina zastareva. Broj lokomotiva u eksploataciji sa originalnom opremom vremenom je sve manji, pa je nabavka originalnih rezervnih delova sve teža i skuplja. Njihov nedostatak i substitucije sa neadekvatnim delovima vodi u improvizacije, pa su one često uzročnik novih defekata. Ne iznenađuje stoga, što se brojne postojeće lokomotive danas rehabilituju ili modernizuju, bilo da zadržavaju svoje osnovne karakteristike, ili se u duhu vremena u njih ugrađuje savremena oprema, čime im se poboljšavaju radne karakteristike i smanjuju troškovi eksploatacije i održavanja. Pri tome, česti su slučajevi da kroz modernizaciju lokomotive menjaju i svoju namenu i prilagođavaju se savremenim zahtevima vuče. Lokomotive se na ovakav način osposobljavaju za novi radni ciklus od 15-25 godina, pri čemu je trošak modernizacije samo deo cene nabavke novih lokomotiva identičnih performansi.

Kada je reč o lokomotivama proizvedenim kod EMD ili njegovih licencionara, danas se rehabilituju ili modernizuju lokomotive sa ugrađenim motorom 567, pa čak i sa motorom 645, čime se dovode na stanje opremljenosti koju imaju lokomotive tekuće proizvodnje. Brojne su zemlje u kojima se lokomotive EMD danas rehabilituju ili modernizuju: SAD, Kanada, Brazil, Egipat, Pakistan, i druge. U sklopu ovoga, za JŽ i železnice bivših jugoslovenskih republika, od posebnog je interesa modernizacija lokomotiva G16 (JŽ661), mada već dolazi vreme da bi i druge tipove lokomotiva EMD nabavljene 70-tih godina trebalo modernizvati.

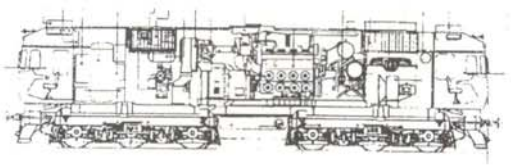
Lokomotiva G16 (JŽ661), kao što je poznato, opremljena je sa dizel-motorom 16-567, jednosmernim prenosom snage, mehaničkim pogonom pomoćnih uređaja i parnim generatorom. Pored svih prednosti o kojima je napred bilo govora, modernizacijom ovih lokomotiva kroz konverziju motora 567 u 645, zamenu jednosmernog generatora sa alternatorom, konverziju vučnih motora u motore D78, ugradnju električnog generatora za grejanje u sklopu vučnog alternatora, konverziju pomoćnih pogona na električni pogon, modernizaciju električnih uređaja i modernizaciju upravljačnice uključujući i njenu klimatizaciju, dobijaju se savremeno opremljene, pouzdane i ekonomične lokomotive osposobljene za novi eksploatacioni ciklus. Skidanjem parnog generatora i pripadajućeg rezervoara za vodu, ne samo da se lokomotive oslobađaju nepotrebnog balasta i sa lokomotiva uklanja izvor korozije, već se omogućava i sniženje osovinskih pritisaka na 18 tona, što omogućava rad lokomotiva na većini sporednih pruga. Dodatnu uštedu u težini omogućava vađenje iz obrtnih postolja srednjih vučnih motora, čime se dobija lokomotiva rasporeda osovina A1A-A1A sa osovinskim pritiscima 16 tona. Sa druge strane, zavisno od potreba vuče i ugradnjom turboprehranjivanog motora 645, moguće je lokomotivama povisiti snagu od postojeće snage 1.454 kW i do 2.426 kW, koju bi imale lokomotive sa dizel-motorom 16-645E3. U tabeli 1 dati su osnovni parametri nekih od mogućih tipova modernizovanih lokomotiva G16.

Tabela 1: Osnovni parametri nekih od varijanti modernizovanih lokomotiva G16 (JŽ661)

	661-1	661-2	661-3	661-4	661-5
Dizel-motor	16-645E	16-645E	16-645E	16-645E	16-645E3
Snaga (kW)	1.641	1.641	1.641	1.641	2.426
Glavni generator	AR10	AR10	AR10	AR10	AR10
Vučni motori	D78	D78	D78	D78	D78
Broj vuč. motora	6	6	4	4	6
Rasp. Osovina	Co-Co	Co-Co	A1A-A1A	A1A-A1A	Co-Co
Os.pritisak (t)	18	18	16	16	18
Gen. za grejanje	D38		D38		D38
Snaga (kW)	375		375		375

Na bazi postojećih projekata i zavisno od raspoloživih finansijskih i drugih mogućnosti, pojedine železnice bivših jugoslovenskih republika već vrše pripreme ili su zaključile ugovore za modernizaciju svojih lokomotiva G16.

Kada je reč o modernizaciji lokomotiva drugih proizvođača sa opremom EMD, navedimo dva slučaja. Prvi slučaj odnosi se na zajednički projekat EMD i Elektroputere, remotorizacije i modernizacije lokomotive Rumunskih železnica, koju je Electroputere po licenci Sulzer-a proizvodio u velikom broju, na samo za Rumunske već i Bugarske, Poljske i Kineske železnice. Dok je EMD razradio projekat ugradnje glavne i pomoćne opreme, Elektroputere je obavio rekonstrukciju i modernizaciju mehaničkog dela lokomotive.

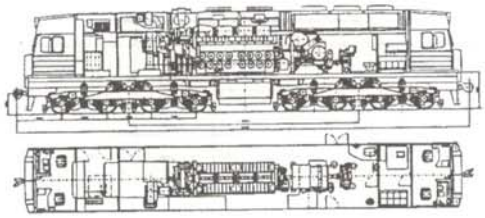


Slika 14. Osnovni raspored agregata na lokomotivi DE621EGM Rumunskih železnica

U ovu lokomotivu umesto originalne opreme, ugrađen je 8-cilindrični EMD dizel-motor 8-710G3B snage 1.545 kW, vučni alternator EMD AR8, alternator za grejanje EMD HE4, kao i pomoćna, regulaciona i upravljačka oprema, uključujući i kompjuterizovani sistem EMD EM2000, dok je postojećim vučnim

motorima poboljšana konstrukcija i klasa izolacije. Ukupna masa lokomotive je 117 tona i sa rasporedom osovina Co-Co osovinski pritisci su 19,5 tona. Na lokomotivi je rekonstruisan i modernizovan mehanički deo, uključujući i klimatizaciju upravljačnice. Prve dve lokomotive pod oznakom DE621EGM, slika 14, već su ispitane i u primpremi je dalja modernizacija većeg broja lokomotiva.

Drugi slučaj odnosi se na zajednički projekat EMD i ruske fabrike lokomotiva iz Ljudmilova, po kome je na bazi originalne dvo-sekcijske lokomotive TE10 sovjetske proizvodnje, konstruisana lokomotiva tipa JT46DW, u koju je ugrađen 16-cilindrični EMD dizel-motor 16-710G3B snage 3.063 kW, EMD vučni alternator AR11, EMD vučni motori D87BTR, druga pomoćna, regulaciona i upravljačka oprema EMD, uključujući i kompjuterizovani sistem EMD EM2000.



Slika 15: Osnovni raspored agregata i opreme na ruskoj lokomotivi JT46DW

Interesantno je napomenuti da lokomotiva JT46DW ima dva 4-osovna zglobna obrtna postolja sa rasporedom osovina Bo+Bo-Bo+Bo, ukupnu masu 180 tona, te sa osam osovina ima osovinske pritiske 22,5 tone. Drugim rečima, lokomotiva je projektovana u duhu ruske prakse gradnje teških lokomotiva, slične praksi koja postoji i u SAD i Kanadi kada je reč o lokomotivama za domaće potrebe.

Literatura:

(1) Curt A. Swenson: "AC Traction Locomotives for Heavy Haul", Fifth International Heavy Haul Railway Conference, Beijing, China, 1993.
(2) Curt A. Swenson: "Heavy Haul AC Locomotive Mission Reliability", The International Association of Railway Operating Officers Technical Conference, Chicago, Illinois, 1993.
(3) Curt A. Swenson, Ed L. Bauer, Jr: "AC Traction for Heavy Haul - Initial Experience in Revenue Service", The International Heavy Haul Association Rolling Asset Management Conference, Omaha, Nebraska, 1994. ,
(4) Curt A. Swenson, Dr. Rudolf Wagner: "A New Class of High Power Diesel Electric Locomotives", The Dalian International Symposium on Locomotives and Motor Cars, Dalian, China, 1994.
(5) Curt A. Swenson: "Locomotive Radial Steering Bogie Experience in Heavy Haul Service", Moscow, Russia, 1999.
(6) Tehnički podaci lokomotive DE621EGM
(7) Tehnički podaci lokomotive JT46DW

RADIAL BOGIE AND OTHER NEWS FROM EMD-GMC

Prvoslav Despotović

Paper presents a review of the newest Diesel Electric Locomotives research and development by Electro Motive Division of General Motors Corporation (EMD-GMC). Along with radial bogies development, the paper covers EMD class of heavy haul locomotives , as well as a modernization of existing diesel electric locomotives built by EMD or other world producers. Since Yugoslav Railways are in a possession of substantional number of EMD locomotives, any news from EMD is of YR interest in regard of its locomotives modernization.

Key words: EMD Diesel Electric Locomotives

Regulatori obrtnih mašina nove tehnološke generacije

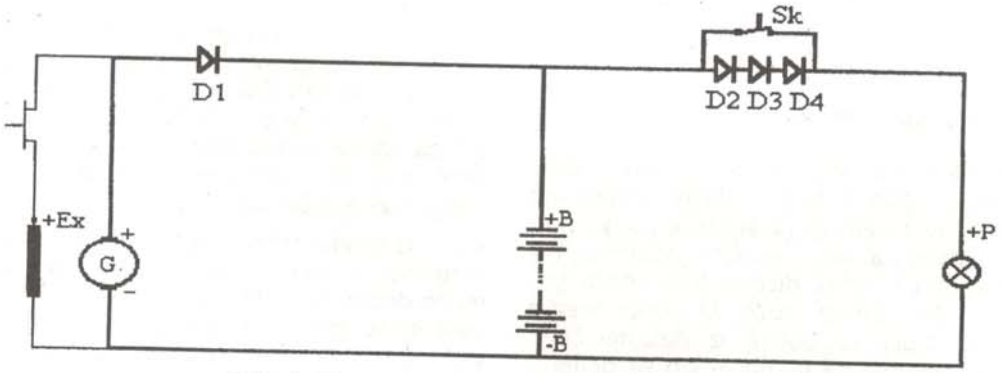
Savo Jelić, Zoran Živadinović[1]

Abstrakt: *Novi regulatori kolskog električnog osvetljenja i pomoćnog pogona na dizel vozilima, letilicama i plovilima, razvjeni u EI "7. oktobar" izgrađeni su od više sklopova nove tehnološke generacije, među kojima se posebno ističu mikrokontroleri i visokointegrisani i svestrano zaštićeni izvršni prekidački tranzistori. Nova porodica regulatora ima i nove funkcionalne karakteristike od kojih je većina usmerena na optimalno punjenje baterija i zaštitu od prekomernog pražnjenja. Nove informatičke funkcije obuhvataju prikaz regulacionih veličina na displeju, dijagnostiku stanja i pamćenje kritičnih događaja. Među bitne prednosti novih regulatora spada njihova visoka pouzdanost.*

Ključne reči: Regulator, železnička kola

1. Uvod

Postrojenje kolskog električnog osvetlenja, kome je namenjana jedna klasa regulatora nove tehnološke generacije, o kojima ovde izveštavamo, sastoji se od generatora, akumulatorskih baterija, razvodne instalacije, sijaličnog i drugog opterećenja i regulatora. Njihova međusobna veza prikazana je šematski na slici 1.



Slika 1. Glavno strujno kolo kolskog električnog osvetljenja

Zadatak generatora (G) je da, po određenom zakonu, puni baterije i snabdeva potrošače; baterija (B), kao rezervni izvor, mora da snabdeva potrošače kad generator ne radi, a regulator mora da obezbedi harmoničan rad generatora, baterije i potrošača (P). Ta "harmonija" se u odnosu na delove postrojenja može da izrazi na sledeći način:

Generator treba da započne snabdevanje baterije i potrošače pri što nižoj brzini kola i da ih snabdeva do najveće kolske brzine po optimalnom režimu punjenja baterija, s tim da sve to bude u okvirima njegovih mogućnosti, tj. da generator ne bude preopterećen.

Baterije treba puniti tako da, u odsustvu generatora, što duže mogu da snabdevaju po-

1 Prof. dr Savo Jelić, dipl. inž. 11000 Beograd, Nevesinjska 2, Zoran Živadinović, dipl. inž. el. 7. "oktobar", 18000 Niš, Bulevar C. Konstantina 80-86

trošače; baterije treba štititi i od dubokog pražnjenja, a režimi punjenja i pražnjenja trebaju biti organizovani tako da baterije što duže traju. Posebno je važno ne dozvoliti tok struje od baterije prema generatoru.

Potrošači zahtevaju napajanje naponom bliskim nominalnom naponu (na železničkim putničkim kolima nominalni napon je 24 V). Sklopke, prekidači i druga električna oprema moraju, prema međunarodnim propisima (Međunarodna elektrotehnička komisija – IEC 60077) funkcionisati i pri naponima 30% manjim i 25% većim od nominalnog. Na prenapone su posebno osetljive sijalice sa žarnom niti, takozvane obične sijalice. Njihov vek trajanja brzo opada ako im je napon napajanja znatno veći od nominalnog, pa se stoga taj napon ograničava. Sijalično opterećenje bi, u interesu udobnosti putnika, trebalo da se napaja kontinualnim naponom, tj. tako da ne dolazi do uočljivih brzih promena jačine osvetljaja. Oblast potrošača se deli i po prioritetima, jer se mora znati šta se i kad i po kom redu, pri delimično ispražnjenoj bateriji, sme isključiti. Posebno strogi uslovi važe za potrošače kojima je potrebno stalno napajanje. U tim slučajevima dozvoljene struje mere se stotim delovima ampera (Objave Međunarodne unije železnica -UIC- iz dekade 550).

Regulator mora da zadovolji potrebe generatora, baterija i potrošača i da obezbedi njihovu i svoju zaštitu, što je, po gore navedenom, veoma složen i ozbiljan zadatak. Među opšte karakteristike koje bi dobar egulator morao da ima spadaju u prvom redu visoka pouzdanost pa zatim informatičnost, kompaktnost, kompatibilnost sa postojećim instalacijama i lakoća održavanja. Nabavna cena je, razume se značajan faktor ne samo za izbor regulatora nego i svaki drugi element instalacije, ali je ovo pitanje celishodnije rasmatrati u okviru ukupnih troškova u toku životnog veka instalacije.

2. Sastav i rad generatora

Generator, sastavljen od nepokretnog (stator) i pokretnog dela (rotor) je glavni snabdevač kolske električne instalacije i instalacije pomoćnog pogona na dizel-vučnim i sličnim vozilima. Na putničkim kolima i većini dizel-vučnih vozila generatori su jednosmerne struje. U novije vreme jednosmerna struja se dobija iz naizmeničnih, sinzhronih generatora na taj način što se generatoru, obično u samo njegovo kućište, dodaju diode preko kojih se naizmenična struja ispravlja u jednosmernu. Kod obe vrste generatora regulacija se obavlja na isti način.

Na statoru jednosmernih generatora smešteni su magnetni polovi oko kojih je namotan takozvani pobudni namotaj. Struja koja teče kroz pobudni namotaj stvara magnetno polje čija je jačina srazmerna jačini te struje. Porast magnetskog fluksa je do izvesnih vrednosti srazmeran porastu struje pobude, a kad dođe do zasićenja magnetnog materijala onda se ulazi u zonu nelinearnosti u kojoj je, za dati porast fluksa, potrebno pustiti veću struju pobude nego što je to bio slučaj na linearnom delu karakteristike. Namotaji statora imaju otpor od nekoliko oma i predviđeni su za relativno male struje od najviše desetak ampera.

Na okretnom delu generatora, na rotoru, koga na kolima, preko kardana ili kaišnika, pokreće osovinski sklop, smešteni su rotorski namotaj i kolektor. Kad se rotor okreće onda se zahvaljujući tome što provodnici njegovog namotaja seku magnetno polje koje stvara stator, u rotoru javlja indukovana elektromotorna sila. Jačina te elektromotorne sile e srazmerna je brzini obrtanja rotora n, magnetskom fluksu $\varnothing$ i jednoj konstruktivnoj konstanti k kojom su obuhvaćene karakteristike određenog generatora (broj pari polova, broj paralelnih grana,...):

$$e = kn\Phi \qquad (1)$$

Ako je na krajeve rotora generatora priključen neki potrošač kroz njega će poteći struja. Napon kojim generator snabdeva potrošače je manji od elektromotorne sile e za pad napona na rotoru i na četkicama pomoću kojih se struja skida sa kolektora. Ako se zanemari pad napona na četkicama, za napon generatora U može se pisati jednačina:

$$U = e - RI \qquad (2)$$

u kojoj je s R označen otpor rotora tj. indukta, a sa I njegova struja.

Namotaji rotora napravljeni su od debelih provodnika (mali omski otpor) kroz koje, zavisno od snage generatora, mogu da teku stotine ampera. Na putničkim kolima snaga generatora je najčešće 4,5 kW tako da je granična struja rotora oko 150 A.

Jednačine (1) i (2) pokazuju da se na željeni napon koji od generatora očekujemo može uticati samo promenom fluksa: brzinu n diktira život, tj. brzina voza. Sada se vidi i zadatak regulatora: ako želi da održava konstantan napon generatora regulator mora da menja struju pobude tako da što je manja brzina pušta veću struju pobude i obrnuto.

Iz iznetih jednačina i izlaganja o zasićenosti magnetskog polja vidimo i zašto se napon ne može dobiti pri malim brzinama n: pri brzini nula, kako se iz same suštine indukovanja zna, a i iz (1) vidi, elektromotorna sila je nula pa nema ni napona ni struje; magnetni fluks $\varnothing$ je, sa svoje strane zbog zasićenja ograničene vrednosti, koja pomnožena sa malom vrednošću brzine n ne može dati dovoljan napon.

Napon "pristojne" vrednosti na putničkim kolima dobija se tek pri brzinama voza iznad 20 od 30 km/h. Ta brzina pri kojoj generator daje dovoljan napon uglavnom zavisi od prenosnog odnosa

osovinski sklop/generator tj. od kardana. Tu, međutim, ima udela i regulator, zato što se preko njega struja pobude uzima sa krajeva indukta (rotora). Na slici 1 je pobudni namotaj označen sa Ex (od reči eksitacija tj. pobuda) i šematski je prikazano da se sa krajeva indukta snabdeva strujom preko redno vezanog tranzistora. Tako spregnuta mašina naziva se samopobudnom.

3. Raniji i sadašnji regulatori

Dugi niz godina na putničkim kolima funkciju regulacije obavljali su elektromehanički regulatori sa ugljenim stubovima. Ugljeni stubovi se smeštaju na red sa pobudnim namotajem, tamo gde je na slici 1 nacrtan tranzistor. Oni pod pritiskom menjaju svoj otpor i tako utiču na veličinu struje pobude. Elektromehanički regulator, prema tome, meri napon na krajevima generatora pa ako je on manji od željenog tj. zadatog on više pritiska ugljene stubove, smanjuje im otpor i tako povećava struju pobude, a time i vrednost napona. Regulatori sa ugljenim stubovima na kolima JŽ su isključivo uvoznog porekla.

Regulatori pomoćnog pogona na dizel vozilima i regulatori kolskog električnog osvetljenja koji su sada u upotrebi su mahom tranzistorski: izlazni tranzistori koji rade kao prekidači su bipolarni, a prethodna regulaciona kola sačinjena od tranzistora i otpornika ili od manje ili više integrisanih operacionih pojačavača i tranzistorskih među kola. Autori su, s tim u vezi, trudeći se da budu u toku sa savremenim tehnologijama, stekli iskustva u razvoju nekoliko generacija regulatora [1,2,3,4]. Od funkcionalnih karakteristika se kod postojećih rešenja, redovno ostvaruje karakteristika konstantna struja/konstantan napon (nezavisno od temperature) generatora, a od zaštitnih prenaponska zaštita. Neke izvedbe imaju i ograničenje struje punjenja baterije i prekostrujnu zaštitu [3].

Između generatora i baterije se postavlja dioda (D1 na slici 1) koja obezbeđuje tok struje samo od generatora ka bateriji, a za ograničenje napona na sijalicama koristi se nekoliko redno vezanih dioda (D2, D3, D4,...) koje, pri naponu većem od 26,5 V, sklopka Sk uključuje na red sa potrošačima. Tada je napon na sijalicama za par volti niži od napona baterije. Zbog takvog diskretnog načina ograničavanja napona na sijalicama uočava se promena osvetljaja kad kola usporavaju odnosno kad se zaustavljaju.

Veliki broj elektromehaničkih i pojedinačnih elektronskih elemenata i lemnih mesta, koji postoje u sadašnjim regulatorima, nepovoljno se odražava na njihovu pouzdanost. Najranjivija komponenta je bipolarni izlazni tranzistor.

Jedna druga bitna karakteristika sadašnjih regulatora tj. stanja primenjene tehnike odnosi se na odsustvo informacija o ispravnosti regulatora i o uzrocima kvarova, što otežava eksploataciju i održavanje. Tako se, na primer, u najvećem broju slučajeva neispravnost može konstatovati pogledom na merne instrumente, koji pokazuju struju i napon punjenja tek kad se generator okreće, što je u slučaju železničkih kola najčešće kasno.

U nedostatke dosadašnjih rešenja spada režim regulacije struje i napona koji nije prilagođen stvarnom stanju baterije, što je od uticaja na performanse baterije i vek njenog trajanja. Nizak stepen pouzdanosti opreme i niska informatičnost imaju veliki uticaj na ekonomiju korišćenja i na troškove održavanja kola, što podstiče traženje boljih tehničkih rešenja.

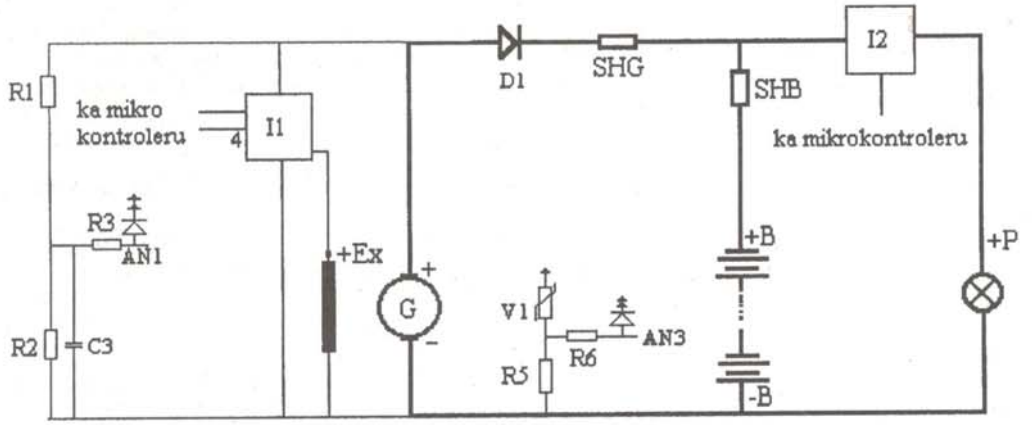
4. Regulatori nove tehnološke generacije

Nove regulatore, koji su predmet ovog rada, odlikuje najpre prikladna sprega dvaju inteligentnih sklopova organizovana u cilju ostvarenja optimalnih karakteristika punjenja baterije, beskontaktnog ograničavanja napona i svestrane zaštite generatora, baterije, regulatora i potrošača. Jedan od tih sklopova je mikrokontroler, a drugi svestrano (prekostrujno, prenaponski, nadtemperaturno, od preopterećenja, od kratkog spoja, od elektrostatičkog pražnjenja) zaštićeni tranzistor sa efektom polja (Protected FET – PROFET, odnosno visokointegrisani, High Integrated FET – HITFET). Ovi moćni tranzistori, čiju smo primenu u regulatorima zaštitili kod Saveznog zavoda za intelektualnu svojinu, nude se i kao zamena za topljive osigurače [7]. Oba navedena sklopa su visoko integrisana što pored mogućnosti ostvarenja složenih regulacionih zadataka i zaštitnih funkcija dodatno doprinosi povećanju pouzdanosti regulatora. Uz ova dva inteligentna sklopa u naše nove regulatore ugrađuju se inteligentni displeji i fleš memorije. Inteligentni displej u normalnom radu prikazuje stvarne vrednosti napona i struja generatora i baterije, a u slučaju kvara poruke o potrebnim interventnim merama. U fleš memoriji kao novijem elektronskom sklopu, čiji se sadržaj ne gubi po prestanku napajanja, objedinjuju se funkcije programske memorije (EPROM) i memorije koja se obično koristi za zapis poruka o istoriji rada regulatora (EEPROM). Uz ugrađeni sat realnog vremena i prateći softver ova sredstva obezbeđuju dijagnostiku stanja i pamćenje događaja i vremena kad su se zbili. Podaci o istoriji rada regulatora mogu se preneti u personalni računar preko ugrađenog servisnog priključka RS 232. Predvideli smo i mesto za serijski interfejs RS 485 na kome se zasniva komuniciranje elektronskih uređaja. Nabrojani sklopovi i prateće programske instrukcije stvaraju uslove za uspešnije korišćenje i jeftinije održavanje kolske instalacije.

Sledi kratak prikaz osnovnih funkcionalnih novina. Primenjeni mikroračunar (opširno je opi-

san u [6]) omogućuje ostvarenje glavne funkcionalne novine – punjenja baterije u zavisnosti od temperature elektrolita u skladu sa zakonom koji proističe iz najnovijih saznanja o optimalnim naponima punjenja i dopunjavanja. Režim optimalnog punjenja baterije je od izuzetne važnosti za održanje kapaciteta baterije i za njezin dug vek.

Glavno strujno kolo novog kolskog regulatora sa nekoliko elemenata, među kojima je i senzor temperature (V1), prikazano je na slici 2.



Slika 2. Glavno strujno kolo kolskog električnog osvetlenja sa elementima regulatora

Slikom 2 se ilustruju osnovne veze elemenata za regulaciju napona i pretvaranje temperature u napon. Informacija o vrednosti napona generatora uzima se sa razdelnika R1/R2 i uvodi u analogno/digitalni konvertor kontrolera na priključak AN1. Na sličan način uzima se informacija o naponu baterije. Podaci o strujama generatora i baterije uzimaju se sa šentova SHG odnosno SHB u kojima se struja pretvara u napon, zatim se taj napon pojačava i uvodi u analogno/digitalni konvertor.

Podatak o temperaturi elektrolita od koje zavise režimi punjenja i dopunjavanja uzima se sa razdelnika senzora temperature V1 i rednog otpornika (R5) priključenih na stabilisani napon napajanja od 5 V. Napon srednje tačke tog razdelnika uvodi se u analogno/digitalni konvertor mikroračunara na priključak AN3; taj napon je, kao što ćemo videti, na sasvim određen način, srazmeran temperaturi.

Zavisnost napona na srednjoj tački razdelnika V1/R5 od temperature sračunava se na osnovu karakteristika senzora i vrednosti rednog otpornika R5.

Ako je senzor temperature poluprovodnički, pozitivnog temperaturnog koeficijenta čiji je otpor na 25°C 2000 oma, a za svaki stepen porasta temperature se uvećava za 15 oma onda je jednačina koja pokazuje zavisnost njegove otpornosti u omima od temperature u stepenima Celzijusa sledeća:

$$Rv = 1625+15T \qquad (3)$$

gde je Rv otpornost senzora, a T algebarska vrednost temperature.

Napon na srednjoj tački razdelnika ravan je umnošku struje kroz razdelnik U/(Rv+R5)=5/(Rv+R5) i otpornika R5:

$$Ut = 5.R5/(Rv+R) \qquad (4)$$

Ako za R5 uzmemo otpornik stalne vrednosti 2000 oma i uvrstimo prethodno dobijenu vrednost za Rv dobijamo:

$$Ut = 10000/(3625+15T) \qquad (5)$$

Iz ove jednačine se za T, dobija:

$$T = 666,6/Ut - 241,7 \qquad (4)$$

Sa ovako utvrđenom zavisnošću između temperature i napona na srednjoj tački razdelnika odnosno na ulazu u mikroračunar sračunava se napon kojim, pri različitim temperaturama, treba da se pune i dopunjavaju baterije. Regulaciju napona generatora, kao i ograničenje struja generatora i baterije vodi mikroračunar tako što upravlja otvaranjem i zatvaranjem našeg moćnog, svestrano zaštićenog integrisanog tranzistora pojačavača I1. Mikroračunar realizuje i politiku prioritetnog snabdevanja potrošača, tj. isključenja nekih potrošača kad baterija dođe na ivicu svojih mogućnosti.

Druga funkcionalna odlika je iz sfere ograničenja napona na sijalicama sa žarnom niti. Taj problem je kod ranijih regulatora, kao što smo ranije videli, rešavan na diskretan način, tako što se, pri naponu baterije 10% većem od nominalnog, pomoću prikladne sklopke, nekoliko dioda uvrštavalo u seriju sa potrošačima koji se štite. U regulatoru koga ovde prikazujemo ograničenje se izvodi kontinualno tako da se pri naponu baterije većem od nominalnog na sijalicama održava konstantan, nominalni napon. Umesto dioda, sklopke i upravljačkih kola koristi se novi integrisani sklop (I2) kojim, u režimu širinske modulacije, upravlja mikroračunar. Sem funkcionalnih prednosti ovim se dobija pouzdanije i jeftinije rešenje, smanjuju se termički gubici, a regulator je znatno manje zapremine i mase.

Ova odlika je od značaja za produženje veka trajanja sijalica i drugih potrošača koji su osetljivi na povećani napon.

6. Značaj tehnoloških i informatičkih novina

Tehnološke novine o kojima je reč ogledaju se u primeni savremenih visoko integrisanih inteligentnih sklopova umesto niza pojedinačnih elemenata. Integrisana tehnologija je, kao što je poznato, faktor koji bitno utiče na pouzdanost uređaja. Zbog toga i zbog pratećih ekonomskih efekata koji dolaze do izražaja preko nižih nabavnih cena masovnih integrisanih proizvoda, u elektronici je izrazit trend primene proizvoda integrisane tehnologije. Mikroračunarski regulatori napajanja kolskih potrošača pripadaju najnovijoj tehnološkoj generaciji.

Pored povećane pouzdanosti novi mikroračunarski regulatori će, zbog zamene sklopke u kolu za ograničavanje napona na sijalicama sa beskontaktnim tehničkim sredstvima, doprineti i smanjenju troškova održavanja.

Mikroračunarski regulatori imaju daleko veće informatičke performanse od regulatora ranijih tehnoloških generacija: stalno se prikazuju podaci o strujama i naponima generatora i baterije, a u slučaju kvara se daju poruke o mogućim uzrocima. Poruke nisu šifrovane nego napisane jasnim rečima što dodatno olakšava proces opravki.

7. Rezime karakteristika nove generacije regulatora

Kratak rezime najvažnijih odlika mikroračunarskih regulatora napajanja kolskih potrošača i potrošača na drugim vozilima, letilicama i plovilima može da se izloži na sledeći način:

- vrhunske, optimalne regulacione karakteristike,
- visoka pouzdanost

STANDARDI

1. IEC 60077 Rules for electric traction equipment

2. IEC 60571 Elektronski uređaji na vozilima

3. UIC 550 Installation pour l' alimentatation en énergie des voitures

4. UIC 557 Dijagnostička tehnika u putničkim kolima

- ***višestruke zaštite generatora, baterije i potrošača***
- ***informatičnost,***
- **integrisana tehnologija.**

LITERATURA

[1] S. Jelić: Prvi domaći regulator kolskog električnog osvetljenja, "Železnice" 8/1965

[2] S. Jelić, T. Čakulev: Regulator napona i struje za šinska i druga vozila, "Železnice" br. 2/1972

[3] T. Čakulev, S. Jelić: Regulator pomoćnih električnih pogona za dizel-motorne vozove i lokomotive EP 214, "Železnice" br. 1/1978

[4] S. Jelić: Elektronski regulacioni, upravljački i zaštitni uređaji na železničkim dizel-vučnim vozilima, "Železnice" br. 12/1985

[5] S. Jelić, I. Vasilić: Mikroračunarsko upravljanje dizel-električnom lokomotivom JŽ 641, "Železnice" 11/1992.

[6] S. Jelić: Osnove mikroračunarske tehnike, izdanje Zavoda za novinsko-izdavačku delatnost JŽ, Beograd, 2000.

[7] A. Graf, J. Gantioler, C. Preuschof: Tagung "Elektronik im Kraftfahrzeug" Halbleiter-Technologien und Schalter fur das neue Kfz-Bordnetz, 16./17, Juni 1998, München.

THE NEW GENERATION OF GENERATOR VOLTAGE REGULATORS

Savo Jelić, Zoran Živadinović

Abstract – Based on micro controllers, high integrated FETs, intelligent displays and serial interfaces, the new regulators EI 314, EI 315 are bringing advanced characteristics for auxiliary curcuits in vehicles.

Key words – micro controller based generator regulators, optimale battery charging, multiple protections.

Primena savremenih tehnologija za regeneraciju komponenata vučnih vozila i smanjenje imobilizacije

Luka Čupković[1]

***Rezime** - U radu se razmatraju mogućnosti i opravdanost primene savremenih tehnologija regeneracije komponenata vučnih vozila korišćenjem novih materijala, koji se trebaju koristiti kao standardizovani postupci održavanja, oštećenih ili pohabanih delova, čime se mogu ostvariti značajne uštede i smanjiti imobilizacija vučnih vozila.*

1. UVOD

Komponente železničkih vučnih vozila tokom rada izložene su dinamičkim i termičkim naprezanjima i habanjima zavisno od namene i funkcije delova. Svaki važniji i odgovorniji deo vučnog vozila pri radu trpi određena naprezanja (opterećenje, pritisak, zatezanje, uvijanje, iznenadni udari, habanje usled trenja klizanja i kotrljanja). Kod svakog važnijeg i odgovornijeg dela za određenu funkciju potrebno je da grupa eksperata za savremene reparaturne tehnologije defektološkom analizom utvrdi da li je rentabilnije zameniti takav deo novim ili uložiti izvesna sredstva za njegovu regeneraciju sagledavajući pri tome sledeće faktore:

- funkcija dela,
- naprezanja koja deo podnosi u toku rada,
- materijal od kojeg je deo izrađen,
- najpovoljnija metoda regeneracije,
- vek trajanja dela koji je regenerisan,
- cena novog dela.

Najvažniji faktor je garantovanje pouzdanosti dela u radu posle regeneracije.

Za jedan oštećen ili istrošeni deo bitan je posebno ekonomski faktor, odnosno razlika u ceni novog i regenerisanog dela. Što je razlika u ceni veća u odnosu na vek trajanja obnovljenog dela utoliko je ekonomski opravdanije primeniti postupke regeneracije. U ovom članku će se razmatrati samo neke od reparaturnih tehnologija, koje se primenjuju ili će se primeniti na komponentama vučnih vozila.

2. MEHANIČKA POPRAVKA POSTUPKOM "METALOKC"

Ovim postupkom se mogu popravljati cilindarske glave dizel-motora, cilindarske glave kompresora, kućišta turbokompresora, kućišta pumpe za vodu, kućišta pumpe za ulje, kućišta dizel-motora, kućišta hladnjaka za vodu i za ulje.

2.1. Popravka cilindarskih glava dizel-motora DEL JŽ 661, 664, 645 i 666 postupkom "Metalock"

Jugoslovenske železnice susreću se sa problemom pojave naprslina na površinama cilindarskih glava dizel motora dizel lokomotiva i motornih vozova, uglavnom na donjoj površini glava, koje su izložene plamenu i velikim toplotnim (termičkim) naprezanjima i zamaranjima usled procesa usisavanja, kompresije, sagorevanja i ekspanzije. Posledice ovih naprslina su potencijalne opasnosti za prodiranje vode u kompresioni prostor sklopa snage što može izazvati "vodeni udar" u sklopu snage sa velikim materijalnim štetama. Pravilo je i preporuka proizvođača da kod nastanka pregrejavanja vode ("proključale glave") u dizel motoru vrši se obavezna kasacija cilindarskih glava. Međutim, tokom eksploatacije pri normalnim uslovima rada

1 Mr Luka Čupković, dipl. maš. inž., ŽTP Beograd, Nemanjina br. 6/III

dizel motora dolazi do pojave pojedinačnih naprslina na čelu cilindarske glave i to najčešće u zonama sedišta ventila i pumpi brizgaljki.

U svetu postoji jedan od popularnijih postupaka mehaničkog popravljanja, koji je patentiran u Engleskoj i tamo je našao široku primenu, da bi se odatle proširio po svetu.

Mehaničko popravljanje je u stvari mehaničko zatvaranje prslina i osiguranje od daljeg širenja. Ovaj postupak koristi se za popravku prslina hladnim utiskivanjem elemenata spoja (ključeva i zavrtnjeva) u osnovne materijale od sivog čeličnog liva. Elementi ("metalock" ključevi, "metalock" vijci, cilindrični zakivci) izrađeni su od specijalnog materijala a utiskuju se odnosno uvrću u odgovarajuće otvore, čime se postiže stvaranje nove mehaničke celine i garancija nepropustljivosti popravljene pukotine.

Svi ovi elementi vezivanja su posebno standardizovani u pet standardnih veličina i najčešće se koriste kao hladni postupak za razne vrste sivog liva, kao i čeličnog liva, sa karakteristikom čvrstoće, tvrdoće i krtosti. Niska vrednost koeficijenata linearne dilatacije je vrlo važna prednost elemenata vezivanja kod termički opterećenih delova kao što su cilindarske glave.

Praksa u svetu je pokazala da se utiskivanjem elemenata spoja omogućava dobar kontak između elemenata spoja ("metalock" ključevi, "metalock" vijci) i osnovnog materijala. Kod izbora cilindarskih glava za popravku vrlo je važno poznavati debljinu sloja osnovnog materijala i vrstu materijala.

Osnovni razlog primene ovog mehaničkog hladnog postupka popravke je njegova prednost, u odnosu na druge postupke, jer se njegovom primenom ne izazivaju strukturne promene u zoni spoja, što nije slučaj sa bilo kojim od toplih postupaka, koji bi se primenio, što je posebno rizično kod cilindarskih glava od sivog liva (SL). Velika je prednost kod ove hladne opravke nepropusnost spoja, koja podnosi unutrašnji pritisak i do $68x10^5$ Pa (68 bara), a provera nepropusnosti opravljene cilindarske glave na dizel motorima 16-567 C i E, 16-645 E, 12-645E3B se proverava sa vazduhom pod pritiskom od 620 do 680 kPa (6,20 - 6,89 bara) i to tako da se zatvore prolazi za vodu u glavi, na prolaze dovede vazduh, glava potopi u vodu koja je zagrejana na temperaturi od 71°C i drži u vodi pet minuta.

Ova metoda ima prednost u otkrivanju nezaptivenosti, jer se male nezaptivenosti otvaraju u vrućoj vodi. Ako ovaj postupak popravke cilindarskih glava uspe, ostvariće se velike uštede u troškovima opravke i smanjiće se imobilizacija vučnih vozila. Cena jedne nove cilindarske glave za dizel motor GMC iznosi 1707 DEM/kom.

Događa se često da je novi kvalitet spoja nakon popravke bolji nego što je bio, jer ovi specijalni čelici koji se ugrađuju imaju mnogo veću tvrdoću, zateznu čvrstoću, dinamičku čvrstoću, trajnost na visokoj temperaturi i otpornost na agresivne medije od osnovnih materijala. Ove prednosti treba iskoristiti, utvrditi tehničke zahteve i uslove pod kojim se može pristupiti popravka cilindarskih glava na dizel vučnim vozilima JŽ.

Popravku postupkom "metalock" može izvršiti lice koje ima odgovarajuću opremu i za to certifikat izdat od ovlašćene organizacije za ateste u zemlji ili inostranstvu.

Pojava naprslina između otvora izduvnih ventila ili između otvora pumpe brizgaljke i izduvnih ventila poznat je fenomen posle dužeg vremena rada dizel motora.

Uzrok pojava ovih naprslina je akumuliranje promena termičkih naprezanja površina čela cilindarskih glava izloženih vrelim produktima sagorevanja u toku rada motora. Radi se o fenomenu zamora materijala, koji ima lagan (postepeni) ciklus napredovanja.

Međutim, ako se odmah po startovanju dizel motora naglo optereti motor to ima za posledicu brže napredovanje prskotina.

Uticaj mehaničkih efekata, kao što su sile od pritiska gasova sagorevanja je zanemarljivo.

Poznato je da visoka temperatura koja vlada u prostoru za sagorevanje zatvara (steže) prskotinu i tako ograničava povišenje temperature u dubini zida cilindarske glave. Kada naprslina dostigne dubinu od više milimetara, tada je to manje topla zona, pa se napredovanje naprslina smanjuje a zatim zaustavlja, i to znatno pre nego što dođe do prostora za hlađenje vodom (vodeni prostor u cilindarskoj glavi).

Kod odabira cilindarskih glava za opravku koristiti kriterijum naprslina otvorenih ivica širine do 0,5 mm.

Naprsline koje polaze od otvora za brizgaljku nastaju usled:

- vanrednog pregrevanja glave zbog nedostatka vode za hlađenje,
- pregrevanja glave usled lošeg zaptivanja brizgaljke u glavi,
- prekomernog pritezanja pumpe brizgaljke.

Ove naprsline treba otkrivati ispitivanjem sa "organskim crvenilom".

Brutalne naprsline mogu nastati kao posledica termičkog udara ako je motor u radu ostao bez vode.

Rad motora bez protoka vode ili sa oslabljenim protokom vode znatno povećava temperaturu zidova cilindarske glave, koji su podvrgnuti veoma snažnoj kompresiji sa početkom topljenja najtoplijih mesta.

Kada dođe do hlađenja cilindarske glave, dolazi do pojave velikog naprezanja na istezanje.

Naprsline ovog tipa "prokuvale glave", koje počinju bilo na strani vode, bilo na strani gasova ili sa obe strane ne mogu se sanirati i ove glave se odbacuju i kasiraju.

2.2. Mehaničke i hemijske karakteristike

Cilindarska glava izrađena je livenjem pod pritiskom iz legure sivog liva i sadrži u sebi prolaze za vodu i izduvne gasove. U sredini cilindarske glave nalazi se jedan otvor za ugradnju pumpe-brizgaljke za gorivo.

Čišćenje glave vrši se u pogodnom sredstvu za čišćenje da bi se sa površina rastvorilo ulje i čađ. Pri izboru sredstava za čišćenje treba uvažavati praksu i preporuke koje daje isporučilac sredstava za čišćenje. Hemijske i mehaničke karakteristike SL 350 prikazane su u tabeli 1 i 2.

Važna napomena: Ne upotrebljavati za čišćenje abrazivne materijale (staklo, pesak, sačmu), na površinama na strani sagorevanja (donji deo glave), jer bi nastala oštećenja, koja bi izazvala smanjenje efikasnosti zaptivanja.

2.2.1. Mehaničke i hemijske karakteristike SL 350

Tabela 1

Zatezna čvrstoća	Savojna čvrstoća	Orijentaciona tvrdoća
294 MPa (N/mm^2)	470 MPa (N/mm^2)	$HB_{(10/300/15)}$ 180 - 260

Tabela 2

Hemijs. el. %	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ce	Sc
Hemijski sastav SL350	3,15 - 3,35	1,55 - 1,85	0,75 - 0,90	< 0,15	< 0,12	< 0,1	3,68 - 3,98	0,84 - 0,92
Hemijs. sast.uzorka cilind.glave katal.br. 8419194	3,65	2,14	0,59	0,13	0,21	0,15		

2.2.2. Mehaničke i hemijske karakteristike vezivnih elemenata

Vezivni elementi su izrađeni od invar čelika, u čijem se sastavu nalazi 36% nikla, a koeficijent linearnog širenja je približno jednak nuli, tabela 3.

Dobre osobine ovog specijalnog čelika su visoka čvrstoća, mali koeficijent linearnog toplotnog širenja i visoka koroziona postojanost.

Mehaničke karakteristike invar čelika:

- zatezna čvrstoća $\sigma_M = 850\ N/mm^2$
- tvrdoća po Brinelu $HB_{30} = 220$

"Metalock" ključevi su standardni elementi formirani u obliku produžene osmice, ili više spojeva cilindara, slika 1 i tabela 4.

Hemijski sastav legiranog čelika sa 36% nikla - invar čelik

Tabela 3

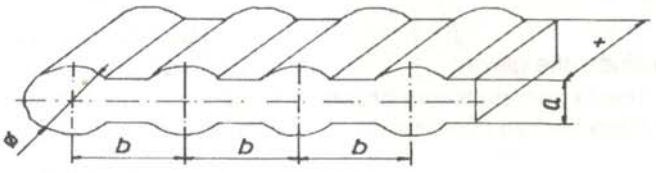
Hemijski elementi %	C	Si	Mn	Cr	Mo	Ni	S	P
INVAR čelik	0,08	0,25	0,8	0,1	0,08	36	0,025	0,025

Standardni elementi "Metalock" ključeva

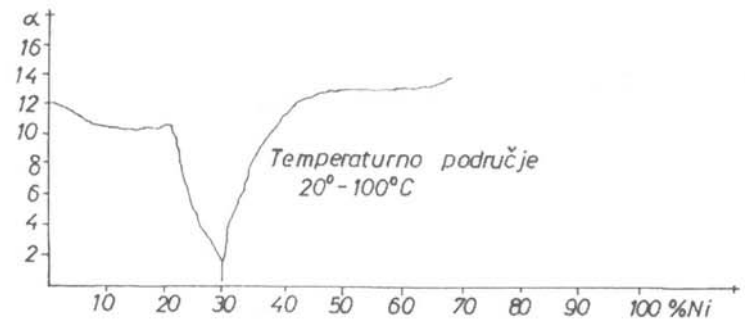
Tabela 4

a (mm)	5,4	4,5	3,3	2,5	2,1
Standard	No5	No4	No3	No2	No1
	$\phi 8$	$\phi 6,75$	$\phi 5$	$\phi 4$	$\phi 3,2$

Osnovna funkcija "Metalock" ključeva je da prenesu, odnosno da pružaju otpor istezanju čela cilindarskih glava na mestima naprslina, i na taj način obezbeđuju mehaničko zatvaranje naprslina u kombinaciji sa "Metalock"zavrtnjima.



Slika 1 - Prikaz karakterističnih veličina "Metalock" ključeva



"Metalock" materijal (α mm °C)	
20 - 50° C	0,9 x 10 $^{-6}$
20 - 100° C	0,9 x 10 $^{-6}$
100 - 200° C	0,9 x 10 $^{-6}$

Slika 2 - Linearni koeficijent izduženja za leguru nikl čelika

2.2.3. Postupak iznalaženja naprslina

Iznalaženje naprslina vršiti pomoću magnofluks uređaja i penetranata.

Izvršiti fotografisanje u koloru cele cilindarske glave. U listi "Pregled cilindarske glave" upisati kataloški broj i nađeno stanje.

2.2.4. Bušenje rupa pomoću šablona

Površina čela cilindarske glave mora biti čista.

Rupe se buše normalno na liniju puknuća u određenim intervalima (koracima) i na određenoj dužini.

2.2.5. Priprema i izbor "metalock" ključeva

Nominalna dužina ključeva bira se 5 do 7 cilindara.

2.2.6. Izrada gnezda

Gnezda za "metalock" ključ se rade presecanjem zidova između rupa.

2.2.7. Utiskivanje ključeva u gnezda

Ključevi se utiskuju u gnezda pneumatskim nabijačem.

2.2.8. Narezivanje navoja za zavrtnjeve

Rupe se buše duž linije naprsline, a zatim se narezuju navoji za zavrtnjeve. U pripremljene otvore uvrću se zavrtnji. Svaki zavrtanj treba da "zagrize" u prethodni zavrtanj za dužinu navoja, čime se osigurava nepropusnost duž linije naprsline.

Zavrtnji se odsecaju na određenoj visini i pažljivo se pomoću pneumatskog čekića utiskuju u otvore zavrtnjeva.

2.2.9. Finalna obrada cilindarske glave

Površinu spoja obrusiti pneumatskom brusilicom. Kvalitet brušenja treba biti kao i čelo glave.

2.2.10. Zaštita brušenog "metalock" spoja od korozije

Brušeni spoj zaštititi bojom ili zaštitnom tečnošću.

2.2.11. Ispitivanje nepropusnosti i kontrola "metalock" spoja glave cilindra

Ispitivanju nepropusnosti "metalock" spoja obavezno mora prisustvovati KPO JŽ.

Ispitivanje svake cilindarske glave se vrši pojedinačno i rezultati ispitivanja unose u mernu listu.

Ispitivanje glave cilindra vrši se tako, da se začepe svi prolazi za vodu u glavi i na prolaze dovede vazduh pod pritiskom od 620 do 689 kPa (6,20 do 6,89 bar). Glava se potopi u vodu koja je prethodno zagrejana na temperaturi od 71°C. Cilindarska glava se drži potopljena u trajanju od pet minuta. Prednost ovog načina je u tome, što se male nezaptivenosti otvaraju u vrućoj vodi. Ako ima pojava mehurića vazduha, to je znak da se ne može preuzeti cilindarska glava iz opravke kao ispravna.

Pakovanje, zaštita i otprema glava cilindra mora biti takva, da ne može doći do oštećenja glave u toku transporta.

2.2.12. Probna ugradnja glava cilindra u dizel motor i ispitivanje nulte serije

Probna ugradnja i eksploatacijsko praćenje glava cilindra opravljenih "metalock" postupkom vrši se po posebno utvrđenom programom praćenja.,

Tehnološki postupak pripreme, merenja, kontrole kvaliteta izvršene opravke, montaže i ugradnje isti je kao i za nove cilindarske glave što je definisano Uputstvom za održavanje dizel motora 16-567E, 16-645E i 12-645E3B.

3. POPRAVKA DELOVA VUČNIH VOZILA POSTUPKOM METALIZACIJE

Metalizacija je postupak nanošenja raspršivanjem-nabrizgavanjem rastopljenog metala na specijalno pripremljenu površinu, dejstvom zbijenog vazduha.

Prvi radovi metaliziranja predmeta raspršivanjem potiču iz 1912. godine od dr Šopa (Švajcarska), pa se ova metoda naziva i "šopovanje".

Za proteklih 88 godina ovaj postupak se toliko usavršio, da danas postoji mnoštvo savremenih uređaja, koji se sa otkrićem novih materijala za metalizaciju koriste u različite svrhe u reparaturi komponenata avioindustrije, a još 1959. godine međunarodna unija železnica – UIC izdala je katalog koji sadrži kompletnu dokumentaciju o delovima, koji su oštećeni ili ohabani, a mogu se opraviti metalizacijom ili drugim reparaturnim postupcima.

Statističkim praćenjem ponašanja komponenata vučnih vozila u eksploataciji konstatovano je da se uglavnom zamena delova na remontu vrši zbog istrošenosti, dok je zamena zbog zamora i dinamičkog loma zanemarljiva.

Regeneracijom delova postupkom metalizacije postižu se znatne uštede u troškovima opravke kao i smanjenja potrebnih zaliha delova za remont.

Cene opravljenih delova ovim postupkom kreću se od 10 do 50% u odnosu na novi deo.

Pre donošenja odluke za opravku oštećenog ili ohabanog dela, prethodno je potrebno izvršiti proveru geometrije, ultrazvukom, magnofluksom, penetrantima prekontrolisati da nema skrivenih pukotina, a zatim polazeći od funkcionalnosti dela na vozilu izvršiti izbor metode opravke kao što su: "hladna" ili "topla" metalizacija, navarivanje, galvanizacija i dr.

U praksi se primenjuju sledeći tipovi metalizacije:

- metalizacija (prskanje) gasnim plamenom i žicom,
- metalizacija (prskanje) gasnim plamenom i prahom,
- elektrolučna metalizacija (prskanje) žicom,
- metalizacija plazmom (prskanje) prahom,
- metalizacija (prskanje) u vakuumu (prahom),
- diamond jet sistem (prahom).

Najjednostavnija i najekonomičnija je tehnika nanošenja - metalizacija žicom, postupak je brz i jeftin.

Pojednostavljeni princip delovanja je sledeći: brzina kretanja žice kroz centar mlaznice reguliše se pomoću vazdušne turbine ili elektromotora. Plamen gorivog gasa i kiseonika topi metal (žicu), a struja vazduha velikom brzinom (100 m/s i više) rastopljene čestice projektuje na prethodno pripremljenu površinu za nanošenje dodatnog materijala. Rastopljene čestice prijanjaju na površinu čime se formira metalizacijski sloj (slika 3).

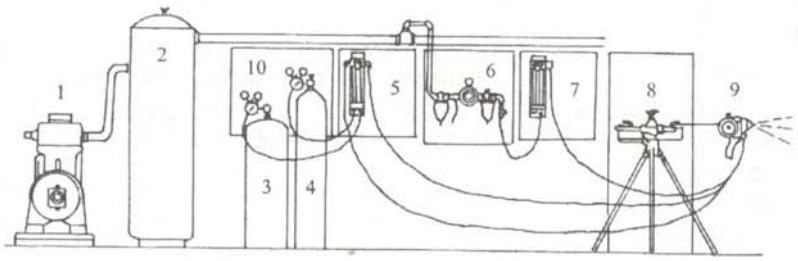
Kod plamenog prskanja prahom umesto žice koristi se prah za nanošenje metalizacijskog sloja. Ovaj postupak danas ima široku primenu, jer ima veliki broj prahova, koji su podeljeni u četiri grupe sa preko 300 vrsta materijala.

Hemijski sastav dodatnog materijala (žica ili prah) je najmerodavniji faktor u odlučivanju šta će se primeniti prema osnovnom materijalu.

Tako naprimer nikal i molibden imaju posebnu ulogu u stvaranju kvalitetnih metaliziranih prevlaka, a molibdenova žica ima široku primenu kod delova gde je potrebna velika otpornost na habanje.

Švedske železnice SJ u početku su vršile opravku kućišta reduktora elektrolokomotiva ASEA sa metalizacijom pomoću žice, a zatim su prešli na metalizaciju metalnim prahom, koristi se METKO 447 br. 91 (Carbon Steel Powder) i br. 51 (Aluminium Bronze Alloy Powder), metalizacija se vrši na oko 20% reduktora.

Nanošenje prevlake na radni predmet vrši se i pomoću gasnodetonacionog postupka.



1. Kompresor za vazduh
2. Rezervoar za vazduh
3. Acetilen ili propan
4. Kiseonik
5. Merač protoka gasa
6. Upravljačka jedinica za vazduh
7. Merač protoka vazduha
8. Uređaj za žicu
9. Pištolj
10. Upravljačka jedinica za gas

Slika 3 - Uređaj za metalizaciju

– u komoru za sagorevanje i cev za "upucavanje" dovodi se određena količina smeše gasova (acetilen-kiseonik, vodonik-kiseonik i sl.), u isto vreme se dovodi i određena količina praška koji se treba "upucati" na radni predmet, zatim se vrši aktiviranje mešavine pomoću električne iskre, čime se izaziva

detonacioni talas koji dostiže brzinu od 3000 m/s, a temperatura produkata sagorevanja je oko 3200°C. Čestice praška udaraju brzinom 1100÷1300 m/s o površinu radnog predmeta, usled udara nastaje pretvaranje kinetičke energije u toplotu, zagrevanje i spajanje čestica koje pokrivaju površinu radnog predmeta. Da bi se izvršilo čišćenje komore od produkata sagorevanja posle eksplozije ubacuje se azot, ovaj proces se sukcesivno ponavlja.

3.1. Tehnički uslovi za prijem opravljenih delova

Svaki regenerisani deo za vučno vozilo mora po funkcijama i dimenzijama da potpuno odgovara novom delu, pa uslovi prijema važe kao za nov deo.

Tehnički uslovi za prijem su sledeći:

- očni pregled metaliziranih delova,
- provera geometrije opravljenih delova,
- merenje veličine zrna prevlake,
- kontrola čvrstoće vezivanja pomoću hladnog lepka za metal,
- merenje debljine metaliziranog sloja,
- kontrola prijanjanja pomoću ultrazvuka,
- merenje tvrdoće prevlake,
- određivanje čvrstoće na smicanje,
- kontrola kvaliteta obrade.

4. OPRAVKA DELOVA VUČNIH VOZILA POSTUPKOM HROMIRANJA

Ovaj postupak je skuplji i duže traje u odnosu na druge reparaturne tehnologije. Ovo posebno dolazi do izražaja kada je potrebno naneti deblje slojeve hroma. Hromiranje je efektno kada je potrebno naneti tanke slojeve.

Zahvaljujući otkrićima novih tehnologija i novih materijala u svetu se počela primenjivati i opravka cilindarskih košuljica postupkom metalizacije kao jeftinijim i koji kraće traje.

4.1. Porozno hromiranje

Hrom nema afinitet da na sebe prihvata sloj ulja koji služi za podmazivanje tarnih površina, koje su izložene teškim uslovima eksploatacije.

Dobijanjem mreže tankih pukotina elektrolitičkim, (anodnim) nagrizanjem postiže se ostvarivanje kanala za ulje koji imaju kapilarna svojstva čime se obezbeđuje dobro proticanje. Stvaranje kanala na hromnoj površini može se dobiti i mehaničkim putem koristeći dijamantske štapiće za stvaranje mreže na hromnim površinama.

Za dobro držanje ulja i otpornost na habanje kanali poroznog hroma treba da imaju neophodnu dubinu i širinu.

Stepen poroznosti je odnos površine koja je pod kanalima i ukupne površine prevlake. Za dobijanje optimalne mreže poroznosti najbolji je odnos C_rO_3; H_2SO_4 u opsegu 105 ÷ 110, a katodna gustina struje 40 ÷ 60 A/dm^2. Najveći uticaj na stepen poroznosti ima temperatura elektrolita.

Sa povećanjem temperature mreža postaje ređa, a stepen poroznosti je smanjen.

Menjanjem temperature pri hromiranju od 50 do 75°C može se dostići različit stepen poroznosti. Pri niskim temperaturama hromiranja mreža je gusta sa tankim i plitkim kanalima.

Za dobijanje dugog veka trajanja hromnih prevlaka preporučuje se stepen poroznosti od 25 do 45%, a širina kanala od 6 do 7 μm.

ZAKLJUČAK

Postoji tehno-ekonomska opravdanost organizovane primene savremenih tehnologija za regeneraciju komponenata vučnih vozila.

Postupci trebaju biti standardizovani za održavanje oštećenih i pohabanih delova. Ovim postupcima se postižu velike uštede jer se cene regenerisanih delova kreću od 10 do 50% u odnosu na nove.

Treba sačiniti za svaku seriju vučnog vozila katalog regenerisanih delova sa tehničkim uslovima, mernim listama, primenjenim postupcima i kontroli prijema.

Lica koja vrše popravku moraju imati certifikat izdat od određene organizacije za ateste u zemlji ili inostranstvu.

LITERATURA

(1) Adamović Ž.; Jevtić M, Metode i postupci obnavljanja istrošenih delova tehničkih sistema, Beograd, 1995.godine.
(2) Cvetković V., Nanošenje istopljenih metala raspršivanjem, Niš, 1999.godine
(3) Stamenković I., Tehnologija termalnih prevlaka, Beograd 1996.godine.

APPLICATION OF MODERN TECHNOLOGIES FOR RENEWAL OF TRACTION VEHICLES COMPONENTS AND REDUCTION OF IMMOBILIZATION

Summary: *This paper is considering possibilites and justification of application of modern technologies of renewal of components and traction vehicles by use of new materials that are to be used as standarized procedures of maintenance of damaged and worn-aut parts providing thus significant savines and reduction of immobilization of traction vehicles.*

Da li postoji dugi pad na jugoslovenskim prugama?

Aleksandar Radosavljević[1], Dušan Milutinović[2]

Rezime - *U radu je dat uporedni prikaz nekih deonica pruga sa dugim padom kod nas i u Evropi. Da bi se ocenilo kako treba kočiti na nekoj pruzi na padu izvršen je proračun koeficijenta pada (definisan u ERRI B 126/DT 366) za dve karakteristične deonice na pruzi Beograd-Bar (Branešci-Užice i Trebešica-Zlatica), sa i bez upotrebe elektrodinamičke kočnice. Na osnovu dobijenog koeficijenta pada primenjuju se tri vrste mera za sprečavanje termičkih preopterećenja točkova: primena metode regulacionog kočenja, primena metode naizmeničnog kočenja i primena daljih mera, koje se odnose na izmene karakteristika kretanja voza.*

Ključne reči - *dugi pad, kočenje, termičko opterećenje, železnica*

1. UVOD

Na Jugoslovenskim železnicama (JŽ) saobraćaj se odvija na različitim prugama s obzirom na konfiguraciju terena: ravničarskim, brdskim i mešovitim. Sa stanovišta težine odvijanja saobraćaja posebno se ističe pruga Beograd-Bar, koja spada u izuzetno teške pruge zbog velikog broja krivina, uspona i padova na dužim relacijama. Pored povećanja potrošnje energije pri vuči na savlađivanju otpora od krivina i uspona, veoma značajni troškovi su i zbog česte primene kočnica, kako za zaustavljanje, tako i za kočenje na dugim padovima u cilju održavanja propisane brzine, i to uglavnom pneumatskom kočnicom, umesto elektrodinamičkom, kako je to uobičajeno u svetu. Međutim, ne postavlja se samo pitanje povećanja troškova eksploatacije. Još značajnije pitanje je povećana potrošnja samih vozila, smanjenje veka njihovog trajanja, odnosno pojedine opreme na njima, pojave kvarova, pregrevanja, a ponekad i drastičnih havarija.

Treba naglasiti da visoka termička opterećenja, odnosno preopterećenja točka kočenog papučama nastaju najčešće kao posledica dugotrajnog kočenja u cilju održavanja konstantne brzine voza pri kretanju na padu ili neželjenog blokiranja kočnica. Tada se u točku javljaju temperaturna i naponska stanja čija je posledica pojava termičkih naprslina na površini kotrljanja, koje mogu izazvati i lom točka.

2. ŠTA JE DUGI PAD?

Dugi pad se, prema Uputstvu o kočenju vozova [1], definiše kao pad pruge preko 15‰ na dužini preko 12 km.

Na dugim padovima brzinu kretanja voza treba održavati prvenstveno elektrodinamičkom kočnicom lokomotive. Kočenjem vučnog vozila elektrodinamičkom kočnicom može se postići dopunsko kočno dejstvo automatskoj kočnici, ili se dinamička kočnica može primeniti sama (bez automatske kočnice).

Da bi se utvrdilo postojanje dugog pada na mreži JŽ-a izvršena je analiza svih pruga i ustanovljene su neke karakteristične deonice sa dugim padom za koje je izračunat srednji nagib [2]:

- Branešci-Užice (tabela 1): l=20 775 m, i_{sr}=-15,32 ‰,
- Kos-Zlatica (tabela 2): l=46 776 m, i_{sr} = -19,33 ‰.

Na slikama 1 i 2 prikazan je uzdužni profil pruge Beograd-Bar od 164 159 do 184 934 m i od 351 704 do 398 480 m. Na slikama 3 i 4 prikazan je uzdužni profil pruge Bardonecchia-Bussoleno pruge Modano-Torino, istočne padine planine Cenis i uzdužni profil pruge Airolo-Biasca, južni deo planinskog venca Gotthard. U tabeli 3 je dat uporedni prikaz karakterističnih deonica pruga sa dugim padom sa dužinom, srednjim nagibom i visinskom razlikom. Iz navedenih podataka se jasno vidi da je deonica Kos-Zlatica pruge Beograd-Bar po svim parametrima na nivou pruga koje su tretirane u [2], te se shodno tome i njoj mora posvetiti adekvatna pažnja.

3. STANJE ELEKTROLOKOMOTIVA SA ASPEKTA ELEKTRODINAMIČKE KOČNICE

ŽTP Beograd raspolaže sa dve vrste elektrolokomotiva: serija JŽ 441 i serija JŽ 461. Obe vrste lokomotiva koriste se na svim elektrificiranim prugama za vuču putničkih i teretnih vozova, pa prema tome i na pruzi Beograd-Bar. Na ovoj pruzi vuču vozova obavlja i ŽTP Crna Gora samo sa lokomotivama serije JŽ 461.

Inventarsko stanje lokomotiva serije JŽ 441 u ŽTP Beograd je 96, od kojih je 30 sa elektrodinamičkom kočnicom tj. 31,25%. Inventarsko stanje lokomotiva serije JŽ 461 u ŽTP-u Beograd je 78. Inventarsko stanje ovih

[1] Aleksandar Radosavljević, mr, istraživač-saradnik, SI-CIP, Nemanjina 6, tel. 361 8273, Email: aradosav@eunet.yu
[2] Dušan Milutinović, dr, viši naučni saradnik, SI-CIP, Nemanjina 6, tel. 361 8273, Email: aradosav@eunet.yu

lokomotiva u ŽTP Crna Gora je 18. Sve lokomotive serije JŽ 461 opremljene su sa elektrodinamičkom kočnicom.

Međutim, osnovni problem je u tome što elektrodinamička kočnica, kako kod lokomotiva serije 441 tako i kod lokomotiva serije 461, nije u tehnički ispravnom stanju, pa se stoga i ne može pouzdano koristiti pri redovnoj eksploataciji [3]. Karakteristike elektrodinamičkog kočenja lokomotive serije JŽ 441 F_k=f(V) prikazane su na slici 5 (4 motora tipa ISVK 644-8), a lokomotive serije JŽ 461 na slici 6 (6 motora tipa LJE 108).

4. METODE KOČENJA NA DUGIM PADOVIMA

Elektrodinamička kočnica se primenjuje prvenstveno kod regulacije brzine voza i kočenja na dugim padovima radi smanjenja trošenja kočnih umetaka, točkova i obručeva, kao i radi smanjenja prekomernog zagrevanja obručeva i točkova vučnog vozila.

Ako je potrebno paralelno dejstvo i automatske kočnice, onda mašinovođa u cilju održavanja konstantne brzine voza, smanjuje pritisak vazduha u glavnom vodu na vrednost koja treba da bude u granicama od 4,6÷4,2 bara. Kritična oblast pritiska između 5,0 i 4,7 bara mora se izbeći da bi se sprečilo smanjenje pritiska u radnim komorama rasporednika. Kočnice se otkočuju stavljanjem ručice u položaj "Vožnja". Ovakav način kočenja naziva se *metoda regulacionog kočenja*.

Metoda naizmeničnog kočenja teretnih vozova na padu predstavlja naizmenično zavođenje odgovarajućeg stepena kočenja i potpunog otkočivanja radi održavanja srednje brzine kretanja na pruzi s dugim padom, a u cilju termičkog rasterećenja točkova kočenih papučama. Pri naizmeničnom kočenju pritisak vazduha u glavnom vodu se smanjuje na oko 4,2 bara i zadržava na tom nivou dok ne dođe do tačno određenog potrebnog smanjenja brzine, a potom se zavodi potpuno otkočivanje. Proces otkočivanja sa ručicom u položaju "Vožnja" zavodi se u trenutku kada brzina toliko opadne da se do ponovnog postizanja dozvoljene brzine ima na raspolaganju oko 90s potrebnih za proces otkočivanja. Ovo vreme je neophodno da bi se ponovo i dovoljno napunile radne komore u zadnjem delu dugačkog teretnog voza. Potrebno smanjenje brzine, pre otkočivanja, zavisi od više faktora i ne može se unapred precizno odrediti. Kao orijentaciona vrednost za mašinovođu, smanjenje brzine se može približno odrediti na sledeći način [4]:

$$\Delta v\,[km/h] = \frac{broj\ osovina\ voza}{3} \quad \text{ili}$$

$$\Delta v\,[km/h] = \frac{2 \times masa\ voza\,[t]}{100}.$$

Naravno, ovako definisano kočenje ima za posledicu produžetak vremena vožnje, koji se za svaku konkretnu deonicu mora ustanoviti.

5. FORMULA ZA OCENU PRUGE NA PADU

Da bi se ocenilo kako treba kočiti na nekoj pruzi na padu koristi se sledeća formula [4]:

$$f = \frac{F_R \cdot \lambda}{i_m - 100 \cdot \frac{F_E}{m}} \qquad (1)$$

gde su: f-koeficijent pada; $F_R[kN]$-dopuštena kočna sila jednog točka sa kočnim papučama u funkciji od dužine pruge na padu i na njemu dozvoljene brzine (v_{doz}); $\lambda[\%]$-procenat kočenja voza; $i_m[‰]$-srednji nagib pruge; $F_E[kN]$-kočna sila elektrodinamičke kočnice za vreme kočenja na padu; $m[t]$-ukupna masa voza.

Data formula se primenjuje za određenu deonicu pruge sa padom i za određenu seriju lokomotive koja se koristi na toj pruzi.

Kod određivanja procenta kočenja voza, kočna masa lokomotive se ne uračunava, pošto:

- automatska kočnica lokomotive, kod postepenog kočenja na padu, ne dejstvuje, a
- elektrodinamička kočnica lokomotive je uzeta u obzir u formuli (1) kroz faktor kočne sile elektrodinamičke kočnice za vreme kočenja na padu (F_E).

Tako se procenat kočenja λ izračunava na sledeći način:

$$\lambda = 100 \cdot \frac{B_w}{m} \qquad (2)$$

$$m = m_w + m_L \qquad (3)$$

gde su: $B_w[t]$-kočna masa voza bez lokomotive, $m[t]$-ukupna masa voza, $m_w[t]$-masa voza bez lokomotive uključujući i mase neradnih lokomotiva, $m_L[t]$-masa radne (vozne) lokomotive.

Procenat kočenja voza se kod DB-a, SBB-a, FS-a i JŽ-a računa tako što se kočna masa voza bez lokomotive i kočna masa lokomotive (B_L) dele sa ukupnom masom voza, tako da se procenat kočenja određuje na sledeći način:

$$\lambda_I = 100 \cdot \frac{B_w + B_L}{m} \qquad (4)$$

Zamenom (2) u (4) dobija se izraz za određivanje procenta kočenja:

$$\lambda = \lambda_I - 100 \cdot \frac{B_L}{m} \qquad (5)$$

Zamenom (5) u (1) dobija se krajnji obrazac za određivanje koeficijenta pada f kod DB-a, SBB-a, FS-a i JŽ-a:

$$f = \frac{F_R \cdot (\lambda_I - 100 \cdot \frac{B_L}{m})}{i_m - 100 \cdot \frac{F_E}{m}} \qquad (6)$$

Procenat kočenja voza se kod ÖBB-a i SNCF-a računa tako što se kočna masa voza bez lokomotive deli sa masom voza bez lokomotive, tako da se procenat kočenja određuje na sledeći način:

$$\lambda_{II} = 100 \cdot \frac{B_w}{m_w} \qquad (7)$$

Zamenom (2) u (7) dobija se izraz za određivanje procenta kočenja:

$$\lambda = \lambda_{II} \cdot \frac{m_w}{m} \qquad (8)$$

Zamenom (8) u (1) dobija se krajnji obrazac za određivanje koeficijenta pada f kod ÖBB-a i SNCF-a:

$$f = \frac{F_R \cdot \lambda_{II} \cdot \frac{m_w}{m}}{i_m - 100 \cdot \frac{F_E}{m}} \qquad (9)$$

Potreban procenat kočenja (λ_{pot}) se na osnovu (1), (6) i (9) dobija kao:

$$\lambda_{pot} \geq \frac{f}{F_R} \cdot i_m - 100 \cdot \frac{F_E}{m} \qquad (10)$$

$$\lambda_{Ipot} \geq \frac{f}{F_R} \cdot (i_m - 100 \cdot \frac{F_E}{m}) + 100 \cdot \frac{B_L}{m} \qquad (11)$$

$$\lambda_{IIpot} \geq \frac{f}{F_R} \cdot (i_m - 100 \cdot \frac{F_E}{m}) \cdot \frac{m}{m_w} \qquad (12)$$

Dopuštena kočna sila jednog točka sa kočnim papučama u funkciji od dužine pruge na padu i na njemu dozvoljene brzine kretanja određuje se na osnovu dijagrama na slici 7, koji je izrađen na osnovu rezultata ERRI ispitivanja uticaja termičkih opterećenja na točkove pri kočenju na dugim padovima.

Ukoliko na određenom delu pruge postoji više deonica promenljivog nagiba i dozvoljene brzine u prethodne formule se unosi srednja vrednost nagiba pruge, a za određivanje dopuštene kočne sile na padu srednja vrednost dozvoljene brzine. Srednja vrednost nagiba pruge daje dovoljno tačne rezultate pri proračunu koeficijenta pada u najvećem broju slučajeva. Greške se javljaju ako se vrednost nagiba, na jednom dužem odseku pruge, znatno razlikuje od izračunate srednje vrednosti. Zbog toga je potrebno svaku deonicu pruge detaljno anlizirati. Takođe, na padu sa više dozvoljenih maksimalnih brzina vrši se proračun srednje vrednosti brzine.

Na osnovu dobijenog koeficijenta pada razlikuju se tri slučaja:

I: $f > 13,0$ - može se primeniti metoda regulacionog kočenja bez drugih posebnih mera;

II: $11,5 \leq f \leq 13,0$ - mora se primeniti metoda naizmeničnog kočenja;

III: $f < 11,5$ - neophodno je primeniti dalje mere za sprečavanje posledica kočenja na dugom padu: smanjenje maksimalne dozvoljene brzine na padu, smanjenje mase voza, korigovanje procenta kočenja, korišćenje elektrodinamičke kočnice, ...

6. PRORAČUN KOEFICIJENTA PADA ZA KARAKTERISTIČNE DEONICE

Proračun koeficijenta pada izvršen je za dve, prethodno već opisane, karakteristične deonice na pruzi Beograd-Bar, sa i bez upotrebe elektrodinamičke kočnice.

Na deonici Branešci-Užice (l=20775 m, i_m= -15,32 ‰, m=1060 t, λ=61%, v_{doz}=70 km/h, lok. 461) *bez* upotrebe elektrodinamičke kočnice (F_E=0, F_R=2,85 kN, kočna masa lokomotive u režimu P je B_L=71%), koeficijent pada je:

$$f = \frac{F_R \cdot \left(\lambda_I - 100 \cdot \frac{B_L}{m}\right)}{i_m - 100 \cdot \frac{F_E}{m}} = \frac{2,85 \cdot \left(61 - 100 \cdot \frac{71}{1060}\right)}{15,32} = 10,1,$$

a *sa* upotrebom elektrodinamičke kočnice (F_E=143 kN, F_R=2,85 kN), koeficijent pada je:

$$f = \frac{F_R \cdot \left(\lambda_I - 100 \cdot \frac{B_L}{m}\right)}{i_m - 100 \cdot \frac{F_E}{m}} = \frac{2,85 \cdot \left(61 - 100 \cdot \frac{71}{1060}\right)}{15,32 - 100 \cdot \frac{143}{1060}} = 84,6$$

Dakle, da bi se zadržala ista brzina na padu i primenilo regulaciono kočenje za održavanje konstantne brzine, bez upotrebe elektrodinamičke kočnice, potrebno je obezbediti minimalni procenat kočenja od 77%. Ukoliko to nije moguće neophodno je smanjiti masu voza (za oko 20%) ili maksimalnu brzinu (za oko 35-40%).

Ako se primeni naizmenično kočenje za održavanje konstantne brzine, bez upotrebe elektrodinamičke kočnice, potrebno je obezbediti minimalni procenat kočenja voza od 69%. Naravno, ovo bi uticalo na vremena vožnje koja bi se morala korigovati shodno primenjenom kočenju.

Na deonici Trebešica-Zlatica (l=39159m,i_m=-19,53‰, m=1000 t, λ=61%, v_{doz} = 60 km/h, lok. 461) *bez* upotrebe elektrodinamičke kočnice (F_E=0, F_R=2,24 kN) koeficijent pada je:

$$f = \frac{F_R \cdot \left(\lambda_I - 100 \cdot \frac{B_L}{m}\right)}{i_m - 100 \cdot \frac{F_E}{m}} = \frac{2,24 \cdot \left(61 - 100 \cdot \frac{71}{1000}\right)}{19,534} = 6,18$$

a *sa* upotrebom elektrodinamičke kočnice (F_E=160 kN, F_R=2,24 kN) koeficijent pada je:

$$f = \frac{F_R \cdot \left(\lambda_I - 100 \cdot \frac{B_L}{m}\right)}{i_m - 100 \cdot \frac{F_E}{m}} = \frac{2,24 \cdot \left(61 - 100 \cdot \frac{71}{1000}\right)}{19,534 - 100 \cdot \frac{160}{1000}} = 34,16$$

Dakle, da bi se zadržala ista brzina na padu i primenilo regulaciono kočenje za održavanje konstantne brzine kretanja, bez upotrebe elektrodinamičke kočnice, potrebno je obezbediti minimalni procenat kočenja od 121% što je, za teretne vozove, gotovo nemoguće. Ukoliko to nije moguće čak ni sa velikim smanjenjem mase voza ili smanjenjem maksimalne brzine na padu, ne može se izbeći negativan uticaj od dugotrajnog kočenja, pa se kao imperativ postavlja upotreba elektrodinamičke kočnice.

Ako se primeni naizmenično kočenje za održavanje konstantne brzine, bez upotrebe elektrodinamičke kočnice, potrebno je obezbediti minimalni procenat kočenja voza od 108% što je, takođe, vrlo teško. Vremena vožnje bi se, takođe, morala korigovati shodno padu brzine pri naizmeničnom kočenju.

Rezultati svih sprovedenih proračuna pokazuju da i na našim prugama postoje deonice sa dugim padovima na kojima se moraju sprovesti posebni postupci kočenja, koji se primenjuju i na sličnim prugama svih evropskih železnica. Ti postupci, odnosno primenjene metode kočenja, treba da spreče pojavu termičkih preopterećenja točkova kočenih papučama i u krajnjem slučaju lom točka usled pojave termičkih naprslina.

7. ZAKLJUČAK

U cilju sprečavanja visokih termičkih opterećenja točkova pri kočenju na dugim padovima koja mogu dovesti i do lomova točkova potrebno je, na mreži pruga JŽ-a, identifikovati pruge sa dugim padom i izvršiti

odgovarajuće proračune. Ovi proračuni treba da budu osnova za definisanje eksploatacije na određenoj deonici pruge i za određivanje elemenata planskog reda vožnje (mase voza, vremena vožnje, procenta kočenja,...). Lokomotive koje vuku vozove na ovim relacijama moraju biti opremljene ispravnom i pouzdanom elektrodinamičkom kočnicom. Ukoliko to nije moguće obezbediti potrebno je detaljno analizirati svaki voz i za njega propisati odgovarajuće elemente reda vožnje koji maksimalno sprečavaju pojavu termičkih preopterećenja točkova. Za efikasnu primenu regulacionog ili naizmeničnog kočenja potrebno je izvršiti odgovarajuću obuku mašinovođa za rukovanje kočnicama na padu.

Dosadašnji odnos prema električnom kočenju na našoj železnici značajno doprinosi povećanju verovatnoće pojave naprslina od termičkih opterećenja točkova železničkih vozila. Međutim, da bi se stanje poboljšalo potrebno je izvršiti određene rekonstrukcije električne kočnice, a za to su neophodna znatna sredstva, kojih već duži niz godina nema [3].

LITERATURA

[1] ZJŽ: "Uputstvo o kočenju vozova (Uputstvo 233)", Beograd 1998.

[2] Zavod za projektovanje ZJŽ: "Uzdužni profil pruge Beograd -Bar", Beograd, 1976.

[3] Radosavljević A. i dr.: "Efekti primene električne kočnice pri vuči vozova na pruzi Beograd-Bar", Saobraćajni institut CIP, Beograd 1995.

[4] ERRI B 126/DT 366: "Bremsbedienung von Güterzügen auf langen Gefällestrecken", Utrecht, Juni 1998.

DOES LONG DOWN-GRADE EXIST ON YUGOSLAV RAILWAYS?

Aleksandar Radosavljević[1], Dušan Milutinović[2]

Abstract - *In this paper comparative review of some parts of lines with long down-grades in Yugoslavia and in Europe is presented. To estimate what way of braking is necessary to apply on down-grades, calculation of down-grades coefficient (according to ERRI B 126/DT 366) for two characteristic parts of Belgrade-Bar line (Branešci - Užice and Trebešica - Zlatica) with and without electro-dynamic braking is done. On the basis of obtained down-grades coefficient three kind of measures for preventing thermal overload of wheels are applied: method of regulating braking, method of alternating braking and use of further measures in domain of changes running characteristics of train.*

Key words - *long down-grades, braking, thermal load, railway*

Tabela 1. Uzdužni profil pruge Beograd-Bar od 164+159 do 184+934 m

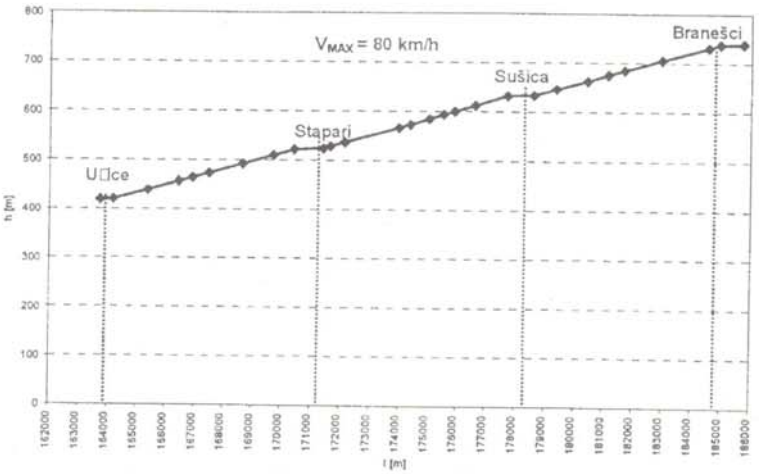
l [m]	406	1590	1270	550	720	1060	769,5	879	1089,5	720	380	500	660,4
i [‰]	-16,6	-16,2	-16,7	-17,5	-16,5	-16,35	-16,22	-1,5	-18	-17	-18	-16,8	-18
l [m]	400	1816,	492,3	250	965,3	721,5	1080	1160	559,6	480	1060	1194,	
i [‰]	-17,2	-16,1	-17,25	-16,76	-2,5	-16,06	-16	-16,4	-17,31	-16,8	-15,78	-16,4	

Tabela 2. Uzdužni profil pruge Beograd-Bar od 351 704 do 398 480 m

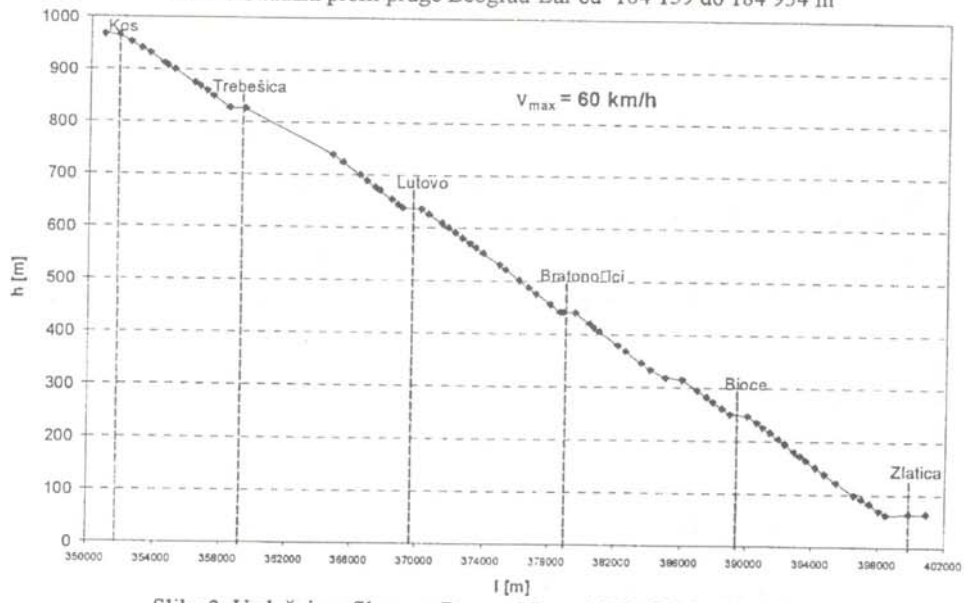
l [m]	675,6	644	490	859,5	230	429,6	1242,	330	397,9	400	1000	920	5415,	623,7
i [‰]	-17,86	-20,09	-17,2	-22,26	-25	-17,22	-20	-18,5	-23,1	-25	-22,3	-1,2	-16,1	-24
l [m]	1043,5	440	520	300	712,6	400	270	1123,	459,4	800	380	410	451,3	420
i [‰]	-23,02	-23,7	-22,96	-23,2	-22,72	-25	-22,3	-2	-22,31	-21,3	-22,3	-21,2	-24,7	-21,83
l [m]	370	460,8	964,2	379	840	590,3	470	870	610	230	696	889,5	260	349
i [‰]	-21	-24,3	-21,9	-23,1	-24,89	-23,66	-23,88	-23,09	-24,5	0	-1	-23,2	-24,8	-23,2
l [m]	1099	475	940	540	932,3	1000	926,3	570	381,6	548,6	540	1054,	550	364,7
i [‰]	-23,3	-24,4	-23,5	-23,2	-16,15	-3	-21,17	-23	-24,89	-21,8	-20,8	-2	-23,2	-23,25
l [m]	450	500	370	600	344	370,2	586	534,9	736	1064	475,3	480	558	419
i [‰]	-23,8	-24	-25	-23,4	-24,3	-23,7	-21,4	-23,29	-21,54	-22,3	-16,85	-18	-22,6	-20,81

Tabela 3. Uporedni prikaz karakterističnih deonica

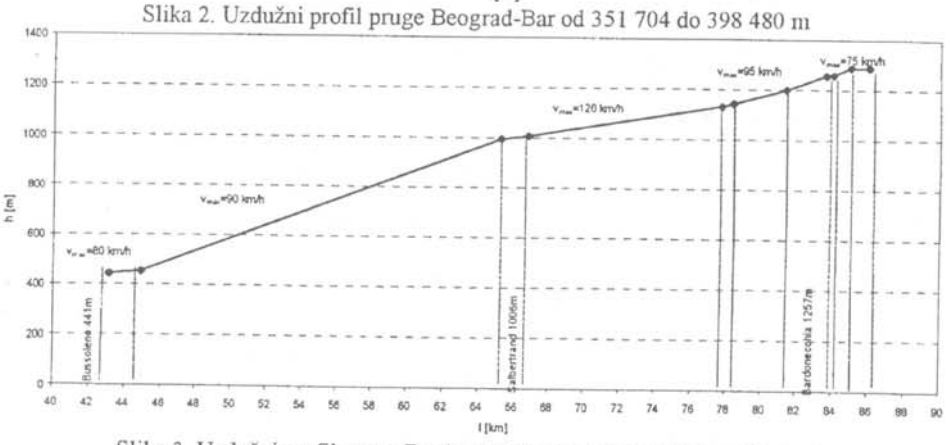
Relacija	l [km]	i_{msr} [‰]	ΔH [m]
Branešci - Užice	20,77	-15,32	318
Kos - Zlatica	46,78	-19,33	904
Bardonecchia - Bussoleno	40,09	-20,67	835
Airolo - Biasca	45,6	-18,35	837



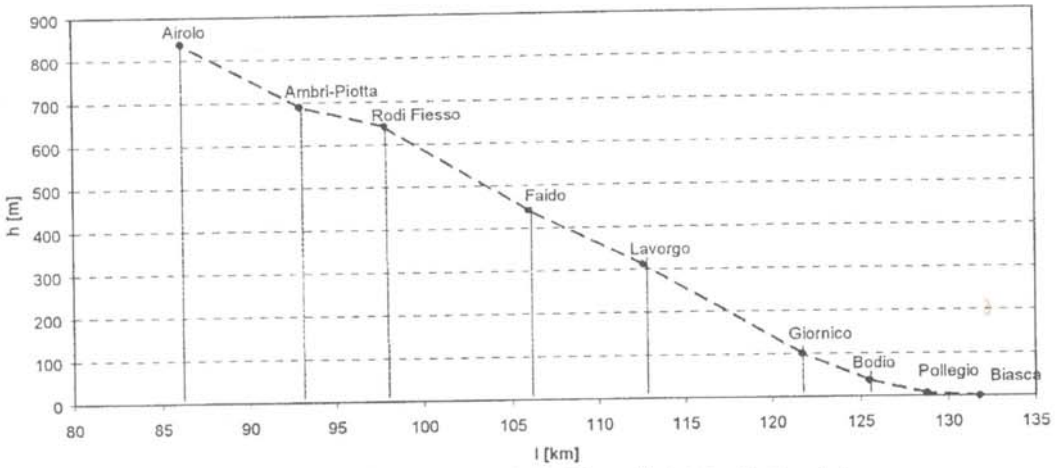
Slika 1. Uzdužni profil pruge Beograd-Bar od 164 159 do 184 934 m



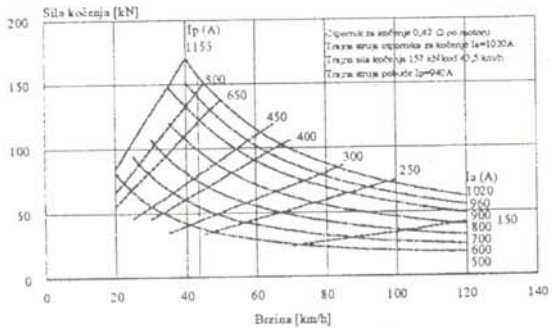
Slika 2. Uzdužni profil pruge Beograd-Bar od 351 704 do 398 480 m



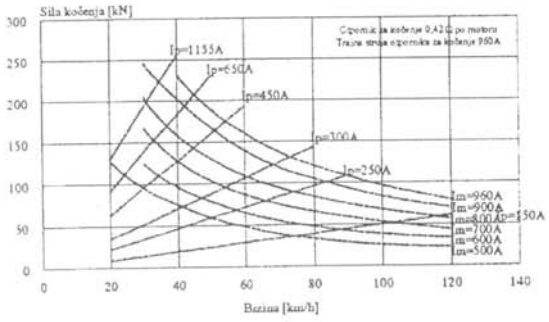
Slika 3. Uzdužni profil pruge Bardonecchia-Bussoleno (Modano-Torino)



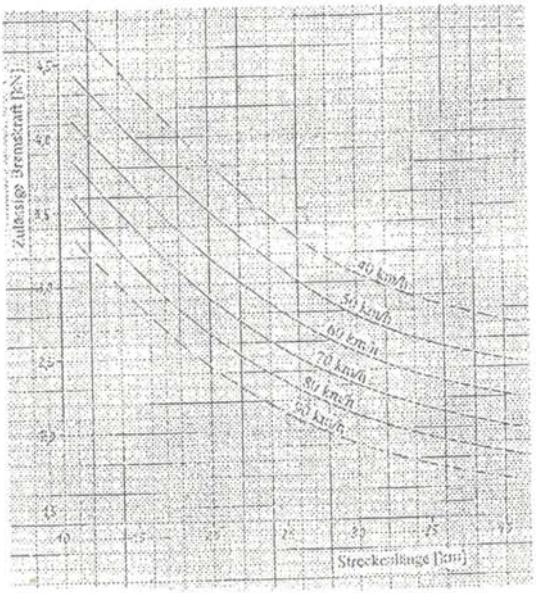
Slika 4. Uzdužni profil pruge Airolo-Biasca (južni deo Gotthard-a)



Slika 5. Dijagram kočna sila-brzina, lok. 441



Slika 6. Dijagram kočna sila-brzina, lok. 461



Slika 7. Dopuštena kočna sila jednog točka sa Bgu-kočnim papučama

Eksploatacijska sigurnost posuda pod pritiskom na železničkim vozilima

Radomir Jovičić, Aleksandar Sedmak, Miloš Manojlović[1]

Rezime: *Moguća oštećenja zavarenih vagon cisterni, koje se svrstavaju u posude pod pritiskom, tokom eksploatacije, od kojih su najčešća i najopasnija prsline, mogu dovesti do njihovih katastrofalnih lomova, što se u praksi i dešava. Da bi se ovo sprečilo neophodna su njihova ispitivanja tokom eksploatacije i to po određenoj proceduri koja omogućava da se otkriju i pouzdano ispitaju mesta najverovatnije pojave prslina. U ovom radu je prikazano kako treba definisati postupak ispitivanja da bi se dobila vagon cisterna – posuda pod pritiskom bezbedna za eksploataciju.*

Ključne reči: *vagon cisterna, posuda pod pritiskom, prslina, sigurnost u eksploataciji*

1. UVOD

Danas se na jugoslovenskim prugama kreće nekoliko stotina zavarenih vagon cisterni koje se svrstavaju u posude pod pritiskom (VCPP). Njihovi radni uslovi: temperatura, pritisak i radni medijum, kao i akumulisana energija, čine ove cisterne potencijalno opasnim proizvodima po život i zdravlje ljudi i materijalna dobra i okolinu.

Poznati su slučajevi procurivanja tj. otkaza u eksploataciji vagon cisterni sa amonijakom u Jugoslaviji i Italiji, zatim procurivanje vagon cisterne sa tečnim ugljendioksidom u Nemačkoj ili izbacivanje iz eksploatacije više desetina vagon cisterni za tečni amonijak zbog sumnje da bi njihovi nekvalitetni zavareni spojevi mogli dovesti do procurivanja u eksploataciji(1).

Da bi se izbegli otkazi u eksploataciji, postojeći propisi na JŽ (2,3) predviđaju da se tokom eksploatacije, izvode periodični pregledi i ispitivanja. Međutim, za pouzdanu ocenu sigurnosti je potrebno da pored rezultata ovih ispitivanja budu na raspolaganju i svi podaci o konstrukciji, postupku izrade, ugrađenim materijalima, rezultatima prethodnih ispitivanja i uslovima eksploatacije cisterne. U mnogim slučajevima takvi podaci ne postoje ili su nepotpuni. Zabrana daljeg korišćenja ovih cisterni, zbog nemogućnosti pouzdane procene njihove sigurnosti bi imala znatne nepovoljne ekonomske efekte, ali je značajan i problem njihove sigurne eksploatcije. U okviru ovog rada biće predložen postupak ispitivanja u eksploataciji cisterni, kod kojih podaci potrebni za pouzdanu procenu sigurnosti u eksploataciji ne postoje ili nisu kompletni.

2. SIGURNOST ZAVARENE KONSTRUKCIJE

Za procenu sigurnosti zavarene konstrukcije, pa time i vagon cisterni – posuda pod pritiskom, treba primeniti globalni i lokalni pristup. Globalni pristup predstavlja klasičan proračun osnovnih dimenzija konstrukcije, uz pravilni izbor geometrijskog oblika i uz pretpostavku homogenog materijala.

Da bi se dobila prava sliku o sigurnosti VCPPP potrebno je obuhvatiti još i podatke vezane za geometriju detalja konstrukcije (oblik i dimenzije pojedinih detalja), upotrebljene materijale (hemijski sastav, zatezna čvrstoća, izduženje, žilavost, mikrostruktura, otpornost na puzanje i zamor), tehnologiju izrade (podaci vezani za zavarivanje, termičku obradu i plastičnu deformaciju) i eksploatacijske uslove (vrsta i agresivnost

1 Radomir Jovičić, Aleksandar Sedmak, Miloš Manojljović

radnog medijuma i okoline, temperatura i njen raspored u posudi, kao i brzina promene, veličina, raspored, amplituda i brzina promene opterećenja i time izazvanih napona u materijalu).

Takođe, treba sagledati uticaj tehnologije izrade na izmene osobina osnovnih materijala i definisati položaje i veličine zona sa izmenjenim osobinama, tj. kritična područija. Da bi se proceniła sigurnost zavarene konstrukcije treba poznavati osobine materijala u kritičnim područijima i njihovo ponašanje u stvarnim uslovima eksploatacije i proračun i postupak izrade, odnosno sigurnost VCPPP podesiti prema ovom najslabijem mestu. Ovo predstavlja lokalni pristup sigurnosti. Kada se definišu položaj, veličina i osobine kritičnih zona, mogućnost loma se proverava unošenjem potrebnih parametara u matematičke izraze kojima se definišu uslovi za početak loma. Kritična mesta u zavarenim konstrukcijama su, pre svega, zavareni spojevi.

3. ZNAČAJ ISPITIVANJA POSUDA POD PRITISKOM

I pored definisanih zahteva u pogledu kvaliteta VCPPP, kao i njihovog poštovanja u procesu izrade i u eksploataciji, mogućnost njihovog otkaza u toku rada nije izbegnuta, što potvrđuju navedeni slučajevi. Da bi se ovo izbeglo propisano je ispitivanje VCPPP u eksploataciji, literatura (2). Time se sagledava trenutno stanje PPP, što omogućava: sigurnu eksploataciju bez neplaniranih zastoja, eksploataciju bez velikog rizika po ljude i materijalna dobra, procenu preostalog veka i time mogućnost planiranja zastoja i remonta i racionalno korišćenje posude i produženje njenog veka revitalizacijom.

4. LOM POSUDA POD PRITISKOM TOKOM EKSPLOATACIJE

Lomu uvek prethodi pojava prslina. Konstrukcijski materijali sadrže greške koje su mogući začeci prslina ili sadrže mikroprsline. U tom smislu su kritični zavareni spojevi. Kako je nemoguće proizvesti zavareni spoj bez grešaka i mikroprslina, zavareni spojevi VCPPP već pre puštanja u rad sadrže greške iz kojih se mogu razviti prsline. Takođe, uslovi eksploatacije mogu da dovedu do pojave prslina i na mestima bez grešaka u materijalu. Pod uticajem nepovoljnih eksploatacijskih faktora, kao što su visoki naponi, zamor, korozija i degradacija osobina materijala, prsline mogu da rastu stabilno i da posle dovoljno dugog vremena dostignu kritičnu veličnu pa dalje rastu velikom brzinom do loma.

Redak je slučaj da se u konstrukciji nađe prslina koja ima dužinu dovoljnu da već pri puštanju u rad dovede do loma posude. Obično do loma dovedu greške koje nisu uočene pre puštanja u eksploataciju ili greške koje se razvijaju u toku eksploatacije iz grešaka u materijalu, obično u zavarenim spojevima. Ove mikroprsline se razvijaju stabilno, do kritične veličine posle čega dalji rast dovodi do loma.

U najvećem broju slučajeva rast prsline se završava konačnim krtim lomom. Završni plastični lom se javlja vrlo retko, samo kao posledica slučajnog preopterećenja. Krti lom je opasan vid loma, zato što se razvija iznenada, velikom brzinom i bez vidljive plastične deformacije. Nije potrebno dovoditi energiju spolja. Praćen je katastrofalnim razmerama. Stabilni razvoj prsline se može završiti i procurivanjem pre nego što prslina dostigne kritičnu dužinu za krti lom. Za sigurnost posude je povoljnije da se razvija velika plastična deformacija. U tom slučaju za rast prsline je potrebno dovoditi energiju spolja. Otkaz posude se tada razvija postepeno uz pojavu lako uočljive izbočine.

5. OŠTEĆENJA POSUDA POD PRITISKOM KAO UZROK LOMA

Uslovi rada PPP mogu da dovedu do pojave i razvoja oštećenja, čiji je krajnji rezultat nastanak prslina i lom posude. Radna temperatura utiče na vek PPP tako da je, ispod prelazne temperature, već u prisustvu malih prslina moguć krti lom, a na povišenim temperaturama su mogući korozija, puzanje i naponska korozija. Radni pritisak je važan za konstrukcijsko razmatranje. Strujanje tečnosti i gasova velikim brzinama može da izazove eroziju površina. Rad sa prekidima izaziva dodatne termičke napone, koji mogu da dovedu do prslina usled zamora.

Posledice ovih pojava mogu biti: nastanak prslina u osnovnom materijalu i zavarenim spojevima (najčešće na postojećim greškama), smanjenje debljine i nosivog preseka elemenata posude i promena oblika posude usled trajnih deformacija. U literaturi (4) je navedena podela oštećenja posuda u eksploataciji koja je najšire prihvaćena: opšti gubitak materijala, lokalna oštećenja i degradacija osobina materijala.

6. PROGRAM ISPITIVANJA POSUDA POD PRITISKOM TOKOM EKSPLOATACIJE

Navedena oštećenja posuda pod pritiskom mogu da dovedu do njihovog prevremenog otkaza. Da bi se to sprečilo, izvode se ispitivanja u eksploataciji. Propis, literatura (2) (u daljem tekstu PJŽ) predviđa da se u eksploataciji izvode redovna i vanredna ispitivanja i to spoljnji i unutrašnji pregled i ispitivanje pritiskom.

Pri ispitivanju u eksploataciji treba da budu dostupni svi podaci o konstrukciji, postupku izrade, ugrađenim materijalima i rezultati ispitivanja. U mnogim slučajevima takvi podaci su nepotpuni, naročito ako je posuda puštena u eksploataciju pre definisanja odgovarajućih propisa.

Cilj ispitivanja u eksploataciji je utvrđivanje pouzdanosti posude. Zato ispitivanje treba da obuhvati razvoj ranije otkrivenih oštećenja, otkrivanje novih oštećenja i ispitivanje pojave oštećenja na greškama. Uobičajeno je da se postupak ispitivanja u eksploataciji definiše na osnovu propisa za utvrđivanje stanja VCPPP pri prijemnom ispitivanju, tj. pri utvrđivanju tkz. nultog stanja. Međutim, s obzirom na mogućnost razvoja prslina usled eksploatacijskih oštećenja, moraju se propisati dopunska ispitivanja i povećati obim njihove primene. U tabelama 1. i 2. je prikazano kako treba odabrati program i obim ispitivanja posude u zavisnosti od načina eksploatacije (incidentne situacije, sanacije, oštećenja materijala) i rezultata prethodnih ispitivanja, literatura (5).

TABELA 1. Postupci ispitivanja u eksploataciji posuda za koje postoji potrebna dokumentacija

Postupak broj	Rezultat prethodnih ispitivanja	Program ispitivanja	Obim	IBR
			pre ispitivanja pritiskom	posle ispitivanja pritiskom
I	prvo ispitivanje u eksploataciji, otkrivena oštećenja, rađene izmene, bilo incidentnih situacija	program A	na mestima sa ranije otkrivenim oštećenjima, na mestima sa očekivanim oštećenjima i mestima dorada u obimu 100%	na mestima sa oštećenjima u obimu 100%, a na zavarenim spojevima prema njihovom projektnom kvalitetu
II	kod ispitivanog tipa posude ili ugrađenog materijala česta pojava prslina u eksploataciji, a kod konkretne posude prsline nisu otkrivene prethodnim ispitivanjima	program A	na mestima koja se, s obzirom na konstrukciju i postupak izrade ocene kao kritična u obimu 100%	kritična mesta i zavareni spojevi u obimu 100%
III	kod ispitivanog tipa posude ili ugrađenog materijala česta pojava prslina u eksploataciji, prethodnim ispitivanjima su otkrivene prsline	program A	kritična mesta i zavareni spojevi u obimu 100%	kritična mesta i zavareni spojevi u obimu 100%
IV	nisu otkrivena oštećenja u eksploataciji niti je bilo incidentnih situacija i naknadnih radova	program B	ne rade se	zavareni spojevi u obimu prema njihovom projektnom kvalitetu

Program A

1. Analiza raspoloživih dokumenata u cilju utvrđivanja trenutnog stanja posude,
2. Provera usaglašenosti izvedenog stanja sa dokumentacijom,
3. Funkcionalna proba i spoljnji pregled,
4. Unutrašnji pregled,
5. Definisanje metoda i obima IBR i ispitnih mesta,
6. Priprema ispitnih površina,
7. Vizuelno dimenziona kontrola,
8. Merenje debljina,
9. Ispitivanje metodama bez razaranja pre ispitivanja pritiskom,
10. Definisanje dopunskih ispitivanja u slučaju otkrivanja oštećenja pri IBR pre ispitivanja pritiskom,
11. Propisivanje postupka sa ovim oštećenjima,
12. Eventualna korekcija postupka ispitivanja definisanog pod 5.,
13. Ispitivanje pritiskom,
14. Priprema ispitnih površina,
15. Vizuelni pregled,
16. IBR posle ispitivanja pritiskom,
17. Definisanje dopunskih ispitivanja u slučaju otkrivanja oštećenja pri IBR posle ispitivanja pritiskom,
18. Propisivanje postupka sa oštećenjima,
19. Analiza rezultata ispitivanja,
20. Ocena podobnosti za dalju upotrebu,
21. Definisanje postupka dalje eksploatacije.

Program B

1. Analiza raspoloživih dokumenata u cilju utvrđivanja trenutnog stanja posude,
2. Provera usaglašenosti izvedenog stanja sa dokumentacijom,
3. Funkcionalna proba i spoljnji pregled,
4. Unutrašnji pregled,
5. Ispitivanje pritiskom,
6. Definisanje metoda i obima IBR i ispitnih mesta,
7. Priprema ispitnih površina,
8. Vizuelni pregled,
9. Ispitivanje metodama bez razaranja,
10. Definisanje dopunskih ispitivanja u slučaju otkrivanja oštećenja,
11. Propisivanje postupka sa otkrivenim oštećenjima,

12. Analiza rezultata ispitivanja,
13. Ocena podobnosti za dalju upotrebu,
14. Definisanje postupka dalje eksploatacije.

Program C

1. Utvrđivanje obima raspoloživih dokumenata o posudi,
2. Provera usaglašenosti izvedenog stanja sa raspoloživom dokumentacijom,
3. Utvrđivanje stepena nesaglasnosti raspoložive i potrebne dokumentacije,
4. Upotpunjavanje podataka o posudi,
5. Utvrđivanje stanja posude radi pristupa ispitivanju,
6. Funkcionalna proba i spoljnji pregled,
7. Unutrašnji pregled,
8. Definisanje metoda i obima IBR i ispitnih mesta,
9. Priprema ispitnih površina,
10. Vizuelno dimenziona kontrola,
11. Merenje debljina,
12. Ispitivanje metodama bez razaranja pre ispitivanja pritiskom,
13. Definisanje dopunskih ispitivanja u slučaju otkrivanja oštećenja pre ispitivanja pritiskom,
14. Propisivanje postupka sa oštećenjima,
15. Eventualna korekcija postupka ispitivanja definisanog pod 8,
16. Ispitivanje pritiskom,
17. Priprema ispitnih površina,
18. Vizuelni pregled,
19. Ispitivanje metodama bez razaranja posle ispitivanja pritiskom,
20. Definisanje dopunskih ispitivanja u slučaju otkrivanja oštećenja posle ispitivanja pritiskom,
21. Propisivanje postupka sa oštećenjima,
22. Analiza rezultata ispitivanja,
23. Ocena podobnosti za dalju upotrebu,
24. Definisanje postupka dalje eksploatacije.

TABELA 2. Postupci ispitivanja u eksploataciji posuda kod kojih nema potrebne dokumentacije

Postupak broj	Rezultat IBR pre ispitivanja pritiskom	Program	Obim	IBR
			pre ispitivanja pritiskom	posle ispitivanja pritiskom
V	nisu otkrivena oštećenja	program C	na mestima koja su na osnovu konstrukcije ili postupka izrade ocenjena kao kritična u obimu 100%, a na zavarenim spojevima prema projektnom kvalitetu	na mestima koja su na osnovu konstrukcije ili postupka izrade ocenjena kao kritična u obimu 100%, a na zavarenim spojevima prema projektnom kvalitetu
VI	otkrivena oštećenja, rađene izmene, bilo incidentnih situacija, prvo ispitivanje u eksploataciji.	program C	na mestima koja se na osnovu konstrukcije ili postupka izrade ocene kao kritična u obimu 100%, a na zavarenim spojevima prema proj. kvalitetu	na mestima koja se na osnovu konstrukcije ili postupka izrade ocene kao kritična i svi zavareni spojevi u obimu 100%
VII	kod ispitivanog tipa posuda ili ugrađenog materijala česta pojava prslina u eksploataciji	program C	na mestima koja se, s obzirom na konstrukciju i postupak izrade ocene kao kritična, i svi zavareni spojevi u obimu 100%	na mestima koja se, s obzirom na konstrukciju i postupak izrade ocene kao kritična, i svi zavareni spojevi u obimu 100%

Pre početka ispitivanja bilo koje posude treba proveriti saglasnost izvedenog stanja sa raspoloživom dokumentacijom, jer moguće nesaglasnosti mogu usloviti da se ne ispitaju neka kritična mesta. U slučaju nepotpune dokumentacije neke podatke je moguće dobiti sa same posude npr.: upoređivanjem tehničkih uslova definisanih u opisu posude sa podacima sa tablice moguće je oceniti ispravnost namene posude, vizuelnim pregledom zavarenih spojeva je moguće ustanoviti upotrebljeni postupak zavarivanja, da li je primenjeno jednostrano ili obostrano zavarivanje, redosled polaganja prolaza, da li je na svim šavovima primenjena ista tehnologija zavarivanja, vrsta obloge elektrode ili zaštitnog gasa, položaj zavarivanja i mesta popravki.

Pre početka ispitivanja u eksploataciji u cilju utvrđivanja trenutnog stanja, potrebno je prikupiti podatke o ugrađenom kvalitetu i mogućim oštećenjima posude u toku eksploatacije. Rezultat ovih analiza treba da bude procena trenutnog stanja posude. Analiza omogućava da se utvrdi projektovani - potrebni kvalitet i izvedeni - ostvareni kvalitet, tj. da se utvrde ugrađene greške

i druga slaba mesta u konstrukciji i da se na osnovu uslova eksploatacije predvidi mogućnost razvoja oštećenja na tim slabim ili na nekim drugim mestima. Dakle, analiza treba da ukaže na postojanje oštećenih, slabih mesta na posudi koja, pre svega, treba da budu predmet ispitivanja u eksploataciji. Najpotpuniju sliku o ovim slabim mestima daju rezultati prethodnih ispitivanja u eksploataciji. U tom slučaju treba analizirati ne samo rezultate ispitivanja nego i postupak ispitivanja kojim se došlo do tih rezultata, tj. tehnologiju ispitivanja.

Ostvareni izvedeni kvalitet VCPPP se utvrđuje pri prijemnom ispitivanju. Potrebni kvalitet VCPPP se definiše u fazi ugovaranja na osnovu zahteva kupca, tehničkih podloga i zakonskih propisa. Zahtevi za kvalitet VCPPP primenjeni na propise kojima se definišu uslovi za kvalitet bi trebali da omoguće da se odrede postupci i metode za utvrđivanje izvedenog kvaliteta, kao i obim njihove primene i kriterijumi za prihvatljivost otkrivenih grešaka.

Poseban problem predstavlja određivanje projektnog i trenutnog kvaliteta zavarenih spojeva VCPPP. Projektni kvalitet zavarenog spoja predstavlja zahtevani nivo pouzdanosti i određuje se na osnovu radnih uslova posude i položaja zavarenog spoja na njoj, a izvedeni kvalitet zavarenog spoja predstavlja ostvareni nivo pouzdanosti i utvrđuje se ispitivanjima zavarenog spoja metodama razaranjem i bez razaranja. Postupak za određivanje zahtevanog nivoa pouzdanosti zavarenih spojeva VCPPP nije definisan propisima JŽ.

Uslovi eksploatacije VCPPP mogu biti razlog njihovog oštećanja ili otkaza. I posude koje su eksploatisane po predviđenom režimu mogu biti izbačene iz upotrebe, zbog razvoja oštećenja izazvanog radnim uslovima. U slučaju prekoračenja projektnih parametara mogućnosti za razvoj oštećenja su veće. Kod posuda koje su u eksploataciji sa greškama, praćenje uslova eksploatacije omogućuje procenu razvoja oštećenja i time preostalog veka posude. Zato je za procenu sigurnosti VCPPP u eksploataciji od velikog značaja poznavanje podataka o eksploataciji. Tu spadaju podaci o: promenama radnih parametara, temperature, pritiska i kvaliteta radne materije, zaustavljanjima (ovim se narušavaju stacionarna temperaturna polja što izazivaju dodatne unutrašnje napone, koji pogoduju razvoju postojećih ili nastanku novih oštećenja), režimima pražnjena i punjenja, remontima i doradama (ovi radovi se po pravilu izvode u uslovima koji su lošiji od onih u proizvodnji posuda, zbog čega je i kvalitet izvedenih radova niži i može biti uzrok loma.) i drugim aktivnostima, npr. postupku pri prethodnim ispitivanjima pritiskom (ispitivanja pritiskom mogu da izazovu oštećenja PPP zbog previsokih napona u zidu ili pojava potpritiska pri ispuštanju ispitnog sredstva).

7. POSTUPAK SA PPP NAKON ISPITIVANJA U EKSPLOATACIJI

Nakon ispitivanja ocenjuje se podobnost VCPPP za dalju upotrebu poređenjem trenutne klase (P_t) sa projektnom (P_p) na sledeći način:

– stanje podobnosti, kada je trenutna klasa veća od projektne ($P_t > P_p$) za date uslove rada,

– stanje ograničene podobnosti, kada je trenutna klasa posude jednaka ili manja od projektne ($P_t \leq P_p$). U ovom slučaju posuda se može dovesti u stanje podobnosti: a) popravkom ili zamenom elemenata sa smanjenom podobnošću, b) promenom uslova korišćenja,

– stanje nepodobnosti, kada je trenutna klasa posude niža od projektovane i ne može se poboljšati ili nije moguće promeniti uslove eksploatacije ($P_t < P_p$).

Posude se ocenjuju kao podobne u slučajevima da ispitivanjima nisu otkrivena oštećenja ili da su otkrivena oštećenja manja od kritičnih. Ako oštećenja nisu otkrivena posuda se pušta u dalju eksploataciju, a naredno ispitivanje se izvodi u roku koji je predviđen pravilnikom za tu vrstu posude. U slučaju da su otkrivena oštećenja, njihov značaj za pojavu otkaza se ocenjuje primenom sledećeg postupka: utvrditi vrstu, veličinu i položaj greške, odrediti delujuće napone i žilavost materijala u okolini greške, utvrditi prihvatljivost greške prema prihvaćenoj graničnoj veličini za oblike otkaza koji se mogu javiti, ukoliko je otkrivena greška prslina utvrditi da li može da raste, ako se ustanovi da prslina može da raste, proceniti preostali vek konstrukcije ili propisati postupak njenog praćenja u eksploataciji. Navedeni postupak ocene obuhvata sve vrste oštećenja koje se mogu pojaviti.

Ako je otkrivena prslina manja od kritične i ako se oceni da ne može dalje da raste u eksploataciji, smatra se prihvatljivom. Posuda se ocenjuje kao podobna za dalju upotrebu i pušta se u eksploataciju u projektnim uslovima, a rok za naredno ispitivanje u eksploataciji je rok predviđen pravilnikom. Ako je prslina manja od kritične i oceni se da može da raste pri eksploataciji, ili je veličine bliske kritičnoj ocenjuje se kao prihvatljiva i posuda se smatra podobnom za upotrebu. Odluka o daljoj eksploataciji mora biti dopunjena procenom momenta u kome posuda prelazi u stanje nepodobnosti, tj. procenom preostalog veka ili se mora propisati postupak praćenja oštećenja u eksploataciji. Ova procena se izvodi na osnovu procenjenog razvoja oštećenja u uslovima eksploatacije i predstavlja prognozu vremena u kome oštećenje dostiže kritičnu veličinu. Rok za naredno ispitivanje u eksploataciji, u ovom slučaju, je rok u kome oštećenje dostiže veličinu blisku kritičnoj. U slučaju odstupanja od propisanih parametara rada, npr. pri preopterećenju posude može se očekivati ubrzani razvoj oštećenja, zbog čega će se rok za naredno ispi-

tivanje skratiti. Na isti način smanjivanje delujućih napona u okolini vrha prsline može dovesti do usporavanja ili zaustavljanja rasta prsline. Zato je važno unapred definisati program eksploatacije posude i o tome voditi dnevnik. Kada se veličina prsline približi kritičnoj, posuda se ocenjuje kao nepodobna i primenjuje se postupak za sanaciju, prenamenu ili likvidaciju. Međutim, zbog sigurne eksploatacije najčešće se propisuje sanacija prsline.

Ako je prslina približno jednaka kritičnoj veličini, ocenjuje se kao neprihvatljiva, a posuda kao nepogodna za dalju upotrebu. U tom slučaju je moguće sanirati, promeniti namenu ili likvidirati posudu. Obično rezultati ispitivanja dobijeni do momenta otkrivanja prsline ne mogu bliže da definišu prirodu i uzroke nastanka prsline. Ovi podaci su potrebni da bi se mogao oceniti značaj prsline, mogućnost njenog rasta i mogućnost za sanaciju i prenamenu posude. Zbog toga se propisuju dodatna ispitivanja. Odluka o daljem postupku sa posudom se donosi na osnovu rezultata dodatnih ispitivanja, uticaja postupka sanacije na bezbednost posude, tehničkih mogućnosti prenamene, ekonomske isplativosti sanacije ili prenamene. Odluka o sanaciji oštećenja će biti donešena u slučajevima da su utvrđena manja oštećenja koja ne menjaju bitno osobine materijala i koja se mogu sanirati manjim zahvatima, npr. brušenjem ili zavarivanjem. U slučajevima da su utvrđena oštećenja, npr. nedovoljna žilavost, debljina ili čvrstoća, ili velika tvrdoća ZUT, ili je utvrđen veliki obim oštećenja, biće donešena odluka o prenameni ili likvidaciji posude.

U slučaju sanacije treba primeniti sledeći postupak: izrada tehnologije sanacije sa tehnologijom ispitivanja, overa tehnologija kod inspekcijskog organa, izvođenje sanacije, ispitivanje saniranog mesta, analiza rezultata ispitivanja, ocena stanja podobnosti, definisanje uslova dalje eksploatacije i roka za naredno ispitivanje. Na osnovu rezultata ispitivanja nakon sanacije posuda se može oceniti kao podobna za dalju upotrebu, pri čemu se moraju definisati uslovi eksploatacije i rok za naredno ispitivanje, imajući u vidu postignute osobine saniranog mesta. U ovom slučaju najčešće se propisuje praćenje ponašanja saniranog mesta u eksploataciji. U slučaju da se posuda oceni kao nepodobna pristupa se prenameni ili likvidaciji.

U slučaju prenamene posude treba primeniti sledeći postupak: definisanje novih uslova eksploatacije, izrada projekta rekonstrukcije, definisanje projektnog kvaliteta posude i zavarenih spojeva; trenutni kvalitet zavarenih spojeva mora biti veća od projektnog, definisanje tehnologije izvođenja rekonstrukcije sa tehnologijom ispitivanja, overa projekta rekonstrukcije kod inspekijskog organa, izvođenje rekonstrukcije, ispitivanje posude, analiza rezultata ispitivanja, ocena podobnosti, definisanje postupka eksploatacije i roka za ispitivanje. Nove uslove eksploatacije treba definisati tako da projektni kvalitet posude bude manji od trenutnog. Pri oceni podobnosti posude za prenamenu treba primeniti postupak kao za nove posude. Pri proračunu posude treba uzeti u obzir stvarne vrednosti čvrstoće, debljine i koeficijenata valjanosti zavarenih spojeva. Na osnovu rezultata ispitivanja, nakon rekonstrukcije, posuda može biti ocenjena kao podobna za dalju upotrebu, pri čemu se preispituju uslovi eksploatacije kao i rok za naredno ispitivanje, ili kao nepodobna posle čega posuda ide u likvidaciju.

Nakon donošenja odluke o likvidaciji PPP, postupak je sledeći; inspekcijski organ unosi ocenu o nepodobnosti u dokumentaciju posude, pražnjenje i provetravanje posude, demontaža armature i same posude, potpuno uništavanje posude, npr. gasnim rezanjem, nadležni inspekcijski organ unosi podatak o uništavanju posude u dokumentaciju knjižicu.

LITERATURA

1. Kakaš D.: Elaborat o ispitivanju i oceni kvaliteta vagon cisterni, Institut za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka, Novi Sad 1991.
2. Pravilinik o posudama pod pritiskom na železničkim vozilima (nacrt), Jugoslovenske železnice, Beograd, 2000.
3. Pravilnik o međunarodnom prevozu opasne robe, RID propis, Međunarodna unija železnica, 1999.
4. Jukava S.: Preporuke za posude pod pritiskom - projektovanje, materijali i iskustvo, monografija Eksploatacijske prsline u posudama pod pritiskom i rezervoarima, TMF - Goša, Beograd, 1994.
5. Jovičić R.: Procena sigurnosti zavarenih posuda pod pritiskom u toku eksploatacije. Magistarski rad, Tehnološko metalurški fakultet Beograd, 1998.

SERVICE SAFETY OF PRESSURE VESSELS ON RAILWAY WAGONS

Radomir Jovičić, Aleksandar Sedmak, Miloš Manojlović

Abstract: *Damages in running of welded tank wagons, which are classified among pressure vessels, may be due to cracks which are most ofteand most dangerous occurrences that can lead to catastrophic failure in practice.*

In order to prevent this, running tests are necessary according to certain procedure as they will enable to reveal and reliably examine the spots where cracks most often occur. This paper shows how to define the test procedure and get the tank wagons - pressure vessels safe for future operation.

Key words: *tank wagon, pressure vessel, cracks, runnng safety*

Model generisanja korektivnih mera u remontu šinskih vučnih vozila

M. Ilić[1], Z. Nikolić[2], S. Raičević[3]

***Rezime** - U radu se, polazeći od kritičkog osvrta na kvalitet u remonta šinskih vozila kod nas, daje postupak kontinualnog unapređenja sistema kvaliteta identifikacijom i otklanjanjem grešaka. Model omogućava savremeni pristup generisanja korektivnih mera, pre svega, sa aspekta reklamacija i/ili škarta i dorade, koje su kod nas mnogo češća pojava nego u razvijenim zemljama. Osnovni cilj je da se na osnovu reklamacija i/ili škarta i dorada, koje pokazuju realno stanje u fabrici, predlože i sprovode korektivne aktivnosti, kojim se sprećava pojava istih i sličnih grešaka i teži proizvodnji bez grešaka. U radu je prikazan pristup rešavanja problema koji bazira, pre svega, na timskom radu i primeni alata kvaliteta (zbirna lista grešaka, Pareto dijagram, Brainstorming, Ishikawa dijagram itd.) i opisan je softver koji ga podržava. Rad se sastoji iz sledećih celina: uvod, prikaz alata za obradu reklamacija, zaključak i literatura.*

***Ključne reči:** alati kvaliteta, korektivne mere, reklamacije, šinska vozila*

1. UVOD

Tradicionalni, klasični pristup kompleksnom sistemu održavanja složenih tehničkih sistema, kakva su na primer šinska vučna vozila, a koji, globalno, karakteriše visoka imobilizacija sredstava i nizak nivo održavanja, nije više moguć. Jedna karakteristika takvog stanja je, u velikoj meri, neadekvatan tretman reklamacija i/ili škarta i dorade, iako su one od ključne važnosti za uspeh sistema kvaliteta i pokazuju realno stanje kompletnog proizvodno-poslovnog sistema.

Pojave reklamacija i/ili škarta i dorada su kod nas mnogo češće nego u razvijenim zemljama, jer se obično shvataju kao normalne, neizbežne, svakodnevne, a njihova stvarna cena i uzroci su, u velikoj meri, nepoznati. Savremeni proizvodni sistemi su, međutim, tako organizovani da imaju zanemarljiv broj reklamacija i/ili škarta i dorada ili da ih čak uopšte i nemaju (postigli su tzv. *zero defect*). Dakle, sistem održavanja kod nas mora sve više da integriše nove, savremene alate, kako bi zadovljio zahteve koje postavlja tržište, odnosno kupci, a to znači da izvrši reinženjering svojih dominantnih procesa, odnosno da osposobi procese za pouzdan rad, tj. osposobi sistem da može pravovremeno da reaguje na sve greške, identifikuje njihove uzroke i sprečava njihovo ponovno pojavljivanje.

Ovaj rad daje prilog razmatranju ove integracije, sa aspekta tretmana reklamacija i/ili škarta i dorada. U radu je prikazan pristup poboljšanja kvaliteta remonta šinskih vozila koji se uvodi u fabrici "Lokomotiva", a koji bazira, pre svega, na timskom radu (koji podrazumeva definisane odgovornosti, kompetencije, komunikacije i slično), kontinualnom unapređenju kvaliteta, a podržan je *alatima kvaliteta* (zbirna lista grešaka, Pareto dijagram, Brainstorming, Ishikawa dijagram), opisan je i softver koji ga podržava.

Osnov koncepta predstavlja lista svih mogućih grešaka (odnosno neusaglašenosti sa postavljenim zahtevima) i uzroka (uočenih i/ili potencijalnih) u fabrici. Ovo je prvi alat kvaliteta. Lista grešaka predstavlja ulaz za dalje analize podržane alatima kvaliteta, a formira sa pristiglim reklamacijama.

[1] Mr Milovan Ilić, dipl.maš.inž., Služba za informacione sisteme, MIN Holding Co., DD "Lokomotiva", ul. Šumadijska br. 1, 18000 Niš, e-mail: milovan@junis.ni.ac.yu, lokomotiva@bankerinter.net

[2] Zorica Nikolić, dipl.maš.inž., Služba kontrole, MIN Holding Co., DD "Lokomotiva", ul. Šumadijska br. 1, 18000 Niš, e-mail: lokomotiva@bankerinter.net

[3] Slavko Raičević, dipl.maš.inž., pom. direktora za proizvodnju, MIN Holding Co., DD "Lokomotiva", ul. Šumadijska br. 1, 18000 Niš, e-mail: lokomotiva@bankerinter.net

Pareto metodom se utvrđuje značaj reklamacija, pre svega po troškovima konstatovanih obradom reklamacije (troškovi kvaliteta), npr.: troškovi materijala, radne snage, transporta itd. Informacije o troškovima uzimaju se iz radnog naloga. Tako određene, ključne greške se razmenom mišljenja eksperata (Brainstorming) analiziraju ili primenom Ishikawa dijagrama u uzročno-posledičnom dijagramu definiše do tada neprimećeni uzrok lošeg kvaliteta proizvoda. Za analizu mogućih grešaka se koriste i drugi alati i metode (FMEA analiza proizvoda, FMEA analiza procesa itd.).

Cilj je definisanje korektivnih mera kojima otklanjamo posledice nastalih grešaka i, u velikoj meri, sprečavamo njihovo ponovno pojavljivanje. Takođe se definišu i preventivne mere sa ciljem da se spreči nastajanje grešaka koje se teško mogu suzbiti korektivnim merama. Dakle, cilj je da se dokumentovano identifikuju, predlože i sprovode aktivnosti radi sprečavanja nastajanja svih grešaka koje mogu da značajno utiču na kvalitet proizvoda.

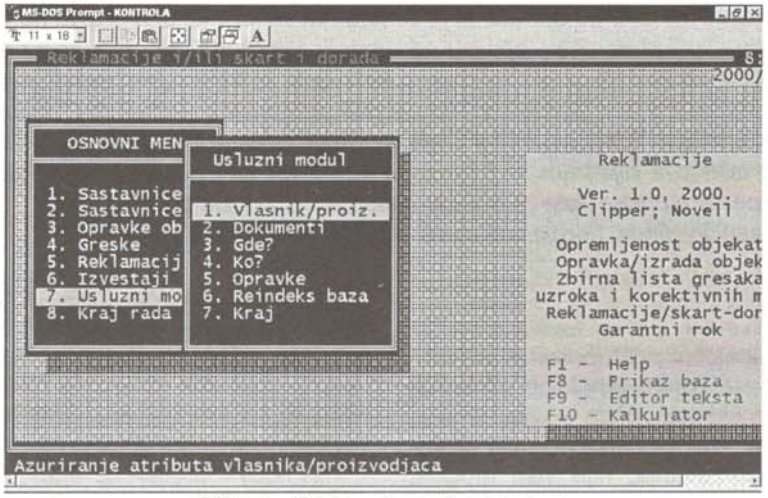
Softver obuhvata permanentno praćenje:

- postojeće opreme vučnih vozila,
- stanja garantnog roka objekata i/ili sklopova,
- izvršenih opravki,
- reklamacija i/ili škarta i dorade,
- liste grešaka, uzroka i korektivnih mera.

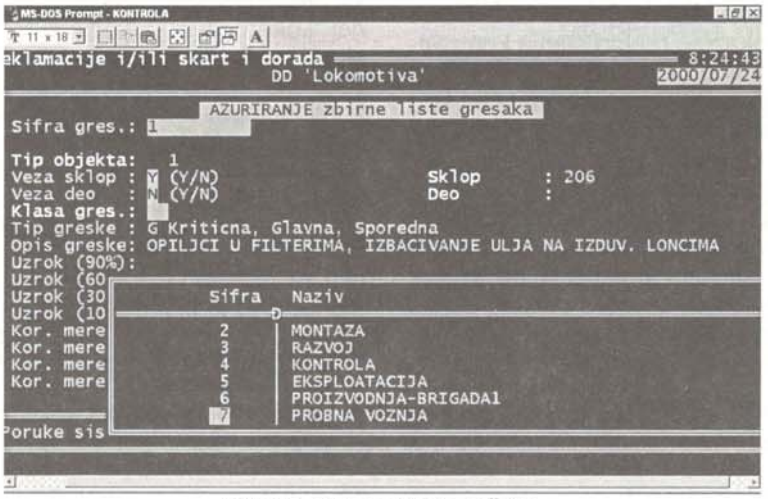
Alat je integrisan sa drugim alatima za unapređenje kvaliteta.

2. PRIKAZ ALATA ZA OBRADU REKLAMACIJA

Koraci opisanog postupka obrade reklamacija (prikupljanje, praćenje, analiza prispelih reklamacija itd.) podržani računarom predstavljaju sasvim jednostavne aktivnosti. Softver, dakle, omogućava jednostavno prikupljanje i permanentno praćenje podataka o pristiglim reklamacijama, a na osnovu implementiranih postupaka analize podržava generisanje odgovarajućih korektivnih mera i dugoročnih aktivnosti i omogućava praćenje njihove imlementacije. Na slici 1 je prikazan osnovni izbor opcija.



Slika 1. Osnovni meni programa



Slika 2. Zbirna lista grešaka

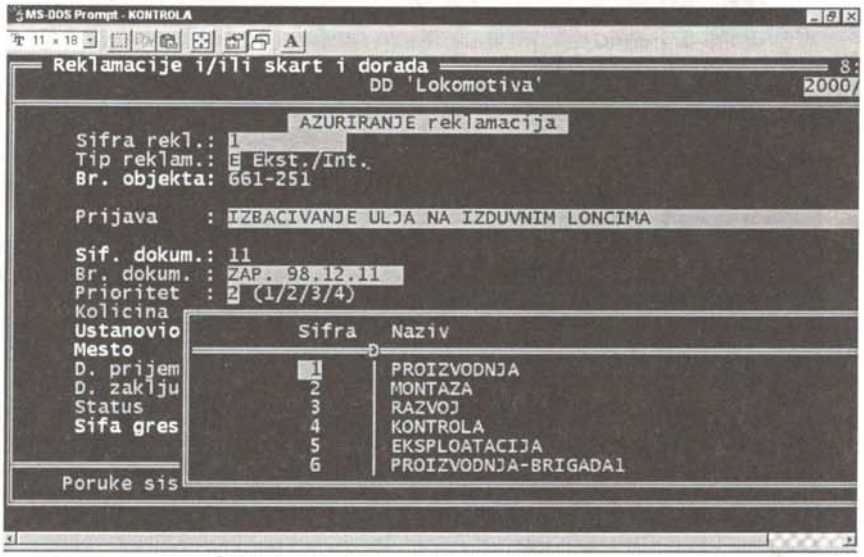
Osnovna baza podatka je baza grešaka i uzroka. Podaci kojim se opisuje greška su:

- šifra greške,
- objekat/sklop ili deo na koji se odnosi,
- klasa greške,
- tip greške i
- opis greške.

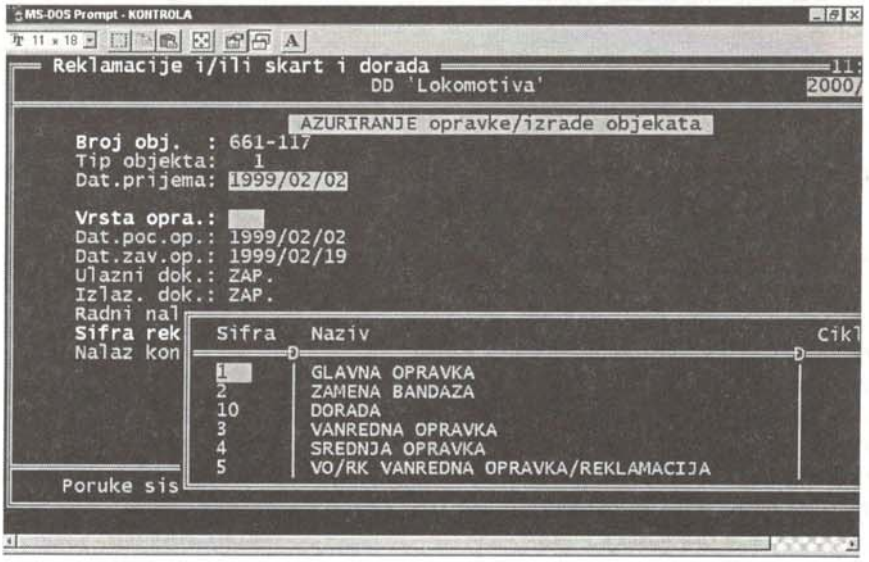
Za svaku grešku se definišu mogući uzroci, po verovatnoći uticaja (npr. 90% - gotovo sigurno, 60% - vrlo verovatno itd.) i, po definisanoj proceduri, određuju korektivne mere. Na slici 2 su prikazani atributi ove baze.

Atributi za opisivanje reklamacija prikazani su na slici 3. Reklamacije mogu biti *eksterne* (za proizvode u garantnom roku) ili *interne*, škart i dorada (za greške nastale u procesima, radnim operacijama, ispitivanjima itd. u toku opravke/izrade objekata, sklopova ili delova). Ovim se omogućava tretman svih grešaka u fabrici. U prvoj fazi uvođenja softvera obrađuju se samo *eksterne* reklamacije. Podaci o reklamacijama su:

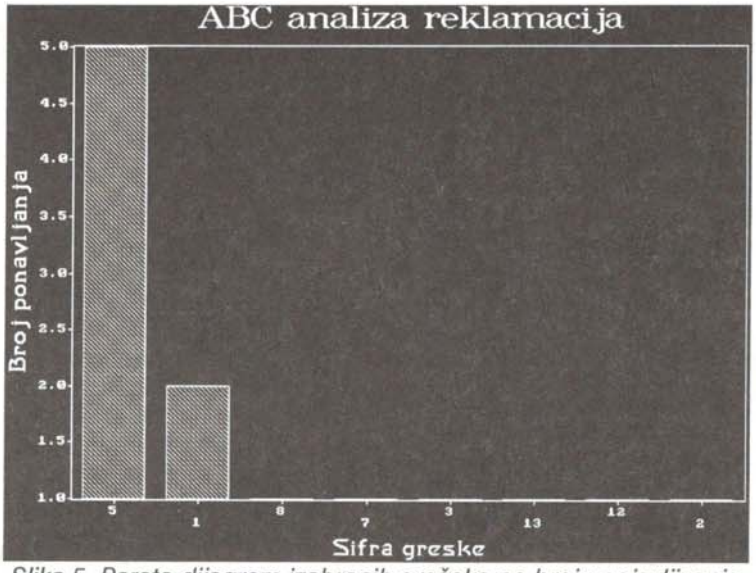
- šifra reklamacije,
- tip reklamacije,
- objekat na koji se odnosi,
- prijava kupca,
- šifra dokumenta
- broj dokumenta,
- prioritet reklamacije,
- količina koja se reklamira,
- mesto gde je nastala greška,
- ko je grešku ustanovio,
- datum prijema,
- datum zaključivanja reklamacije,
- status reklamacije i
- šifre grešaka koje su ustanovljene analizom reklamacije.



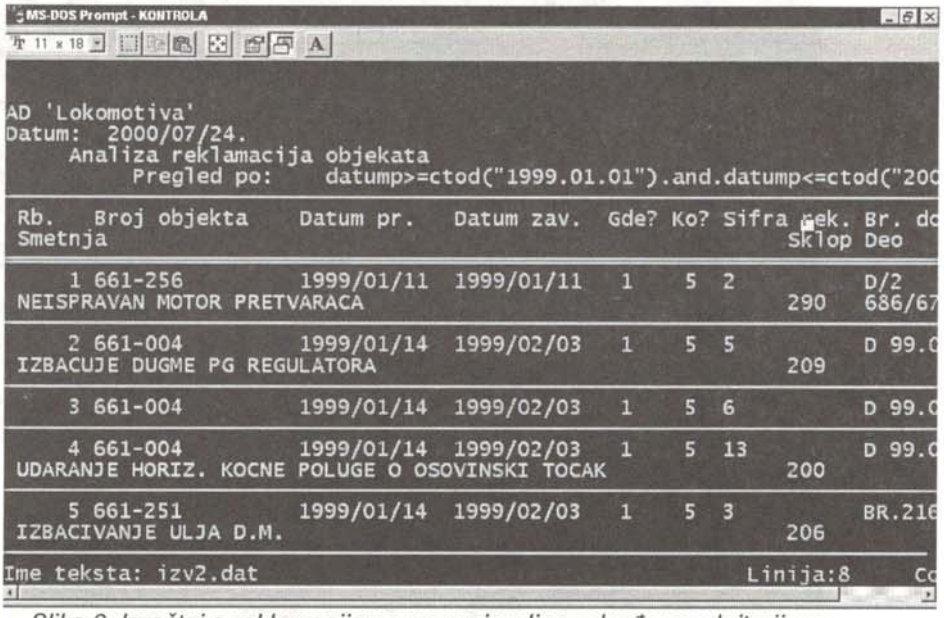
Slika 3. Podaci o reklamacijama



Slika 4. Podaci o opravkama



Slika 5. Pareto dijagram izabranih grešaka po broju pojavljivanja



Slika 6. Izveštaj o reklamacijama po proizvoljno određenom kriterijumu

Kroz praćenje opravki objekata u garantnom roku, tj. na osnovu radnog naloga, prate se troškovi koji su posledica obrade reklamacija (troškovi radne snage, škarta, dorade, transporta, klasifikacije i anaize itd.).

Aplikacija pored reklamacija i/ili škarta i dorade, liste grešaka, uzroka i korektivnih mera omogućava i permanentno praćenje opremljenosti vučnih vozila, stanja garantnog roka i izvršenih opravki. Zbog toga su nepohodni podaci za opis (tj. baza podataka):

- opravki,
- opšte sastavnice objekata i
- sastavnice konktretnih objekata (proizvoda).

Navedeni podaci su dragoceni za kompletiranje slike o eksploataciji objekata (*istorija* izvedenih opravki, koja sadrži i zapisnike o prijemu objekata u opravku, predaji objekata itd.), dopunu podataka o reklamaciji i donošenje odluka iz ovog domena.

Na slici 4 prikazani su podaci koji opisuju izvedene opravke ili radove. To su:

- tip objekta,
- broj objekta,
- datum prijema objekta na opravku,
- vrsta opravke,
- datum početka,
- datum završetka opravke,
- broj ulaznog dokumenta,

- broj izlaznog dokumenta,
- radni nalog,
- šifra reklamacije (ako se opravka odnosi na reklamaciju) i
- memo polje za unos konstatovanog stanja pri prijemu i/ili predaji objekta.

Pored navedenih koriste se i *pomoćne* baze podataka, npr. podaci o klijentima (vlasnicima i dobavljačima), vrstama dokumenata, kadrovima, vrstama opravki i/ili radova, mogućim mestima nastanka greške itd., a deo baza je prikazan na slici 1. Ovim je, u velikoj meri, omogućen unos podataka izborom iz menija, čime se sprečava pojava grešaka i olakšava ažuriranje baza.

Ključni segment problema reklamacija je analiza obrađenih reklamacija, koja obuhvata utvrđivanje uzroka greške, procenu greške (pre svega na bazi izazvanih troškova), definisanje odgovarajuće korektivne mere, realizaciju i proveru njene efikasnosti.

Softver omogućava primenu Pareto analize za greške izabrane filterom, koji korisnik jednostavno definiše (npr. po tipu objekta i/ili vremenu nastanka itd.). Na slici 5 prikazana je grafička interpretacija Pareto analize izabranih grešaka po broju njihovog pojavljivanja. Izveštaj o greškama sadrži tabelarni prikaz analize. Ovim se uočavaju kritične greške, tj. greške koje se najčešće pojavljuju i/ili greške koje su prouzrokovale najviše troškova, odnosno gubitaka. Ovim se izdvaja mali podskup grešaka koji ima najveću težinu i time pojednostavljuje dalja analiza.

Odabrane značajne greške se Ishikanja dijagramom analiziraju i prikazuju uzročno-posledični odnosi između posledice (grešake) i uzroka i olakšava rešavanje problema, od utvrđivanja simptoma i posledica do usvajanja rešenja. Takođe se primenom Brainstorminga prikupljaju ideje o mogućim korektivnim merama za saniranje kritične greške, a dijagramom afiniteta one se sistematizuju. Za analizu grešaka mogu da se koriste i drugi alati i metode, npr. FMEA metoda - metoda analize uticaja i posledica grešaka. Za sprovođenje navedenih metoda podrazumeva se timski rad.

Za analizu poslovanja fabrike važni su i izveštaji, koji se prikazanim softverom dobijaju brzo i po raznim, proizvoljnim kriterijumima, koje na jednostavan način definiše korisnik. Predviđeni su izveštaji o:

- ❖ opravkama za izabrani period i/ili po drugim kriterijumima,
- ❖ reklamacijama za izabrani period i/ili po drugim kriterijumima,
- ❖ raspodeli grešaka za izabrani npr. tip objekta tokom opravke ili tokom reklamacije,
- ❖ identifikovanim greškama,
- ❖ opremljnosti vučnih vozila,
- ❖ stanju garantnog roka objekta itd.

Na slici 6 je prikazan izveštaj o reklamacijama.

Aplikacija je razvijena u Clipperu i omogućen je rad u mreži. Modeliranje podataka aplikacije urađeno je po konceptu Entity-Relationship-Modell (ERM), čime je redudansa podataka svedena na najmanju meru, a omogućena raspoloživost podataka za veći broj programa. Sistemom lozinki softver obezbeđuje različite privilegije korisnika.

3. ZAKLJUČAK

Prikazani model generisanja korektivnih mera, koji bazira na analizi reklamacija i/ili škarta i dorade, timskom radu i primeni alata kvaliteta (zbirna lista grešaka, Pareto dijagram, Brainstorming, Ishikanja dijagram, dijagram afiniteta) omogućava dostizanje organizovanja proizvodnje sa zanemarljivim brojem grešaka ili bez grešaka. Time se obezbeđuje kontinualno poboljšavanje sistema kvaliteta.

Prikazani softver omogućava, pored permanentnog praćenja reklamacija i/ili škarta i dorade, liste grešaka, uzroka i korektivnih mera i praćenje opremljenosti vučnih vozila, stanja garantnog roka objekta i/ili karakterističnih sklopova, izvršenih opravki i/ili radova i integrisan je sa drugim alatima za unapređenje kvaliteta.

4. LITERATURA

[1] Ilić M: "Ekspertni sistem za remont šinskih vučnih vozila", magistarski rad, Univerzitet u Nišu, Mašinski fakultet, Niš, 1997.

[2] Ilić M., Temeljkovski D., Jovanović B.: "Alati kvaliteta i preventivni inženjering", XII naučni skup "Rizik tehnoloških sistema i životna sredina", RISK '97, zbornik radova, 173-176, Niš, oktobar 1997.

[3] Jovanović S.: "Korektivne mere na putu dostizanja TQM", "27. savetovanje proizvodnog mašinstva Jugoslavije, sa međunarodnim učešćem", SPJM '97, zbornik radova na CD-u, Niš, 1997.

[4] Stoiljković, V., Uzunović, R., Veljković, B., Stoiljković, LJ., Stojanović, N., Grandić, D.: "ISO 9000 i ISO 14000 - Put ka TQM", CIM College, Niš, 1996.

[5] Stoiljković, V., Uzunović, R., Majstorović, V., i drugi: "Q-Tools alati kvaliteta", CIM College, Niš, 1996.

Mogućnosti narušavanja dinamičkih osobina vučnih vozila neodržavanjem bitnih sklopova – osvrt na stanje elektrolokomotiva serije 441 i 461

Relja Jovanović[1], Dušan Milutinović[2]

Rezime – *Prve elektrolokomotive serije 441 su tadašnjim JŽ isporučene 1970. godine, a, po komponentama slične, ali veće snage, lokomotive serije 461 su isporučene od 1972. godine. Te lokomotive su, i pored postojanja zakonskih normi o ispitivalju prototipova, puštane u saobraćaj po posebnoj proceduri koja nije javno objavljena. Međutim, obe serije lokomotiva bitne za vuču na JŽ su po isporuci imale deinisane osnovne karakteristike: maksimalnu brzinu, ukupnu masu, osovinsku masu i snagu, ali i rešenja elemenata primarnog i sekundarnog ogibljenja. Ta rešenja su, bar kod lokomotiva serije 441, bila u skladu sa pretpostavljenim vertikalnim i bočnim udarima (po amplitudi i frekvenciji), koji se javljaju na prugama vodećih železna članica UIC-a. Paralelno sa uvođenjem ovih lokomotiva na pruge JŽ došlo je do značajnog narušavanja geometrijskih karakteristika koloseka, ali i do stalnog opadalja kvaliteta održavanja ogibljenja ovih vozila. Tema ovog rada su uzroci i posledice postojećeg stanja u toj oblasti i mogući pravci sanacije u sadašnjim uslovima eksploatacije lokomotiva serije 441 i 461 na JŽ.*

Ključne reči – *železničko vozilo, elektrolokomotiva, dinamika kretanja, održavanje ogibljenja*

1. UVOD

Elektrolokomotive serije 441 su, od 1970. godine, isporučivane za sva železnička transportna preduzeća na mreži pruga prethodnih JŽ, osim za ŽG Ljubljana, gde je bio drugi sistem napajanja.

Za potrebe vuče na prugama iz okvira sadašnjih JŽ, 1972. godine su iz Rumunije nabavljene prve elektrolokomotive serije JŽ 461. Te iste lokomotive (4 kom.) je nabavilo ŽTP Skoplje.

Sa aspekta teme ovog rada obe navedene serije lokomotiva su slične, zasnivaju se na istom konceptu napajanja i imaju sličan: pogon, reduktore, osovinske sklopove, vučne motore, ram obrtnog postolja (koji se razlikuje zbog različitog broja osovina), sanduk, sistem ogbiljenja i dinamičke osobine.

Nabavka većeg broja ovih vozila, velike pojedinačne cene, bila je tada od velikog državnog značaja i skopčana sa problemima netehničke prirode. Posao je bio toliko značajan da su tehnički problemi: nedostatak prototipskih prijemnih ispitivanja, pa i odgovarajućih izveštaja o ispitivanjima i njihovo arhiviranje, bili manje važni (takav utisak se stiče zbog toga što autori i pored uloženog truda nisu uspeli da dođu do dokumenata o ispitivanju i odobrenju za upotrebu lokomotiva).

Do 1990. godine, svi vlasnici lokomotiva serije JŽ 441 su imali teškoća sa uvidom u prototipske dokumente, a istraživači dinamike šinskih vozila i pouzdanosti delova i sklopova od uticaja na kretanje lokomotiva, posebno, nisu mogli obaviti uvid u ta dokumenta. Slična je situacija i za lokomotive serije JŽ 461. U međuvremenu, proteklo je vreme, a eksploataciona iskustva su poka-

[1] Akademik dr Relja Jovanović, dipl.maš.inž., redovni profesor Mašinskog fakulteta u Srpskom Sarajevu, naučni savetnik u Saobraćajnom institutu CIP, Nemanjina 6/IV, Beograd, E-mail: aradosavaeunet.yu

[2] Dr Dušan Milutinović, dipl. maš. inž., viši naučni saradnik, Saboraćajni institut CIP, Nemanjina 6/IV, Beograd, E-mail: m-dusanainfosky.net

zala da su, u mehaničkom smislu, neka mesta na njima "slabija" od potrebnog, pa su vršene izmene nekih delova i sklopova, uglavnom od strane proizvođača vozila, uz saglasnost (i na trošak) vlasnika vozila. Tako su: pogonska vratila bušena radi kontrole ultrazvukom; išlo se sa bandaž-točkova na monoblok točkove i obrnuto; menjan je materijal trupaca vratila osovinskih sklopova; često su menjana rešenja ogibljenja u segmentu gumeno--metalnih elemenata; rešavani su problemi curenja ulja iz reduktora bez pravog utvrđivanja uzroka pojave i sl. Sve to je vezano samo za mehaničke probleme [1].

Navedene izmene (ili promene rešenja), pored pokušaja da se otklone brojne neispravnosti navedenih sklopova, često su uzrokovane finansijskim problemima vlasnika ovih vozila. To je naročito vidljivo kod zamene hidrauličkih amortizera (KOMI, BOGE, AP Priština) i gumeno-metalnih elemenata i delova ogibljenja na bazi guma-metal (ASEA, REMA, MIN - Tigar, u perspektivi "M. Stanojlović" Batajnica, npr.). Zavojne opruge sekundarnog ogibljenja (prema raspoloživim podacima) nisu regenerisane ili menjane tokom dosadašnje upotrebe, osim u slučajevima pojave loma ili naprslina. Kada se uzme u obzir: da opruge nisu regenerisane od njihove prve ugradnje do danas, da se hidraulički amortizeri ne održavaju skoro 18 godina i kada se pođe od pretpostavke da su prototipovi i sva nova vozila (dinamički gladano) korektno isporučeni vlasnicima, opravdano je postaviti pitanje: šta je, danas, sa kvalitetom dinamičkog ponašanja ovih lokomotiva, odnosno koji su uticajni faktori (eventualnog) narušavanja njihovih dinamičkih osobina? Pored toga postavlja se pitanje, u vreme kada se ovakvim vozilima rekonstrukcijskim zahvatima produžava vek trajanja i preko 20 (30) godina [2], koji bi bio racionalni put sanacije stanja u cilju: ekonomičnije upotrebe ovih vozila, podizanja nivoa bezbednosti kretanja vozova i afirmacije inženjerske struke pri održavanju ovih vozila bitnih za JŽ i u narednim decenijama?

Tabela 1. Osnovne karakteristike lokomotive serije 441

Raspored osovina	Bo' Bo'
Masa vozila	80t
Masa po osovini	20t
Maksimalna brzina	120 km/h (lokomotiva br. 441 513 sa reduktorom za 1401km/h)
Dužina preko odbojnika	15500 mm
Prečnik krugova kotrljanja točkova	1250 mm (min. 1170 mm)
Najmanji poluprečnik krivine za prolaz vozila, u horizontali (za V_{max} = 5 km/h)	90 m
Poluprečnik krivine bez nadvišenja spoljne šine, kroz koju vozilo može proći brzinom V_{max} = 40 km/h	180 m
Poluprečnik krivine sa nadvišenjem spoljne šine, kroz koju vozilo može proći brzinom V_{max} = 60 km/h	180 m
Sistem napajanja	25 kV 50 Hz
Protivklizna zaštita:	Na bazi razlike u jačini struje dva susedna motora (ne sme da bude veća od 180 A)
Ogibljenje:	ASEA, primarno i sekundarno, zavojne opruge, gumeno--metalni elementi. U eksploataciji su četiri tipa gumeno-metalnog ogibljenja.
Prigušivači oscilacija:	Primarno prigušenje: vertikalni i bočni hidraulički amortizeri; sekundarno prigušenje: gumene opruge i tercijarno prigušenje unutrašnjim trenjem u zavojnim orugama. U eksploataciji su tri tipa amortizera.

2. ELEKTROLOKOMOTIVE JŽ KAO PROTOTIPOVI U EKSPLOATCIJI I ODRŽAVANjU

2.1. Osnovne dinamičke karakteristike

Na JŽ ima u aktivnom voznom parku 94 lokomotive serije 441, proizvedene u periodu od 1970. do 1975. godine i 78 lokomotiva serije 461 proizvedenih u periodu od 1972. do 1976. godine.

Osnovne karakteristike ovih vozila, sa aspekta njihove dinamike kretanja, su navedene u tabeli 1 (za lokomotive serije 441) i u tabeli 2 (za lokomotive serije 461).

2.2. Postupak puštanja u saobraćaj

Lokomotive serije JŽ 441. Elektrifikacija pruga JŽ na magistralnoj pruzi Dobova–Zagre–Beograd–Niš (ogranak ka Dimitrovgradu)–Skopje–

ograd–Niš (ogranak ka Dimitrovgradu)–Skopje–Đevđelija, sa ogrankom od Vrpolja ka Doboju, Sarajevu i Pločama, počinje 1970. godine. Za razliku od sistema napajanja u Sloveniji, opredeljenje je bilo da se napajanje na tim prugama vrši iz mreže monofaznog sistema [3].

Tabela 2. Osnovne karakteristike lokomotive serije 461

Raspored osovina	Co' Co'
Masa vozila	120 t
Masa po osovini	20 t
Maksimalna brzina	1201km/h
Dužina preko odbojnika	19.800 mm
Rastojanje centara obrtnih postolja	10.300 mm
Razmak osovina u obrtnim postoljima	2100 mm i 2250 mm
Prečnik krugova kotrljanja točkova	1.250 mm (min. 1.170 mm)
Najmanji poluprečnik krivine za prolaz vozila, bez nadvišenja spoljne šine (za Vmax = 5 1km/h)	90 m
Sistem napajanja	25 kV 50 Hz
Ogibljenje:	Analogno rešenju kod lokomotive serije JŽ 441, a u skladu sa: povećanom masom, drugačijim rasporedom osovina u postoljima, većim gabaritima i drugačijim krutostima osnove lokomotive 461.
Prigušivači oscilacija:	Bočni i vertikalni hidraulički amotrizeri, čije su karakteristike definisane prema gabaritima, osovinama i masi ovih vozila.
Napomena:	Slično kao kod lokomotive serije 441 i kod ove lokomotive su vršene izmena u ogibljenju – konstrukcija i priozvođač gumeno-metalnih elemenata i amortizera, u odnosu na rešenja "Elektroputere", Rumunija.

Tako značajan posao je zahtevao državnu odluku za nabavku lokomotiva, a ona je bila da to bude nova vrezija lokomotiva R_b, firme ASEA (Švedska), ali da bude prilagođena, sa sistema napajanja u mreži 15 kV 16 i 2/3 Hz na sistem 25 kV 50 Hz. Za nosioca licence je određen "Rade Končar" iz Zagreba, uz kooperativne usluge većeg broja preduzeća tadašnje Jugoslavije. Osim ŽG Ljubljana, ostala ŽTP/ŽTO nabavila su više stotina ovih vučnih vozila. Iako prototipsko rešenje, lokomotiva serije 441 ulazi u upotrebu u tadašnjim JŽ, bez verifikovane procedure o ispitivanju prototipa u zemlji, a nema podataka ni o ispitivanjima u inostranstvu [1].

Značaj posla za tadašnju državu stavio je u drugi plan postupak uvođenja u saobraćaj prototipskih vozila na JŽ, što je omogućavao Zakon o osnovama bezbednosti u železničkom saobraćaju, tada i danas (npr. član 33 Zakona do 1988. godine).

Lokomotive serije JŽ 461. Za potrebe ŽTP "Beograd", u rumunskoj fabrici "Elektroputere" napravljen je prototip elektrolokomotive serije JŽ 461. Prve lokomotive ove serije su isporučene 1972. godine, a koncept im je sličan konceptu primenjenom kod elektrolokomotiva serije JŽ 441 - proizvodnje ASEA. I ove šestooosovinske lokomotive su imale niz modifikacija urađenih u Rumuniji, u preduzeću "Rade Končar" i preduzeću MIN iz Niša. Prema dostupnim podacima, tipska ispitivanja lokomotiva serije 461 za JŽ nisu obavljena, a nema podataka ni o njihovim ispitivanjima za potrebe neke druge železnice.

2.3. Problemi i uticajni faktori vezani za dinamičke osobine elektrolokomotiva serija JŽ 441 i 461

U razmatranju problema i uticajnih faktora vezanih za dinamičke osobine lokomotiva treba poći od činjenice da su ove serije lokomotiva deklarisane za V_{max} = 120 km/h. To podrazumeva da, do te brzine, vozila u celom međuremontnom ciklusu, kao i tokom eksploatacije, pored ostalih potrebnih karakteristika, imaju ocenu mirnoće hoda u bočnom i vertikalnom pravcu (W_{Zb} i W_{Zh}) ne veću od 3,0 po Šperlingu. Bez obzira što nisu sprovedena odgovarajuća ispitivanja po UIC objavi 432, ovo se može postaviti kao zahtev na osnovu: primenjenih rešenja na lokomotivama, upoređenja sa rešenjima na drugim JŽ lokomotivama, teretnim vagonima (Eas, Gas, Gbs, Regs i dr.) i elektromotornim vozovima Ganc-Mavag serije 411/416 i dr., kod ŽTP Sarajevo i Zagreb, koji imaju slične osobine, a za koje je dva puta rađen dinamički test 1977. godine.

Pri tome treba imati u vidu da su pri puštanju u upotrebu kola Eas, pre oko 32 godine, imala ocenu mirnoće hoda $W_{Z(H, V)} < 3,0$ [1].

Treba imati u vidu da se, uz navedenu ocenu mirnoće hoda, podrazumeva da ekstremne vrednosti bočnih ($\ddot{y}$) i vertikalnih ubrzanja ($\ddot{z}$), na bitnim tačkama obrtnih postolja ne prelaze propisane veličine [1], kao i to da vozilo kao prototipsko rešenje treba da zadovolji i test $X_{(2m)max}$, za naskok točka i iskliznuće vozila, odnosno da vrednosti tih sila ne smeju biti veće od postavljenih granica gledano sa aspekta stabilnosti koloseka. Sve to pod uslovom da se ispitivanja vrše po odredbama UIC objave 432, koja definiše vrste ispitivanja, spektar neophodnih vožnji i kvalitet koloseka onako kako ga tretira UIC (te norme su važile u vreme uvođenja ovih vozila u saobraćaj 1973. godine [1,3].

Na ovim prostorima, poslednjih 30 do 35 godina, proizvedeno je, na bazi licencne dokumentacije ili na osnovu sopstvenog razvoja, više serija vagona i manji broj vučnih vozila posebno za brzine V > 90 km/h. Paralelno sa razvojem kolskog parka tadašnjih JŽ, puštene su u upotrebu (bez bitnog uticaja domaće industrije) elektrolokomotive serije JŽ 441 i 461. One su postale bitan faktor vuče teretnih i putničkih vozova na JŽ, s težnjom da preuzmu deo prevoza robe i putnika koji obavljaju vučna vozila serija 661 – 665 različitih podserija.

Prethodno izneto podrazumeva da od početka eksploatacije nisu poznate osnovne karakteristike vitalnih delova i sklopova trćećeg stroja, a posebno elementa primarnog i sekundarnog ogibljenja (zavojne opruge i gumeno-metalni elastični elementi) i prigušivača oscilacija u vertikalnom i bočnom pravcu (kao prva ugradnja hidraulički amotrizeri tipa ASEA, kod serije 441, a kod serije 461 tipa IPA Sibin Rumunija, a u toku eksploatacije česta zamena amortizerima različitih proizviđača).

Međutim, u daljem periodu eksploatacije, a posebno u održavanju ovih lokomotiva (do danas) desilo se nekoliko važnih stvari, koje su se ogledale u sledećem:

– produžavani su rokovi održavanja vozila,

– pojavila se potreba za održavanjem elemenata i sklopova složene funkcije u ogibljenju za koje nisu postojali inženjerski postupci, pravila ili standardi (JUS, JŽ, UIC, ili drugi) za održavanje.[3] To se, pre svega, odnosi na gumeno-metalne opruge, zavojne opruge i amortizere, koji se u dužem periodu nepravilno, nedovoljno ili uopšte ne održavaju;

– propisima je dozvoljeno stanje koloseka (još od 1975. godine), koje znatno pogoršava dinamičko ponašanje vozila, čemu je naročito doprinelo nesistemsko posmatranje koloseka i vozila (i voza), što je bitno za železnicu [1].

Navedeni propusti su uzrokovani ekonomskim teškoćama železnice (JŽ od 1970. godine), ali i relativno skromnim istraživanjima realizovanim kod nas u toj oblasti i, zbog toga, verovatno (već oko 30 godina), nedovoljnog znanja stručnjaka na železnici koji su mogli da utiču na to da se stanje poboljša [1].

Dugogodišenje propisima dozvoljeno stanje koloseka u ekspoloataciji sa znatno većim proširenjem od po UIC-u predviđenog za ispitivanje prototipova ovih lokmotiva (Odluka ZJŽ br. 273/75, Beograd, 1975. godine), rad ovih vozila sa grubom protivkliznom zaštitom, nepodržavanje amortizera (oko 15 godina), neregeneracija zavojnih opruga (koju je trebalo obaviti već pre 20 do 25 godina) i sl. doveli su do velikog porasta dinamičkih opterećenja vozila u celini i elemenata ogibljenja, ali i koloseka (nažalost, poznati zakon akcije i reakcije još uvek važi). To, sve zajedno, utiče na pojave:

– ubrzanog habanja šina i, naročito, točkova svih vozila na JŽ, a analiziranih elektrolokomotiva posebno[4];

– iskliznuća vozova pri raznim brzinama, a u poslednje vreme i lokomotiva serije 461 JŽ, pri malim brzinama, bez zvaničnog odgovora na uzroke pojava;

– povećanja troškova potrebnih za popravku vozila i koloseka pojednici rada;

– naprslina lokomotivskih osovina i ramova obrtnih postolja (lokomotive serije 461);

– otkaza gumeno-metalnih elemenata i amortizera, itd.

Na osnovu prethodnog može se zaključiti da je neophodna sistemska analiza sadašnjeg stanja elektrolokomotiva JŽ, sa aspekta utvrđivanja dinamičkih ponašanja i evidentiranja odstupanja od prototipskih rešenja, a posebno uticaja izmena stanja koloseka na stanje vozila, bezbednost i komfor vožnje na JŽ. Sve to su zadaci koji do sada nisu realizovani na JŽ.

2.4. Hipoteza o uticaju (ne)regularnog stanja koloseka na dinamičko ponašanje i pouzdanost elektrolokomotiva na JŽ

Tokom 1966. godine, razvojem somouprave na prostorima tadašnje države, porastao je nivo republičkog uticaja, a to je dovelo do razgradnje tadašnje GDJŽ, odnosno većeg samostalnog (u odnosu na bitna bezbednosno-stručna pitanja) delovanja tadašnjih ŽTP/ŽTO/ŽG. Tada se konstituišu republičke inspekcije železničkog sobraćaja, što je imalo (i) negativnih reperkusija na ocenu kvaliteta vozila kao prototipa i u eksploataciji. Paralelno, zahvaljujući dobijenim kreditima u toku 1968/69. godine, počinje obimnija modernizacija

[3] Te norme ne postoje ni sada! [1, 2, 4]

[4] Podaci govore da, od uvođenja ovih vozila u upotreu do danas (kada im je intenzitet eksploatacije znatno smanjen), točkovi elektrolokomotiva JŽ traju 5-6 puta kraće, iako je kvalitet točkova i bandaža bolji nego pre 25 do 30 godina [1, 4, 5, 6]

voznog parka JŽ. Grade se nova uglavnom četvoroosovinska putnička i teretna kola, uvoze se dizel-električne lokomotive tipa GM iz SAD, a kako je rečeno i elektrolokomotive serije 441 i 461.

Nema sumnje da su elektrolokomotive serije 441 i 461 predstavljale (i sada su) savremena rešenja u smislu dinamičkog ponašanja. Skrivene mane i problemi sa: osovinskim sklopovima, curenjem reduktora, istrošenjem zupčanika i sl. pojavljuju se od 1975. godine i traju do danas.

Nadalje, od 1975. godine višestruko je smanjen vek trajanja točkova (bandaž ili monoblok varijante), bez zvaničnih objašnjenja na JŽ.

Nekoliko radova [1, 5, 6, 7] je pokazalo da je povećano proširenje koloseka na JŽ od 1973. godine naovamo uticalo na kretanje vozila u krivini, pa i elektrolokomotiva, sa vrlo velikim uglom naleta točkova na šine, što u istom odnosu povećava bočnu silu u tački dodira točak-šina. U istim ostalim uslovnma (koficijent trenja u dodiru, masa po točku, stanje šine, odnos tvrdoće točkova i šina, ista deonica pruge i sl.), bočna sila kojom točak deluje na šinu (Y) je upravno srazmerna uglu naleta točka (α), a to se linearno reflektuje na istrošenje (naročito) venaca točkova. To stanje trošenja se u velikoj meri može ublažiti podmazivanjem venaca (sila Y se ne smanjuje, već sila trenja $Y \cdot \mu$, a time i rad trenja i istrošenje točkova).

Znači, sprovođenjem radova koji će obezbediti približavanje eksploatacionih zazora između točkova i šina stanju bliskom novom i novoremontovanom, uz garantovanu proveru dinamike mernih kola na koloseku, bitno bi se povećao vek trajanja točkova i šina. Ovo zaslužuje posebno obimno i sveobuhvatno istraživanje koje JŽ treba da realizuje (započne) što je pre moguće, pošto svako odlaganje izaziva nove velike troškove za održavanje i remont pruge, obradu profila i nabavku novih točkova.

3. ZAKLJUČCI

1) Zbog nepostojanja elaborata o prototipskim ispitivanjima elektrolokomotiva serije JŽ 441 i 461, potrebno je obaviti ispitivanja dinamičkog ponašanja ovih vozila. Pri tome, u fazi pripreme vozila za ispitivanje, korisno je odrediti veličine bitne za dinamiku vozila, a, pre svega, karakteristike primarnog i sekundarnog ogibljenja, osobine amortizera i mase po točkovima.

2) Ispitivanja treba usmeriti u pravcu dobijanja garancije za karakteristike kvaliteta kretanja, odnosno ocene mirnoće hoda W_{ZB} i W_{ZH}

3) Determinisanjem osnovnih osobina vučnih voznla i njihovih sklopova, koje bitno utiču na dinamiku elektrolokomotiva JŽ, uz primenu postupaka iz Pravilnika 201 JŽ i Zakona o bezbednosti u železničkom saobraćaju, došlo bi se do osnova za kvalitetan remont tih vozila.

4) Eventualne teškoće pri određivanju dinamičkog ponašanja ektrolokomotiva JŽ za V_{max} = 120 km/h (ali i za V_{min}, koja bi se utvrdila na osnovu ispitanih karakteristika vozila) ili utvrđivanju tolerantnog stanja koloseka, ukazale bi na pravce sanacije stanja, a to bi za JŽ bilo od velike koristi zbog poboljšanja: održavanja, bezbednosti vožnje i kvaliteta usluga pri prevozu putnika i smanjenja troškova održavanja.

5) Potvrda činjenica iznetih u ovom radu zahteva na JŽ obimna istraživanja dinamičkih problema u tački dodira točka i šine. Međutim, opravdano je pretpostaviti da bi troškovi tih istraživanja bili vrlo mali u odnosu na korist od rezultata čija bi primena na JŽ donela velike uštede u troškovima održavanja.

LITERATURA

[1] Jovanović, R. i sar.: Mogućnost umanjenja šteta od udesa uzrokovanih dinamikom kretanja vozila na području JŽTP "Beograd", Naučno-istraživački projekat Saobraćajnog instituta CIP i firme JUGODNONE, Beograd, 1994/96.

[2] Radosavljević, A.: Mogućnost prerađivanja železničkih voznih sredstava, JUŽEL '99, Vrnjačka Banja, 1999.

[3] Milićević, Z.: Trideset godina električne vuče na JŽ (I i II deo) - švedska ili francuska lokomotiva?, Železnice, br. 1 - 4, Beograd, 2000.

[4] Jovanović, R. i Mandić D.: Regeneration of Assemblies and Products in Transportation, Svetski simpozijum "Konstruisanje pomoću računala", Cavtat (Dubrovnik), 1990.

[5] Studija "Stanje odnosa točak-šina na JŽ sa predlozima rešenja", Knjiga IV, ZJŽ - SI CIP, NID JŽ, Beograd, 1981-1983.

[6] Jovanović, R. i Mandić D.: (Ne)regularni odnos vozilo (voz) - kolosek i uticaj tog stanja na iskliznuće vozova JŽ, Naučno-stručni skup "Optimizacija razvoja saobraćajnog sistema Jugoslavije", Beograd, 1990.

[7] Jovanović, R., Radosavljević A, i sar.: Possile reduction of wheel flange wear and occurance of cracs on the axle ö drives by improving the electric lokomotive dynamic movement, Simpozijum U801A, Budimpešta, 1998.

THE POSSIBILITIES OF THE TRACTIVE STOCK DYNAMIC CHARACTERISTICS DISTURBANCE BY NOT MAINTAINING THE IMPORTANT COM - POSITION - A SURVEY OF THE STATE OF THE SERIES 441 AND 461 ELECTROLOCOMOTIVES

Relja Jovanović, Dušan Milutinović

Summary *– The first electrolocomotives of the 441 series üwere delivered to the JZ in the year of 1970 and the similar (regarding the components) but higher powered electrolocomotives of the 461 series üwere delivered in the year of 1972.*

Inspite of the existence of the legal rules about prototypes testing those locomotives were put into operation according to the special procedure which was not publicly known. However for both of the locomotive series important for the traction on JZ the basic characteristics were defined at shipping time. Those characteristics were: maximum speed, total mass, axle mass and power and the solutions for the primary and secundary suspension elements. Those solutions were (at least in case of the 441 series) in consonance with the presumed vertical and lateral shocks (by the amplitude and frequency) which appeared on the tracks of the leading U1C members. During the process of introducing of those locomotives on the JZ significant disturbance of the track geometry characteristics appeared as well as the constant quality decrease of the suspension maintenance. This paper presents the causes and the consequences of the present state in the given field and the possible solutions in present usage conditions of the series 441 and 461 locomotives on JZ.

Keywords – *railway vehicle, electrolocomotive, vehicle movement dynamics, suspension, maintenance*

Nova koncepcija održavanja voznih sredstava na reformisanoj železnici

Mr Milan Grujić[1]

***Rezime**: U procesu sveukupnih reformi i tržišnog prilagođavanja železnice, delatnost održavanja voznih sredstava pretrpeće značajne promene. U radu se izlaže novo mesto i uloga delatnosti u okviru restruktuirane železnice i ukazuje na moguće pravce svojinske transformacije.*

***Ključne reči**: korisnici, tržište, železnica, razvoj, raspoloživost, reforma, privatizacija*

1. UVOD

Reformisana železnica podrazumeva završne faze dugoročnijeg procesa tržišnog prilagođavanja, koji obuhvata organizaciju, kadrove, tehnologiju, razvoj, ekonomiju i prateću industriju.

Osnovu za definisanje strategije prilagođavanja predstavlja Direktiva 91/440/EEZ. Takva železnica ima osmišljenu misiju i razrađenu dugoročnu strategiju razvoja, razdvojene račune infrastrukture i prevoza, oslobođena je zavisnosti od države, ima uvedene tržišne relacije u okviru železničkog sistema i jasno definisan i izražen komercijalni interes.

U navedenim uslovima sam segment održavanja voznih sredstava dobija novu poziciju koja je prilagođena izvršenim sistemskim promenama.

2. ZADACI DELATNOSTI ODRŽAVANjA VOZNIH SREDSTAVA

Delatnost održavanja voznih sredstava, osim usmerenosti samo na održavanje, kao što je to slučaj sada, treba da proširi obuhvat na lokomotivski i kolski park putničkih i teretnih kola i da postane njihov vlasnik.

Korisnici usluga delatnosti su sektori proizvodnje (saobraćaj i vuča vozova) i direkcije za putnički i za robni saobraćaj. Između korisnika i delatnosti se uspostavljaju interni ugovorni i ekonomski odnosi.

Zadaci delatnosti VS obuhvataju:

- problematiku izgradnje ili rekonstrukcije lokomotivskog parka (zajedno sa vučom vozova);
- osavremenjivanje parka putničkih kola (sa Direkcijom za putnički saobraćaj);
- prilagođavanje teretnog kolskog parka zahtevima tržišta (sa Direkcijom za robni saobraćaj);
- prilagođavanje obima lokomotivskog i kolskih parkova saglasno planovima prevoza;
- održavanje parkova i obezbeđenje potrebnog broja raspoloživih VS za predviđeni broj i strukturu vozova;
- tehnički pregled putničkih i teretnih kola;
- čišćenje kola i garnitura.

Osnovna ideja jeste da svaki "centar za vozna sredstva" bude odgovoran za jednu kategoriju voznih sredstava koja mu je poverena, a čiji je on vlasnik i daje ih na raspolaganje korisnicima.

Svaki "centar" utvrđuje spisak neophodnih rezervnih delova, vodi zalihe i odgovoran je za nabavke preko odgovarajuće službe.

3. ORGANIZACIONI NIVOI I NADLEŽNOSTI

U okviru organizacione strukture hijerarhijski su definisana dva nivoa:

Sektor, koji se bavi proučavanjem politike modernizacije i izgradnje VS, raspoređivanjem zadataka, voznih sredstava, osoblja i budžeta na sekcije prema definisanim zadacima i ciljevima, kontrolisanjem rezultata i kvaliteta upravljanja, kao i međunarodnom saradnjom.

[1]Mr Milan Grujić, dipl.ek., pomoćnik generalnog direktora ŽTP "Beograd", Beograd, Nemanjina 6

Sekcije, koje prema potrebama direkcija za putnički i za robni saobraćaj organizuju i obezbeđuju operativno održavanje kolskog parka.

Sekcije su organizovane u dve osnovne kategorije:

Centri za upravljanje VS (sekcije za lokomotive, sekcije za putnička kola i sekcije za teretna kola) koje obavljaju periodične preglede, otklanjanje kvarova, sitnije opravke i zamene rezervnih delova (predviđene ili slučajne) i remontne radionice, koje obavljaju velike opravke vozila (odvajanje kolskog sanduka, skidanje kablova, zamene sklopova i agregata itd.).

Sekcije za lokomotive su specijalizovane prema tipovima lokomotiva, vrsti vuče i serijama.

Sekcije za putnička kola su objedinjene u okviru centra Zemun (za čitav putnički kolski park) sa formiranjem ekipa za otklanjanje kvarova na terenu (Niš, Kraljevo, Zaječar, Subotica).

Organizacija sekcija za teretna kola zahteva perthodno redefinisanje mreže ranžirnih stanica (Subotica, Makiš i Niš). U ovim ranžirnim stanicama bi bili locirani centri za upravljanje teretnim kolima, dok bi se remontne radionice organizovale u Nišu (MIN) i Subotici (Bratstvo).

Ekipe (timovi) za otklanjanje kvarova bile bi locirane u Novom Sadu, Zaječaru, Kraljevu i Kosovu Polju, koje bi bile mobilne u svom području, a pripadale bi velikim radioicama (Makiš, za Novi Sad, Niš za Zaječar, Kosovo Polje i Kraljevo) dok bi Kikinda imala sopstvenu ekipu za intervencije, kao i Velika Plana.

4. OPŠTI PRINCIPI PODELE ZADATAKA

Sektor za VS utvrđuje i homologira propise za održavanje i definiše politiku održavanja i razvojnu politiku VS na nivou železničkog preduzeća.

Sekcija za VS u funkciji centra za upravljanje voznim sredstvima sama izrađuje godišnje, mesečne i dnevne planove periodičnih opravki za vozila svog (dodeljenog) parka. Dnevni planovi se dopunjuju preuzimanjem VS na preventivnu opravku, što se utvrđuje planom rada radionice centra. Tehnički pregled putničkih i teretnih kola u vozu ulazi u ovaj plan.

Na nivou radionice, organizovanje se vrši po grupama (sa rukovodiocem grupe) i po ekipama (rukovodilac ekipe) specijalizovanim za pojedine sklopove. To znači da ne postoji jedna grupa specijalizovana za određenu seriju vozila, već grupe specijalizovane po specijalnostima za sve serije vozila (elektrooprema, termika, mehanika, komfor itd.). Podelu zadataka u okviru jedne specijalnosti vrši sekcija u skladu sa politikom sektora (obrtno postolje, vučni motor itd.).

U tom cilju se vrši i podela odgovornosti za kvalitet i bezbednost, rokove, troškove opravki, produktivnost, što je nedležnost šefa radionice, dok su tehničke studije o ponašanju vozila na pruzi (u eksplotaciji) i sva ispitivanja za utvrđivanje kratkoročnih i srednjoročnih aktivnosti, odgovornost posebno određenih lica.

Rukovođenje sredstvima (ukupnim brojem radnika, budžetom...) kao i kontrola ukupnih troškova i raspodele budžeta predstavlja posebnu oblast odgovornosti lica zaduženog za kontrolu upravljanja.

5. NAREDNE FAZE TRANSFORMACIONOG PROCESA

U restrukturiranom železničkom preduzeću osnovnu delatnost predstavljaju direkcije osnovne delatnosti kao profitni centri koji se bave prevozom putnika i prevozom robe. Ove direkcije postaju "udarne tačke" železničkog preduzeća i imaju posebnu ulogu i odgovornost za rezultate poslovanja. Da bi tu svoju misiju mogle uspešno da obave, ovim organizacionim celinama se moraju obezbediti neophodni uslovi. Kada je o oblasti voznih sredstava reč, to znači:

- kompetencije i ovlašćenja da postavljaju zahteve "proizvodnji", prvenstveno sektorima za saobraćajne poslove i vuču vozova, da izrade i realizuju takav plan saobraćaja vozova (red vožnje) koji u najvećoj mogućoj meri zadovoljava potrebe korisnika;
- kompetencije i ovlašćenja da postavljaju zahteve Sektoru za održavanje voznih sredstava o potrebnoj dinamici i broju dostave vučnih i voznih sredstava (putničkih i teretnih) koji će omogućiti zadovoljavanje utvrđenih potreba prevoza korisnika (što predstavlja ponudu železničkog preduzeća, i to ne samo po parametrima obima već i po zahtevima poboljšanog kvaliteta prevoza kao elementa konurentnosti ponude);
- kompetencije i ovlašćenja da postavljaju zahteve za investicionim ulaganjima u razvoj voznih sredstava i ponude usluga saglasno rezultatima istraživanja tržišta, odnosno definisanoj tražnji i adekvatnom odgovoru preduzeća, odnosno razvoju ponude prevoznih usluga za naredne periode.

Da bi se efikasnost i efektivnost organizacionih celina u novom modelu pratila, neophodno je uvođenje internih ekonomskih odnosa na novi način. To podrazumeva neku vrstu internih ugovornih odnosa između direkcija i ostalih organizacionih celina železničkog preduzeća, a prvenstveno direkcija i sektora iz proizvodne grupacije (saobraćaj, vuča vozova, održavanje voznih sredstava). Ovi interni ugovori regulisaće međusobne odnose, obaveze i odgovornosti i istovremeno će

za jedne predstavljati izvor prihoda a za druge osnov troškova.

Na primer: Kada direkcija od segmenta održavanja zahteva raspoloživost vučnih i voznih sredstava po vrstama, tipovima vozila i dinamici, međusobnim ugovorom koji reguliše ta pitanja preciziraće se obaveze i odgovornosti. Taj ugovor je osnov prihoda za segment održavanja i istovremeno osnov troškova za direkcije osnovne delatnosti. Slične relacije uspostavljaju se u odnosu direkcija prema Sektoru za saobraćajne poslove, čiji je zadatak da za potrebe direkcija izradi red vožnje i organizuje saobraćaj po utvrđenim trasama, da bi se zadovoljile potrebe klijenata.

Ovako postavljene relacije i odnosi omogućuju dalje korake prestrukturiranja, pa i vlasničke transformacije.

Segment VS dobija elemente posebne organizacije i kao takav može se dalje svojinski transformisati i privatizovati, delimično ili u potpunosti. Postupak može da obuhvati celinu segmenta održavanja VS, ili njegove pojedine delove, na primer remontne radionice, ili po vrstama voznih sredstava, vrstama održavanja, vrstama usluga, itd.

Moguće je postupak privatizacije izvesti sinhronizovano ili asinhrono (samo održavanje privatnih kola, ili samo održavanje građevinskih mašina i radnih vozova i sl.).

U principu, postupak privatizacije svih segmenata treba dobro osmisliti, pripremiti i sagledati efekte, dobre i loše strane. Praksa pokazuje da je lakši i brži način ako se u okviru segmenta održavanja VS organizuje više kompanija koje se potom pojedinačno uključuju u proces svojinske transformacije.

Železnice koje žele da iz svoje nadležnosti isključe poslove održavanja VS primenjuju strategiju decentralizacije, regionalizacije i smanjenja železničkog segmenta održavanja.

Polazeći od pretpostavke da će održavanje u privatnom vlasništvu biti racionalnije (BR, Londontransport i dr.) i samim tim za železnicu jeftinije nego u sopstvenoj režiji, postupno se reducira obuhvat održavanja i broj zaposlenih, ne kupuju se nova vozna sredstva dok se na kraju i same radionice ne prodaju privatnim licima.

Železnica u novoj situaciji nema kapaciteta za održavanje, niti zaposlenih za te namene, čak ne raspolaže ni sopstvenim voznim parkom.

Železnica ima ugovore sa proizvođačima voznih sredstava ili privatnim vlasnicima. Ovim ugovorima se na godišnjem nivou precizira obaveza ugovarača da obezbedi za definisani red vožnje potreban broj ispravnih VS po tipovima, vrstama, serijama i podserijama. Godišnjim ugovorom se, u stvari, utvrđuju orijentacione potrebe, dok se dnevnim narudžbama preciziraju potrebe u voznim sredstvima za kvalitetno izvršavanje tekućeg reda vožnje.

Železničke uprave koje su primenile ovakav pristup ističu najmanje dve prednosti:

- smanjena izdavanja (troškova) za održavanje voznih sredstava i
- poboljšanje kvaliteta usluga kroz komponentu karakteristika samih voznih sredstava.

U stvari, konkurencija proizvođača i vlasnika voznih sredstava dovodi do pozitivnih ekonomskih efekata za železnicu, koja je, budući da nema u vlasništvu vozna sredstva, u situaciji da pravi "najbolji izbor", odnosno da naručuje uvek nova vozna sredstva najsavremenijih karakteristika, čime podstiče ponuđače na inovacije, a istovremeno za korisnike prevoza obezbeđuje najbolja i najkvalitetnija vozna sredstva i konkurentsku prednost u vezi sa tim.

Ovakva situacija je očigledno povoljnija od one kada železnica kao vlasnik voznih sredstava iste mora da eksploatiše više godina (čitav vek trajanja) i da zaostaje u tehnološkoj obnovi voznog parka, na uštrb kvalitetnije ponude svojim korisnicima.

LITERATURA:

[1] Arnold, Grujić, Cvetanović: "Reforma organizacionih struktura preduzeća", Sofreraj – ŽTP "Beograd" – SI CIP, Završni izveštaj, sveska 5, 1992.

[2] Grujić: "Reforma Jugoslovenskih železnica", "Želnid", Beograd,1996.

[3] Milisavljević: "Položaj i uloga javnih preduzeća u Srbiji", IEN, Beograd, 1995.

[4] UIC: "Železnički plan, Scenario – strategije – akcije", Pariz, 1997.

NEW CONCEPTION OF ROLLING STOCK MAINTENANCE IN REFORMED RAILWAY

Milan Grujić, M.Sc.

Abstract: *Within the process of railway overall reforms and marketing adjustment, the activity regarding the rolling stock maintenance will undergo the significant changes. This paper deals with the new place and role of activities within the reconstructed railway and points out the possible directions of ownership transformation.*

Key words*: costomers, market, railway, development, availability, reform, privatization.*

Određivanje raspodele pouzdanosti simuliranog kočnog sistema

Zoran Tašić[1] , Vojkan Lučanin[2]

Rezime - *Određivanje pouzdanosti korišćenjem izlaznih parametara, prestavlja jedan od mogućih posupaka za dijagnosticiranje stanja sistema. U ovom radu je predstavljeno određivanje funkcije raspodele pouzdanosti korišćenjem izlaznih parametara iz simulacije pneumatskog kočnog sisteama na železničkim vozilima a u cilju verifikacije postupka određivanja pouzdanosti sistema korišćenjem izlaznih parametara.*

Ključne reći - *kočni sistem, simulacija, centralna granična teorema, raspodele pouzdanosti*

1. UVODNA RAZMATRANJA

1.1 Karakteristike raporednika pneumatske kočnice

Rasporednik je kočni upravljački organ koji na osnovu promena pritiska glavnog voda obrazuje odgovarajući pritiskak u kočionom cilindru. Osnovni princip rasporednika baziran je na ravnoteži tri radna pritiska:

1. kočni cilindar (P_{KC})
2. glavni vod (P_{GV})
3. radna komora (P_{Rk})

Rasporedni organ rasporednika predstavlja sistem automatske regulacije jer ako ima pritiska u pneumatskoj instalacija a sam rasporednika nije isključen preko slavine postoji težnja da posle svakog poremrećaja pritiska u glavnom vodu (P_{GV}) dođe do ravnoteže pritiska u sledećem odnosu:

$$P_{KC} = P_{Rk} - P_{GV} \qquad (1)$$

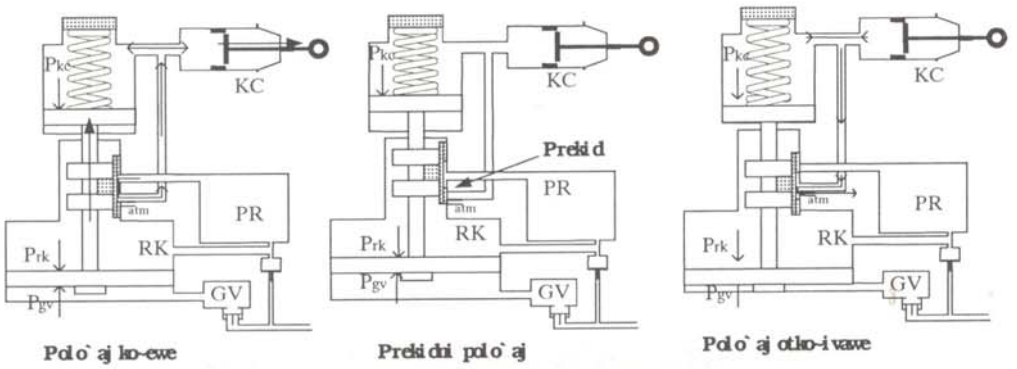
Vrednost pritiska u radnoj komori ostaje tokom kočenja približno konstantan, pa je vednost porasata pritiska u kočnom cilindru uglavnom u funkciji pada pritisaka u glavnom vodu. [1]

Kako su funkcije u vremenskom domenu tada sledi:

$$P_{KC}(t) = P_{Rk} - P_{GV}(t) \qquad (2)$$

Maksimalni pritisak u kočnom cilindru, ako ne postoji ograničivač pritiska, je slučajna veličina koja zavisi od pritiska u radnoj komori koji varira oko neke konstantne vrednosti. Pritisak u radnoj komori varira zbog pojave raznih poremećaja u sistemu, a sa druge strane pad pritiska u glavnom vodu zavisi od uređaja koji se zove kočnik koji takođe prestavlja sistem automatske regulacije. Uravnoteženje takvih slučajnih veličina (vidi sliku 1) može dati samo slučajnu funkciju porasta pritiska u kočnom cilindru tokom procesa kočenja.

1 mr Zoran Tašić dipl.maš.ing, Samostalni stručni saradnik, ŽTP Beograd; **talez@zelvoz.co.yu**
2 prof. dr Vojkan Lučanin dipl. maš.ing,Vanredni profesor, Mašinski fakultet Beograd, **vlucanin@alfa.mas.bg.ac.yu**



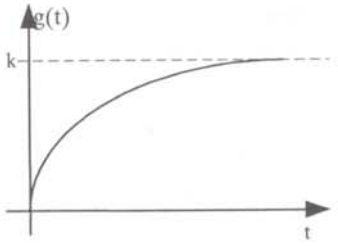
Slika 1: Rasporednik sa tri radana pritiska

2. SIMULACIJA RADA KOČNOG SISTEMA SA TRI RADNA PRITISKA

Kako dokazivanje zahteva veći skup podataka, poslužiću se mogućnošću da se neki procesi mogu simulirati u nekom od programa koji se inače koriste za obradu signala merenja. Za simuliranje procesa upotrebljen je program LabVienj 5.0. Dobijene funkcije su slučajne i zavise od RND generatora (slučajnih brojeva), dok su u stvarnosti funkcije slučajne a njihova slučajnost zavisi od stanja unutar sistema. Simulirane su krive prelazne funkcije (odskočni odziv) sistema prenosnog organa prve vrste jer je i raspordnik sistem koji ima osobine sistema sa samoregulacijom (rasporedni slog rasporednika). Prenosni organ prve vrste je dinamički prikazan sa diferencijalnom jednačinom:

$$T_1 * \dot{x}_i(t) + x_i(t) = kx_u(t) \qquad (3)$$

Prelazna funkcija ima oblik, gde je h(t) jedinična odskočna funkcija (hevisajdova funkcija) [4]. Funkcija ima izgled kao na slici i po svojem izgledu i svojem značenju može poslužiti za simuliranje kočnog sistema.



Slka 2: Odziv prenosnog organa prve vrste

$$g(t) = k_i * \left[1 - e^{\left(\frac{-t}{T_i}\right)}\right] * h(t) \qquad (4)$$

Neka je zato simulitrana funkcija:

$$B(t) = 3.8 * \left[1 - e^{\left(\frac{-t}{T_i}\right)}\right] \qquad (5)$$

Simulirana krive imaju osobine koje propisuje UIC 540[6], tj maksimalni pritisak u kočnom cilindru iznosi 3.8 bar a vrednost B(t) u vremenu od za t=4 iznosi 0.95 vrednosti maksimalne B(t) (3.8*0.95=3.61 bar). Korišćena je vremenska baza u rasponu od 0 do 7 s gde je Δt=0.1 s a t_0=0s (70+1 tačka).

Simuliraće se proces koji se pojavljuje kod rasporednika koji nemaju ograničivač pritiska u okviru sistema već se vrednost pritiska samoreguliše uz pomoć rasporednog sloga.

Pretpostavka je da će sistem regulisati maksimalnu vrednost B(t) u nekom opsegu od B_{max}=3.8 $\pm\Delta$B , pa će sistem biti pouzdaniji kada je vrednost ΔB manja (najveća pouzdanost sistema je kada je vrednost poremećaja jednaka nuli (ΔB=0))

Funkcija koja se simulira mora u sebi imati dozu slučajnosti koja se dobija uvođenjem Promenljive RND(i) je različita za svaku funkciju u seriji, raspodeljuje se uniformno i daje slučajan broj u obalasti od 0 do 1, uzimajući jednu vrednost po jednoj funkciji, tako da funkcija ima oblik:

$$B(t) = \left[3.8 + \frac{0.5 - RND(i)}{V}\right] * \left[1 - e^{\left(\frac{-t}{T_i}\right)}\right] \qquad \textbf{(6)}$$

Vrednost L= 0.5-RND(i) ima svoje ekstreme; L_{max}=0.5 i L_{min}=-0.5, pa stoga za vrednost V=5 npr. imamo da ekstremne vrednosti iznose 3.860.1 bar (ΔB=0.2).

Smisao posmatranja stanja sistema u funkciji poremećaja je u tome, da je porast poremećaja u funkciji vremena. Neka je porast poremećaja linearan u funkciji od vremena. tj ΔB=C*t, C=const

Tabela 1. Gradacija poremećaja ΔB

V	5	5.55	6.25	7.14	8.33
ΔB	0.20	0.18	0.16	0.14	0.12
V	10	12.5	16.67	25	50
ΔB	0.10	0.08	0.06	0.04	0.02

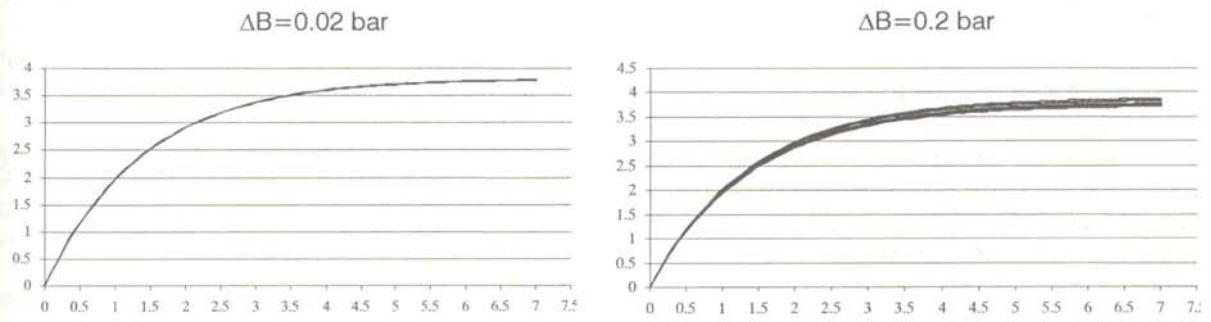
Serije simulacija su vršene u setovima od po 10 funkcija (10 setova funkcija), za svaku vrednost poremećaja ΔB kojih ima 10, što ukupno iznosi 1000 simuliranih funkcija po seriji. Urađeno je ukupno sedam serija (simulacija). Osnovna karakteristika funkcija je ta da za svako ΔB imaju istu gornju i donju graničnu vrednost. Treba naglasti da će veličina koja se dobije upoređivanjem karateristika dva skupa simuliranih krivih biti slučajna veličina.

Na slici 4 dat je simulator urađen u programu LabVienj 5.0. To je program za grafičku vizuelazaciju rada sistema ili instrumenata. Matrice podataka koje sadrže po 10 simuliranih krivih, slate su iz programa LabVenj 5.0. u *xls* formatu (pogodan za obradu u Excelu).

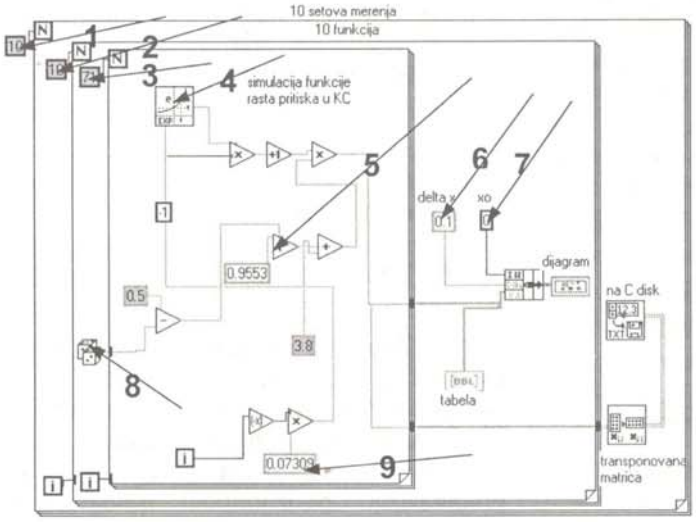
Postupak je ponovljen 7 puta zbog većeg broja izračunatih vrednosti.

Podaci dobijeni iz simulatora obrađeni su u programu napravljenom u Ekscelu. Na slici 3 se primećuje da sa porastom vrednosti poremećaja ΔB raste i rasipanje krivih oko vrednosi 3.8, što je i bilo za očekivanje.

Kod stvarnih tehničkih sistema, porastom vrednosti poremećaja ΔB opada vrednost mere pouzdanosti.



Slika 3. Setovi simuliranih krivih



Slika 4. Simulator izlaznih parametara kočnog sistema

Legenda

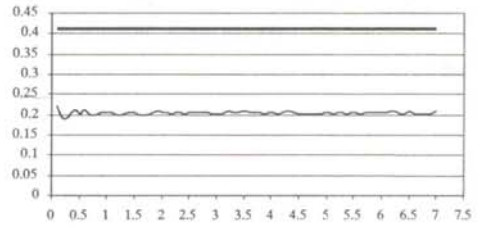
1. 10 setova merenja
2. 10 funkcija po setu merenja
3. 71 izračunata tačka po funkciji
4. funkcija e^x
5. funkcija poremećaja ΔB
6. Vrednost na apsisi $\Delta x=0.1$
7. Početna vrednost $x_0=0$
8. RND generator (uniformna raspodela)
9. Vrednost T_1 u obrascu 5

3. OBRADA PODATAKA

3.1. Test Kolmogorov-Smirnof na uzorku

Pre obrade podataka neophodno je bilo proveriti da li karakteristične vrednosti sečenja svakog seta mogu pripadati normalnoj raspodeli. U toj nameri uzet je po jedan set simuliranih za svako ΔB (poremećaj). Dobijene vrednosti prikazane su dijagramima (vrednost K-S u funkciji od vremena simuliranog kočenja (s)).

Deblja linija prestvalja graničnu vrednost od za uzorak od 10 veličina i nivoom značajnosti od $\alpha=0.05$ koja iznosi 0.410 [5] .

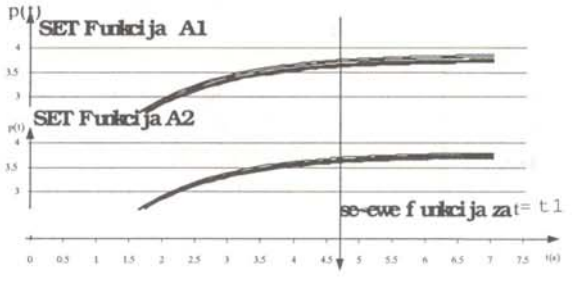


Slika 5. Reultat K-S testa za ΔB=0.2

Kako su obrađivana su sečenja funkcija, vrednosti koeficijnta K-S date takođe na "t" osi . Sa dijagrama se može videti da vrednost koeficijnta K-S opada sa porastom poremećaja. Kako se sa dijagrama vidi vrednosti koeficijenta za svako ΔB ne prelaze 0.410 pa nemamo razloga da odbacimo hipotezu da karakeristične vrednosti uzoraka (sečenja funkcija) pripadaju normalnoj raspodeli (u suprotnom, svaki dalji proračun je izlišan).

3.2 Proračun mere pouzdanosti

Odnos između vrednosti karakteristika stanja sečenja dve slučajne funkcije (matematičko očekivanje i disperzija) u istom trenutku $t=\tau_1$ može dati informaciju o stanju sistema kao verovatnoću ostvarenja događaja da će karakteristike radnog opterećenja (osnovni skup stanja A2) biti što sličnije karakeristikama dijagnostičkog normativa (osnovni skup stanja A1).



Slika 6. Dva seta merenja porasta pritiska u kočnom cilindru.

Ako se uporede karakteristčne vrednosti stratuma za dati trenutak vremena τ_1 dobiće se mera pouzdanosti sečenja :

$$M_y(\tau_1)=abs\left(M_{A_1}(\tau_1)-M_{A_2}(\tau_1)\right) \quad (7)$$

$$\sigma_y(\tau_1)=S_y^1(\tau_1)=\sqrt{S_D^2(\tau_1)+S_{DN}^2(\tau_1)} \quad (8)$$

$$R(\tau)=1-2*\Phi\left(\frac{M_y(\tau_1)}{\sigma_y(\tau_1)}\right) \quad (9)$$

Ako elementi jednog skupa prestavljaju karakteristike uzorka skupa koji je normalno raspoređen, sledi da će i karaktreristične vrednosti sistema imati normalnu raspodelu, pa je procedura za izračunavanje mere pouzdanosti sistema ista kao i procedura za izračunavanje mere pouzdanosi sečenja setova funkcija.

3.3 Određivanje mere pouzdanosti celog skupa

Ako karasteristične vrednosti svih stratuma (sečenja slučajnih funkcija) mogu podleći pod normalnu raspodelu to znači da će se karakteristične vrenosti celog skupa imati karakteristike normalne raspodele:

Osnovni skup stanja A1:

$$M_{A_1}=\frac{1}{N}*\sum_{j=1}^{m}*\sum_{i=1}^{n}p_i(t_j)=\sum_{j=1}^{m}n*m_1(t_j)=\frac{1}{m}*\sum_{j=1}^{m}m_1(t_j) \quad (10)$$

$$\sigma_{A_1}{}^2=\frac{1}{m*n}*\sum_{j=1}^{m}m*\sigma_1^2+\frac{1}{m*n}*\sum_{j=1}^{m}m*(m_1(t_j)-M_{A_1})^2 \quad (11)$$

Osnovni skup stanja A2:

$$M_{A_2}=\frac{1}{N}*\sum_{j=1}^{m}*\sum_{i=1}^{n}p_i(t_j)=\sum_{j=1}^{m}n*m_2(t_j)=\frac{1}{m}*\sum_{j=1}^{m}m_2(t_j) \quad (12)$$

$$\sigma_{A_2}{}^2=\frac{1}{m*n}*\sum_{j=1}^{m}m*\sigma_1^2+\frac{1}{m*n}*\sum_{j=1}^{m}m*(m_2(t_j)-M_{A_2})^2 \text{ [2]} \quad (13)$$

Upoređenje stanja A1 i A2:

$$M_y=abs\left(M_{A_1}-M_{A_2}\right) \quad (14)$$

$$\sigma_y=S_y^1=\sqrt{S_D^2+S_{DN}^2} \quad (15)$$

Mera pouzdanosti sistema:

$$R=1-2*\Phi\left(\frac{M_y}{\sigma_y}\right) \quad (16)$$

Zbog nepodudaranja mere pouzdanosti sa stvarnom vrednošću, uvodi se pojam nivoa poverenja. Ako se dokaže da izračunate vrednosti po bilo kojem teorijskom uslovu konvergiraju vrednostima za koje sigurno znamo da predstavljaju pouzadanost sistema, onda će uzevši u obzir obrazac, ta izračunata vrednost predstavljati meru pouzdanosti sistema.[6]

Prvi set simuliranih funkcija je proglašen za dijagnostički normativ, pa se ostali setovi

funkcija porede sa njim. Tako je za svaki poremećaj ΔB (bar) i svaku simulaciju.

Za svaku simulaciju (za jednu vrednost poremećaja ΔB) izračunato je 9 vrednosti za koju se smatra da predstavlja meru pouzdanosti. Sve dobijene vrednosti su slučajne veličine.

Postupak poređenja setova funkcija u jednoj simulaciji za jednu vrednost poremećaja ΔB dat je na sledeći način:

Karakteristične vrednost seta funkcija A1 (karakteristične vrednosti sečenja i karakteristične vrednosti celog skupa), porede se sa karakterističnim vrednostima seta funkcija A2...10 po obrascu broj 15.

Izračunatih vrednosti za svaki poremećaj ΔB ima 9 po simulaciji, tako da matrica obrađenih podataka ima dimenziju 9x10. Po završetku 7 simulacija matrica obrađenih podataka ima dimenziju 72x10 (gradacija od 10 poremećaja ΔB, vidi tabelu 1). Za svaki poremećaj ΔB po završetku simulacije određene su aritmetička sredina i granice poverenja (±95%). Obrada podataka je rađena sa ciljem da se utvrdi kako se ponaša aritmetička sredina sa porastom broja simulacija. Ovde će se u dokaz uvesti zakoni velikih brojeva, to jest centralna granična teorema čiji je smisao sledeći:

Kada posmatramo aritmetičku sredinu slučajnih nezavisnih promenljivih, u njoj se gubi smisao tj. srednja vrednost je bliža konstanti ukoliko je n veće. "Bliže" znači da verovatnoća ma kako malog odstupanja teži nuli kada se n neograničeno uvećava. [2] [3]

Veličine koje smo dobili proračunom predstavljaju slučajne nezavisne promenljive (svaki set fukcija je slučajan sam po sebi) u određenom domenu D, koji zavisi od veličine poremećaja ΔB). Bernulijev zakon velikih brojeva tvrdi da za svako ε>0 važi sledeće:

$$P\left\{\left|\overline{\hat{R}}_n - R\right| \geq \varepsilon\right\} \xrightarrow{n \to \infty} 0 \quad \text{(n →broj krivih)} \quad (17)$$

Što znači da će sa porastom broja simulacija (merenja) srednja aritmetička sredina izračunatih vrednosti za svaki poremećaj ΔB, izgubiti svojstvo slučajnosti – $\overline{\hat{R}}$ će težiti da dostigne neku konstantnu vrednost R. Za vrednosti argumenta **ΔB** i vrednosti koje su dobijene obradom podataka, interpolaciom vrednosti dobijaju se sledeće krivе oblika:

$$\text{Ra-g}(\Delta B) \cong a_1 * e^{b1*\Delta B} \quad (18)$$

$$\text{Ra}(\Delta B) = 1.00055 * e^{-0.055\Delta B} \text{ 1000 sim. krivih} \quad (19)$$

$$\text{Rb}(\Delta B) = 0.99952 * e^{-0.042\Delta B} \text{ 2000 sim. krivih} \quad (20)$$

$$\text{Rc}(\Delta B) = 0.99973 * e^{-0.043\Delta B} \text{ 3000 sim. krivih} \quad (21)$$

$$\text{Rd}(\Delta B) = 0.99998 * e^{-0.046\Delta B} \text{ 4000 sim. krivih} \quad (22)$$

$$\text{Re}(\Delta B) = 1.00016 * e^{-0.046\Delta B} \text{ 5000 sim. krivih} \quad (23)$$

$$\text{Rf}(\Delta B) = 1.00023 * e^{-0.049\Delta B} \text{ 6000 sim. krivih} \quad (24)$$

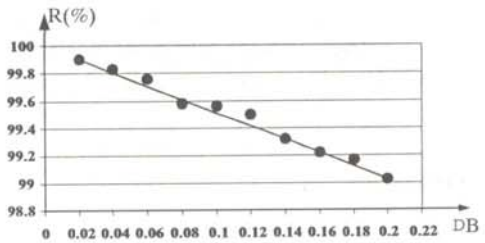
$$\text{Rg}(\Delta B) = 1.00022 * e^{-0.049\Delta B} \text{ 7000 sim. krivih} \quad (25)$$

Vrednosti $\overline{\hat{R}}$ teže , za dato ΔB, vrednosti koja se nalazi na eksponencionalnoj krivoj kada "n" (broj simuliranih krivih) teži beskonačnosti. Ta eksponencijelna kriva prestavlja eksponencionalnu raspodelu otkaza u odnosu na ΔB i ima približan oblik:

$$R \cong e^{-0.049\Delta B} \quad (26)$$

Taj obrazac prestavlja funkciju eksponencijalne raspodele otkaza u funkciji od poremećaja ΔB, zato treba naglasiti da zato poremećaj ΔB mora biti u funkciji vremena i to linearnog karaktera pošto je (vidi silku 2.12) fukcija raspodele otkaza u funkciji vremena: ΔB=C*t ; $C \in R$, C>0. Vrednost intenziteta otkaza datog simuliranog sistema tada iznosi λ= 0.049*C.

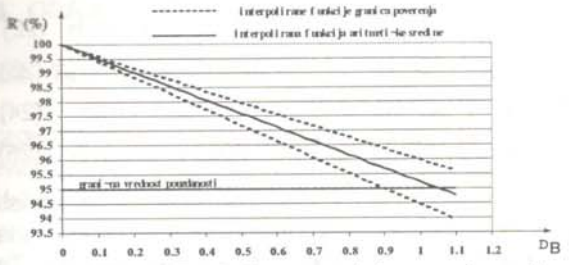
Na slici je prkazan odnos između funkcije raspodele pouzdanosti $R \cong e^{-0.049\Delta B}$, i podataka koji su se koristili za interpolaciju svih sedam simulacija (tačke na slici 7).



Slika 7. Interpolirana kriva i vrednosti aritmetičke sredine

Istim postupkom dobijene su interpolirane krive za granice poverenja za maksimalan broj simulacija (±95%), dobijaju se obrasci za interpolirane krive:

- 95%: $R = 1.00015 * e^{-0.057\Delta B}$, (27)
- približno $R = e^{-0.057\Delta B}$
- aritmetička sredina: $R = 1.00022 * e^{-0.049\Delta B}$, (28)
- približno $R = e^{-0.049\Delta B}$
- + 95%: $R = 1.00029 * e^{-0.041\Delta B}$. (29)
- približno $R = e^{-0.041\Delta B}$



Slika 8. Funkcija raspodele pouzdanosti sa funkcijama na granici poverenja (±95%)

Ako bi se povećavao broj simulacija, interpolirane krive granica poverenja bi težile funkciji aritmetičke sredine shodno teoriji velikih brojeva gde se sa povećanjem uzorka aritmetička sredina uzorka težila neslučajnoj veličini, a disperzija nuli (sa tim i granice poverenja bi težile toj istoj neslučajnoj veličini)

Zaključak

1. Vrednosti dobijene proračunom svojom srednjom vrednošću za dati poremećaj ΔB, teže određenoj vrednosti koja se dobija korišćenjem obrasca $R \cong e^{-0.049\Delta B}$.
2. $R \cong e^{-0.049\Delta B}$ prestavlja funkciju eksponencijalne raspodele otkaza odnosno , funkciju pouzdanosti datog sistema u odnosu na mogući poremećaja (ΔB).
3. Ako je poremećaj ΔB=C*t (C=const), sledi da je $R \cong e^{-0.049*C*t} = e^{-\lambda*t}$ [8]

LITERATURA

[1] Vajnhal Vladimir: Kočnice i kočenje vozova, Beograd, 1991.

[2] Ivanović Branislav: Teorijska Statistika, Naučna knjiga, Beograd 1973

[3] Ivković Zoran: Matematička statistika, Naučna knjiga, Beograd 1973.

[4] Milojković Borisav, Grujić LJubomir: Automatsko upravljanje, Mašinski fakultet univreziteta u Beogradu, Beograd, 1977.

[5] Simonović Velimir: Uvod u teoriju verovatnoće i teorijske statistike, Građevinska knjiga, Beograd, 1991.

[6] Objava UIC 540: Vazdušne kočnice za teretne i putničke vozove

[7] Tašić Zoran, Lučanin Vojkan: Metodologija određivanja mere pouzdanosti kočnog sistema na železničkim vozilima, JUŽEL 2000, Vrnjačka Banja, 2000.

[8] Tašić Zoran, Eksperimantalno određivanje mere pouzdanosti grupe elemenata kočnog sitema na železničkim vozilima, Magistarska teza, Mašinski fakultet, Beograd, 2000

DETERMINING RELIABLITY DISTRIBUTION ON SIMULATED RAILNJAY ROLLING STOCK AIR BRAKE SYSTEM

Zoran Tašić, Vojkan Lučanin

Abstract *– Reliability determinatinon using exit parametars, present one of many possible njay for system diagnostic. In this paper is describe determining reliablity distributionon using exit parametars from simulated railnjay rolling stock air brake system, in the njay of verifing of methodolgy for determinning railnjay rolling stock air brake reabillity rate.*

Key njords *– air brake system, simulation, central limit theorem, reliability distribution*

Preostali vek elemenata konstrukcije šinskih vozila u uslovima korozije

Nadežda Šubara[1]

Rezime: *Rezultati istraživanja i mnogobrojna iskustva iz eksploatacije su pokazala da lom pri dejstvu radnog opterećanja ne nastupa uvek kada se dozvoljeni napon u eksploataciji prekorači više puta. To je potvrdilo opravdanost uvođenja kriterijuma akumulacije oštećenja, odnosno zamora, jer u dosadašnjem načinu dimenzionisanja nisu dovoljno razjašnjene zakonitosti koje važe između opterećenja i čvrstoće kao uzroka i posledice. Proračun veka usled zamora se vrši preko poznate funkcije promene opterećenja u toku radnog veka u poređenju sa čvrstoćom, pri čemu se pojava zamornog oštećenja definiše kao bilo koja promena makro ili mikro prirode koja dovodi do smanjenja čvrstoće. Ovde se u suštini uzima da su posledice dejstva radnog napona u vremenu čisto mehaničke, a proces oštećenja je podeljen na proces stvaranja inicijalnih pukotina i proces njihovog širenja tj. razaranja, što je u neposrednoj vezi sa brojem ciklusa opterećenja, kao mera oštećenosti konstrukcije. Korozija metala u eksploataciji može značajno smanjiti projektovani zamorni vek strukture, s obzirom na korekciju granice izdržljivosti pomoću parametara dobijenih predhodnim tretiranjem određenih uzoraka na koroziju zadatog intenziteta i brojnih pokazatelja iz procesa eksploatacije. Međutim, usled složenosti, procesi korozije i procesi nagomilavanja zamornih oštećenja najčešće se razmatraju odvojeno.*

Cilj ovog rada je određivanje preostalog veka elemenata konstrukcije železničkih vozila za registrovanu grešku pri uzajamnom dejstvu radnih napona i okruženja - korozije.

Ključne reči: *Železnička vozila, vek, zamorna oštećenja, izdržljivost, preostali vek*

1. UVOD

U neutralnom okruženju poznavanje mehanike i metalurgije je dovoljno samo za definiciju mehaničkih aspekta zamora, međutim, za iscrpno delovanje u širokom polju razaranja potpomognutog okolinom, neophodnost su dodatna znanja u hemijskoj termodinamici, koroziji i elektrohemiji. U ovoj problematici opšte-prihvaćen naziv za razaranje potpomognuto okruženjem, a koji sadrži razaranje pod korozivnim naponom i koroziju usled zamora je – EAC LME je opšti naziv za razarnje usled gubljenja žilavosti metala tečnošću, a - HAC za razaranje potpomognuto vodonikom.

Razaranje pod korozivnim naponaom SCC ovde označava grešku razaranjem pod kombinovanim dejstvom korozije i spoljašnjeg ili zaostalog napona. Međutim, procesi, kao što su raskid oksidnog sloja, rastvaranje i razaranje potpomognuto vodonikom, koji su bitni u razaranju pod korozivnim naponom su značajno različiti kod metala i legura i funkcija su metalurških i elektrohemijskih stanja. To znači, da se pukotina može protezati bilo intergranularno ili transglanuralno, što zavisi od metalurških osobina metala i karakteristika korozivne sredine. Za određivanje brzine rasta pukotine pod korozivnim naponom (υ_t) može biti prihvaćena opšta forma relacije u obliku:

$$\upsilon_t = f(n_p)\,(\varepsilon_{ct})\,n_p,$$

gde je: ε_{ct} - deformacija vrha pukotine, koja obuhvata mehaničke doprinose;

[1] Mr Nadežda Šubara, dipl. maš. inž., istraživač saradnik, Institut "KIRILO SAVIĆ", Vojvode Stepe 51, Beograd, tel. 469-322, lok. 156

n_p - parametar koji obuhvata efekte okruženja i hemije materijala na rast.

Razaranje pod korozivnim zamorom CF, ili korozija usled zamora, je posledica dejstva cikličnih ili promenljivih napona u korozivnoj sredini i obično je definisana kraćim trajanjem u odnosu na posledice samo od cikličnih napona ili samo od korozivnog okruženja. Ovakav pristup ponašanja širenja pukotine je aproksimacija na čisto mehaničke posledice radnog procesa, odnosno mehaničko razaranje usled promenljivog napona. Brzina rasta zamorne pukotine se može izraziti relacijom:

$$dl/dN = (C_o + C_e/f)\,\varepsilon\,\Delta K^2 \qquad (2)$$

gde je: C_o - koeficijent rasta pukotine u inertnom okruženju;

C_e - koeficijent rasta pukotine u agresivnom okruženju;

f - frekvencija ciklusa napona;

ε– deformacija vrha pukotine;

ΔK – opseg vrednosti faktora intenziteta napona.

Činjenica, da razaranje pod korozivnim naponom zahteva prisustvo agresivne sredine, međutim često, ovakvo okruženje može izgledati naoko neškodljivo, kao npr. destilovana voda.

Slično, koroziju usled zamora takođe uzrokuje agresivno okruženje i u ovom slučaju laboratorijski vazduh je dovoljan. Ogroman broj ispitivanja na zamor su u stvari ispitivanja korozije usled zamora zbog prisustva komponenata iz okoline (vodene pare i kiseonika) koje su direkno uključene u površinske reakcije i umanjuju vreme zamora. Atmosferski korozivni efekti se mogu izbeći jedino kod ispitivanja u vakuumu ili u potpuno suvom inertnom gasovitom okruženju.

Značajno je da postoje slučajevi kada reakcije sa okruženjem mogu biti blagotvorne, na primer formiranje zaštitnog sloja oksida na povišenoj temperaturi koji može povećati otpor ka pojavi i rastu pukotina.. čak i na sobnoj temperaturi oksidira površina loma i povećava visinu otvora pukotine sa redukcijom koja utiče na smanjenje brzine rasta pukotine u obližnoj graničnoj oblasti.

2. PREOSTALI VEK ELEMENATA KONSTRUKCIJE U USLOVIMA KOROZIJE

Za analizu preostalog veka elemenata konstrukcije u radnom okruženju potrebno je uključivanje relevantnih činilaca porocesa razaranja i pod korozivnim zamorom i pod korozivnim naponom. S obzirom na složenost, istovremena analiza oba ova delikatna procesa razaranja, za sada je moguća samo u rezultatu analize promene granice izdržljivosti metala po vremenu u funkciji intenziteta korozije i intenziiteta gomilanja zamornih oštećenja. Snižavanje granice izdržljivosti metala kao rezultat korozije može se opisivati sa različitim stepenima detaljizacije, međutim sa aspekta zamora adekvatan prilaz je razmatranje evolucije svih parametara krive zamora.

Ako se kriva zamora "G-N" opisuje eksponencijalnom jednačinom:

$$N = \begin{cases} N_0 \left(\dfrac{\sigma_{-1}}{\sigma_a}\right)^m & \text{za } \sigma_a \geq \sigma_{-1} \\ \infty, & \text{za } \sigma_a < \sigma_{-1} \end{cases} \qquad (1)$$

gde je: N - broj ciklusa napona do pojave pukotine od amplitude napona s_a;

N_0 - broj ciklusa napona do razaranja za amplidu $\sigma_a = \sigma_{-1}$;

m - parametar krive izdržljivosti u funkciji osobina materijala;

σ_{-1}- granica izdržljivosti za simetrični ciklus napona R = – 1,

tada je u opštem slučaju neophodnost analiza uticaja tri funkcije koje opisuju evoluciju parametara krive izdržljivosti: $\sigma_{-1} = \sigma_{-1}(t)$, $N_0 = N_0(t)$ i $m = m(t)$..

Kada se granica izdržljivosti postepeno smanjuje, $\sigma_{-1} = \sigma_{-1}(t)$, a ostali parametri ostaju nepromenljivi N_0 = const i m = const. tada je snižavanje granice izdržljivosti uslovljeno samo porastom korozije metala. Ovakav proračun granice izdržljivosti je baziran samo na eksperimentalnim rezultatima od korozivnog napona, tj. tretiranjem napregnutih elemenata strukture u korozivnoj sredini.

Za istovremeni uticaj korozivnog napona i korzije usled zamora, sa značajnom tačnošću može se potvrditi, da brzina promene granice izdržljivosti zavisi od kvaliteta materijala (visokokvalitetni metali su obično osetljiviji na koroziju od "mekanih") i od vrednosti delijućih napona. Brzina promene, odnosno kinetička jednačina koja opisuje snižavanje granice izdržljivosti po vremenu ima oblik:

$$\dot{\sigma}_{-1} = f(\sigma, \sigma_{-1}) \qquad (2)$$

gde je: $f(\sigma, \sigma_{-1})$ - funkcija od delujućih napona u datom trenutku vremena i granice izdržljivosti materijala u tom trenutku vremena.

Ukoliko se funkcija definiše u obliku proizvoda dve funkcije; gde je prva $\alpha(\sigma_{-1})$ koja zavisi samo od veličine delujućeg napona, a druga $\beta(\sigma_{-1})$ koja zavisi samo od granice izdržljivosti, tada kinetička jednačina smanjenja granice izdržljivosti dobija oblik:

$$\dot{\sigma}_{-1} = \alpha(\sigma) \cdot \beta(\sigma_{-1}) \qquad (3)$$

Razdvajanjem promenljivih u diferencijalnoj jednačini (3) i integrisanjem, dobija se direktna zavisnost $\sigma_{-1} = \sigma_{-1}(t)$.

Za slučaj kada je vrednost funkcije $\beta(\sigma_{-1}) = -\sigma_{-1}$, dobija se eksponencijalni zakon promene granice izdržljivosti sa vremenom:

$$\sigma_{-1}(t) = \sigma^{o}_{-1} \cdot e^{[-\alpha(\sigma_{-1})]} \qquad (4)$$

gde je: σ^{o}_{-1} – nominalna vrednost granice izdržljivosti.

Ako tempo snižavanja granice izdržljivosti sa vremenom nije zavistan od vrednosti napona, tada je vrednost funkcije $\alpha\ (\sigma_{-1}) = \alpha = \text{const.}$

U rezultatu smanjenja granice izdržljivosti mera nagomilanog oštećenja za jedan cilklus napona, čak i pri stacionarnom procesu opterećenja, biće promenljiva iz ciklusa u ciklus. Za neki beskonačnio mali interval vremena dt, veličina nagomilanog oštećenja definiše relacija:

$$dv = v\frac{d\ell}{t_o} \qquad (5)$$

gde je: t_0 - srednja vrednost vremena delovanja procesa napona;

$v = v\ (t)$ - zamorno oštećenje za jedan ciklus napona, odgovarajuće trenutku vremena t.

Pod predpostavkom da se nagomilana zamorna oštećenja usled korozije mogu opisati linearnim zakonom:

$$\int_{o}^{N} \frac{dn}{N(\sigma)} = 1 \qquad (6)$$

tada se za vreme t delovanja napona dobija vrednost nagomilanog oštećenja v(t) prema relaciji:

$$v(t) = \frac{1}{t_0}\int_{o}^{t} v(t)dt \qquad (7)$$

Kada se u izrazu (7) ugrade sledeće relacije:

1. Analitički oblik funkcije $F(N,\sigma)$ Weibull - ove kumulativne troparametarske gama raspodele (8);

$$F(N\cdot\sigma) = 1 - e^{-\left[\left(\frac{\sigma-\sigma_o}{\sigma_c}\right)^{\alpha}\left(\frac{N-N_o}{N_c}\right)^{\beta}\right]} \qquad (9)$$

gde su: α, β, σ_c i N_c parametri raspodele;

2. Eksponencijalna jednačina krive zamora "σ -N" (1);

3. Jednačina za proračun uticaja srednje vrednosti zamornog oštećenja od jednog ciklusa napona (10):

$$\bar{v} = \frac{1}{t_0}\int_{o}^{t} v(t)dt \qquad (10)$$

4. Jednačina verovatnoće raspodele amplituda po metodi maksimuma preformulisane u oblik (11):

$$(\sigma) = \left(\frac{\sigma^2}{s^2}\right)^{\left(-\frac{\sigma^2}{s^2}\right)} \qquad (11)$$

tada se dobija jednačina za određivanje vrednosti nagomilanog oštećenja po vremanu v(t) oblika:

$$v(t) = \frac{\frac{m}{2}s^m}{t_0}\int_{o}^{t} \sigma_{-1}^{-m}(t)\,\Gamma\left\{\frac{m+2}{m}, \frac{\sigma^2_{-1}(t)}{2s^2}\right\} dt \qquad 12$$

Ugradnjom relacije (12) u relaciju (4) koja definiše eksponencijalnu promenu granice izdržljivosti, dabija se konačan oblik relacije za izračunavanje nagomilanog oštećenja po vremenu od uticaja korozije v(t):

$$v(t) = \frac{J_m}{2\cdot\alpha_o\cdot N_o\cdot t_o} \qquad (13)$$

gde je: - vrednost integrala J_m (I/I_0) definisana relacijom:

$$J_m = \int_{x_{-1}e^{-2\alpha t}}^{x^0_{-1}} z^{-\frac{m}{2}-1}\,\Gamma\left\{\frac{m+2}{m}, z\right\} dz \qquad (14)$$

a vrednost $x^0_{-1} = \frac{\sigma^o_{-1}}{2s^2}$ - je reciprocitet nominalne vrednosti granice izdržljivosti materijala i dvostruke vrednosti disperzije procesa delujućeg napona.

Vrednosti integrala J_m (J_4, J_6, J_8 i J_{10}) za različite vrednosti parametara krive izdržljivosti m = 4; 6, 8 i 10; za vrednosti proizvoda 2 α t (0,01 ÷ 0,50) i veličine odnosa početne granice izdržljivosti materijala i dvostruke vrednosti disperzije procesa delujućeg napona x_{-1} = 0,5; 1, 1,5, 2, 2,5 su pretabulirane (Tabela 1.) i mogu se direktno primeniti kod određivanja preostalog veka elemenata konstrukcije šinskih vozila.

Pri određivanju ukupnog veka usled zamora u korozivnoj sredini, za granično nagomilano oštećenje treba koristiti vrednost $v(\tau) = 1$.

Pri određivanju preostalog veka, jedinicu treba umanjiti za vrednost registrovanog oštećenja u funkciji predhodno iskorišćenog vremena eksploatacije [1 – v(t)]

Za određivanje vrednosti nagomilanog oštećenja $\zeta(t)$ koriste se relacije za tipične geometrije pukotina, osobenosti materijala i priroda radnih opterećenja. Značajno kod prognoze preostalog veka elemenata konstrukcije šinskih

vozila prilikom revitalizacije je verodostojnost podatka o karakteru oštećenja usled korozije, odnosno identifikovanih formi korozije za definisano okruženje i tačnost ocene nagomilanog oštećenja.

Tabela 1

	$x_{-1} = \frac{\sigma_{-1}(t)^2}{2s^2}$				
$2\alpha t$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
			J_4		
0,01	0,159	0,037	0,014	0,007	0,003
0,02	0,322	0,075	0,029	0,014	0,007
0,03	0,488	0,114	0,045	0,021	0,011
0,04	0,657	0,154	0,060	0,028	0,015
0,05	0,830	0,194	0,076	0,036	0,019
0,06	1,006	0,236	0,093	0,044	0,023
0,07	1,186	0,278	0,110	0,052	0,027
0,08	1,370	0,321	0,127	0,061	0,032
0,09	1,558	0,366	0,145	0,069	0,036
0,10	1,749	0,412	0,163	0,078	0,041
0,15	2,766	0,653	0,260	0,125	0,066
0,20	3,891	0,922	0,369	0,179	0,096
0,25	5,137	1,221	0,492	0,241	0,130
0,30	6,514	1,553	0,629	0,311	0,169
0,35	8,038	1,922	0,783	0,389	0,214
0,40	9,724	2,332	0,955	0,478	0,265
0,45	11,59	2,787	1,147	0,578	0,323
0,50	13,65	3,921	1,362	0,692	0,388
			J_8		
0,01	15,67	0,976	0,190	0,058	0,022
0,02	31,98	1,992	0,388	0,119	0,046
0,03	48,95	3,050	0,594	0,182	0,070
0,04	66,62	4,151	0,808	0,247	0,096
0,05	85,00	5,297	1,032	0,316	0,122
0,06	104,1	6,490	1,265	0,388	0,150
0,07	124,1	7,732	1,507	0,462	0,179
0,08	144,8	9,024	1,760	0,540	0,209
0,09	166,4	10,37	2,023	0,621	0,241
0,10	188,8	11,77	2,296	0,705	0,274
0,15	315,6	19,68	3,844	1,184	0,462
0,20	470,5	29,35	5,739	1,772	0,694
0,25	659,7	41,16	8,058	2,494	0,982
0,30	890,8	55,58	10,89	3,379	1,335
0,35	1173	73,20	14,36	4,464	1,770
0,40	1518	94,74	18,60	5,793	2,305
0,45	1939	121,0	23,78	7,421	2,962
0,50	2453	153,2	30,11	9,412	3,767

	$x_{-1} = \frac{\sigma_{-1}(t)^2}{2s^2}$				
$2\alpha t$	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
			J_6		
0,01	1,459	0,179	0,051	0,020	0,009
0,02	2,963	0,364	0,103	0,040	0,018
0,03	4,513	0,555	0,157	0,061	0,028
0,04	6,110	0,751	0,213	0,083	0,038
0,05	7,756	0,954	0,270	0,105	0,048
0,06	9,452	1,163	0,329	0,128	0,058
0,07	11,20	1,378	0,391	0,152	0,070
0,08	13,00	1,600	0,454	0,177	0,081
0,09	14,86	1,829	0,519	0,203	0,093
0,10	16,77	2,065	0,587	0,230	0,105
0,15	27,24	3,360	0,957	0,376	0,174
0,20	39,41	4,866	1,391	0,550	0,256
0,25	53,56	6,620	1,873	0,754	0,353
0,30	69,99	8,660	2,489	0,993	0,468
0,35	89,09	11,03	3,180	1,274	0,604
0,40	111,3	13,79	3,984	1,603	0,765
0,45	137,1	17,00	4,923	1,989	0,954
0,50	167,0	20,73	6,016	2,439	1,176
			J_{10}		
0,01	196,9	6,149	0,806	0,189	0,060
0,02	403,8	12,61	1,655	0,388	0,124
0,03	621,4	19,41	2,547	0,597	0,191
0,04	850,2	26,55	3,484	0,818	0,261
0,05	1091	34,06	4,470	1,049	0,336
0,06	1341	41,96	5,507	1,293	0,414
0,07	1609	50,26	6,597	1,549	0,496
0,08	1888	58,99	7,743	1,819	0,583
0,09	2182	68,16	8,948	2,102	0,674
0,10	2491	77,81	10,21	2,401	0,770
0,15	4289	134,0	17,60	4,140	1,331
0,20	6598	206,1	27,08	6,378	2,055
0,25	9563	298,7	39,26	9,256	2,988
0,30	13369	417,7	54,99	12,96	4,190
0,35	18257	570,4	75,01	17,71	5,738
0,40	24533	766,5	100,8	23,82	7,730
0,45	32592	1018	133,9	31,67	10,29
0,50	42940	1342	176,5	41,76	13,58

ZAKLJUČAK Određivanje preostalog pouzdanog veka usled zamora bilo koje konstrukcije je veoma složen proces, posebno ako se uzme u obzir kao neminovan i uticaj radne sredine. Postoje ne tako mnogo pokušaja u letaruturi, bez obzira na ogromna i kontinualna istraživanja ponašanja materijala u korozivnoj sredini. Razlog je složenost uzajamnog dejstva slučajnog procesa opterećenja i zamora konstrukcije usled dejstva napona i svih sada dopunskih parametara koji se i uzajamno povezuju, tako da rezultati mnogih proračuna i mnogih postojećih hipoteza se ne podudaraju sa rezultatima eksploatacionog praćenja.

U ovom radu dat je jedan od mogućih modela koji bi mogao doprineti rešavanju ovog problema, naročito kod struktura šinskih vozila koja su klasičan oblik uzajamnog dejstva korozije usled zamora i naponske korozije. U cilju povećanja vremena eksploatacije šinskih vozila za registrovana oštećenja usled korozije, ovde se još preporučuje da se preduzete mere prilikom revitalizacije i rekonstrukcije usaglase kako sa eksploatacionim zahtevima tako i sa zahtevanoj ekonomičnosti procesa sanacije, posebno po osnovu moguće zamene.

LITERATURA

[1] Mr Nadežda Šubara, "Konstruktivne i tehnološke metode za povećanje veka elemenata konstrukcije šinskih vozila" Magistarska teza, Mašinski fakultet, Beograd, 1997.

[2] Milovanović M., Lišanin R., Šubara N., "Vek pri projektovanju elemenata konstrukcije šinskih

vozila", XXII majski skup održavalaca, Zbornik radova, str.112-121, Banja Vrujci, *30.10.1999.*

[3] Milovanović M., Lišanin R., Šubara N., *"Procena veka rama obrtnog postolja"*, Naučno-stručni skup Istraživanje i razvoj mašinskih elemenata i sistema IRMES 2000, Zbornik radova, str.431-436, Kotor, 13-15.septembar 2000.

[4] Stan Butler, School of Mechanical Engineering, University of Bath,UK, Jose Maria Minguez Rodriguez "Implications of Fracture Mechanics in engineering design", Enginering Fracture Mechanics vol.42, Nš2, pp.339-346, Great Britain, 1992.

[5] Александар Сергеевич Гусев, "Сопротивление усталости и Живучестъ конструкций при случайных нагрузках", Машиностроение, Москва, 1989.

[6] Georg R.Irwin, " Lom " Handbuch der Phyzik, Vol. IV

[7] P. Brenner, "Problemi vezani za izbor i upotrebu materijala u avionskoj konstrukciji", Tech.Memor.nat.Adv.Comm, Aero, Wash, No.658

[8] A.Erker, "Scheit und Bruchwahrscheinichikeit" MAN - Forschungsheft

***Abstract**: Research results and exploatation experiance aproved that the break from work load don't apear when permited stress overrach several times. Because of that we are establishing accumulation accidence criteria, apropos fatigue, in order to determinate dependence between load and solidity. Computation of fatigue duration is doing thrue known function of load change during work life comparing with residual solidity. Presumption is that consequences of workload action in time are strictly mechanical. Exploatation metal corrosion can substantially decrease predictabie fatigue life structure, considering correktion durability limit parametar attainted precedent treatment sample on corrosion with given magnitude and numerous parametar from exploatation. According to dificult process of corrosion and process of accumulation fatigue defect is usualy considerat apart.*

Purpose of this article is to predict residual duration element of construction railway vehicle for registred defect at interaction work stress and surrounding-corrosion.

***Kay word:** railway vehicle, duration, fetigue defect, durability, residual duration*

Prikaz alata za inteligentno filtriranje baza podataka sa primenom u održavanju vučnih šinskih vozila

Milovan Ilić[1]

Rezime - *Promene u svetu karakterišu, pre svega, brzi razvoj informacionih tehnologija, veće korišćenje veštačke inteligencije i menadžmenta znanjem, kao i novi pristupi u oblasti menadžmenta kvalitetom. Danas se, zbog dramatičnog rasta količine podataka (povećanje broja operativnih podataka i perioda njihovog čuvanja) i potreba da se odgovori i na sve složenija pitanja, razvija nova generacija računarskih tehnika i alata koji treba da podrže proces ekstrakcije korisnih informacija (znanja) iz sve veće količine podataka. U radu je prikazan univerzalni alat za fazi pretraživanje baza podataka FF (Fazi Filter) razvijen u fabrici "Lokomotiva" sa ciljem da na jednostavan način omogući filtriranje podataka po više kriterijuma. Alat omogućava uključivanje imanentne rasplinutosti, nepreciznosti mnogih informacija u proces filtriranja, tj. analize podataka. Metodologija se bazira na primeni fazi sistema. Rad se sastoji iz sledećih celina: (I) uvod, (II) alat za fazi pretraživanje baza podataka FF, (III) zaključak i (IV) literatura.*

Ključne reči: *baze podataka, fazi sistemi, održavanje, šinska vučna vozila*

1. UVOD

Podaci se, danas, iz raznih izvora, za različite namene i na različite načine sakupljaju i organizuju na upotrebljiv i konzistentan, postojan način. Ova masa, poplava podacima, koja je prekrila ceo svet, omogućena je intenzivnim razvojem hardvera i softvera a posebno zadivljujućim rastom Interneta, koji je omogućio jednostavno, multimedijalno, masovno komuniciranje, čime je promenio i naš način života i uveo nas u *informatičko* društvo. Devedesetih godina je razvijan koncept Data Warehouse (DW), koji je pre svega obezbeđivao memoriju korisnicima. Danas se, zbog velikog praktičnog značaja, razvija nova generacija računarskih tehnika i alata koji treba da podrže proces ekstrakcije novih, korisnih, razumljivih informacija (znanja) iz baza podataka i baza informacija (DW). Ovaj proces se naziva Knowledge Discovery in Database (KDD), a njegov najvažniji korak Data mining (DM). Dakle, osnovni zadatak ovog procesa je obezbediti tehnologiju koja iz *sirovih* podataka (tj. od baze podataka) ekstra'huje znanje (tj. dovodi do baze znanja). Data mining alati se zasnivaju, pre svega, na primeni veštačke inteligencije, a ovde se prikazuje jedan aspekt primene fazi logike za fleksibilni upit i/ili inteligentno pretraživanje baza podataka.

Jedan od problema iz ovog domena, vezan je za neodređenost i rasplinutost informacija. Neodređenost i rasplinutost se mogu tretirati i kao nepotpunost, mana informacija, ali su svakako realna karakeristika mnogih informacija. Rasplinutost se odnosi na sadržaj informacije, a neodređenost na njenu istinitost.

Fazi logiku je 1965. godine uveo L. Zadeh [12] kao novi način da se računarom modelira realan problem na način na koji to rade ljudi. Ovaj pristup karakteriše predstavljanje i korišćenje nepreciznosti i postepenosti i upotreba kvalitativnih opisa pojmova i događaja. Profesor Zadeh je tvorac često citiranog principa nekompatibilnosti, koji glasi: *Što se bliže posmatra realan problem, njegovo rešenje postaje sve više fazi.*

U daljem tekstu je dat kratak opis koncepta fazi skupova i lingvističkog zaključivanja.

1 Mr Milovan Ilić, dipl.maš.inž, rukovodilac Službe za informacione sisteme, MIN Holding Ko. DD "Lokomotiva", ul. Šumadijska br. 1, 18000 Niš, e-mail: milovan@junis.ni.ac.yu

Fazi logika koristi fazi, meke, fleksibilne, rasplinute skupove, koji se razlikuju od tradicionalnih, krutih, diskretnih skupova i mogu da se shvate kao njihovo proširenje. Fazi skup je skup elemenata sa *sličnim* svojstvima, a predstavlja se i obrađuje pomoću funkcije pripadnosti (karakteristične funkcije, μ_A), koja opisuje stepen pripadnosti elemanta skupu. Osnovne osobine fazi skupa su normalnost, konveksnost i kardinalnost.

Neka je dat neprazan skup X. Fazi skup A u X (nadskup, univerzalni skup) se opisuje funkcijom pripadnosti:

$$\mu_A(x): X \rightarrow [0,1]$$

Funkciju pripadnosti možemo da predstavimo u trougaonom, trapezoidnom, pravolinijskom, zvonastom i dr. obliku (sl.1, sl.5).

Rasplinuti skup se, dakle, može da predstavi kao skup uređenih parova koje čine generički element i njegov stepen pripadnosti:

$$A=\{(x, \mu_A(x)) \mid x \in X\}$$

Osnovne operacije definisane nad fazi skupovima su unija, presek i komplement, a pored njih postoji čitav niz specifičnih koji se odnose na *pojačavanje* ili *slabljenje* uticaja koji opisuje entitete i/ili veze među njima. Specifičnost teorije fazi skupova u odnosu na klasičnu teoriju skupova je da, za fazi skupove ne važi zakon isključenja trećeg i zakon kontradikcije.

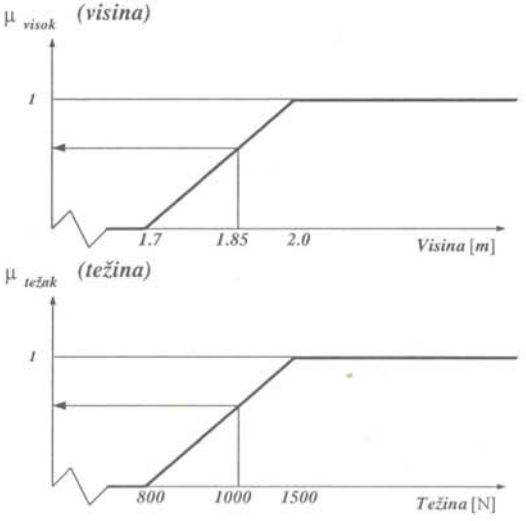
Klasa binarnih funkcija koje predstavljaju operator preseka fazi skupova (logičko *i*) naziva se trougaona ili t-norma, T(a,b), a ona koja predstavlja operator unije (logičko *ili*) trougaona konorma ili s-norma, S(a,b). Između t-normi i s-normi postoji veza:

$$S(a,b): = 1-T(1-a,1-b)$$

Jedna od mnogih t-normi i t-konormi je min/max:

$$MIN\ (a,b) = \min\{a,b\} = a \wedge b,$$

$$MAX\ (a,b) = \max\{a,b\} = a \vee b$$



Sl. 1. Funkcije pripadnosti fazi koncepta visok i težak

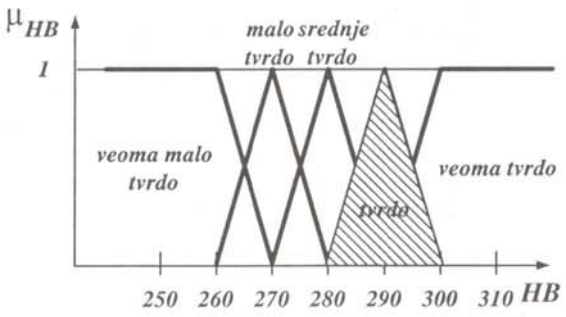
Na slici 1 prikazane su funkcije pripadnosti (pravolinijskog oblika) μ_{visok} (visina) koja definiše koncept visok na domenu npr. Visina = [0, 3] i $\mu_{težak}$ (težina) koja definiše koncept težak na domenu npr. Težina = [0, 2000].

Ovim je omogućeno uvođenje lingvističkih promenljivih, promenljivih čije su dozvoljene vrednosti reči prirodnog jezika u računarske sisteme i njihova obrada. Primenom lingvističkih promenljivih se uspostavlja prirodnija veza između računara i čoveka. Na primer, ako tvrdoću materijala dela predstavimo kao lingvističku promenljivu, onda skup lingvističkih vrednosti za promenljivu T(tvrdoća) može biti:

T(tvrdoća) = {veoma malo tvrdo, malo tvrdo, srednje tvrdo, tvrdo, veoma tvrdo}

gde je svaka od mogućih vrednosti opisana fazi skupom iz univerzalnog skupa HB = [0, 350] i predstavljena odgovarajućom funkcijom pripadnosti, slika 2. Propoziciju koja opisuje tvrđenje tvrdoća materijala je srednje tvrda predstavljamo:

T(tvrdoća) = srednje tvrdo



Sl. 2. Prikaz lingvističke promenljive tvrdoća

Formiranje funkcija pripadnosti može se izvesti, u zavisnosti od objekta koji se modelira i raspoloživosti podataka, na više načina. Najčešći način diskretizacije prostora definisanosti može se izvršiti subjektivnim ocenjivanjem, odnosno (subjektivnim) definisanjem koncepta. U tu svrhu koriste se skale subjektivnih ocena sa 3, 5 ili 7 tačaka. Skale sa većim brojem tačaka od ovih je moguće koristiti kada za to ima realnog opravdanja, tj. kada se time značajno dobija na preciznosti sistema.

Proces donošenja zaključaka na osnovu rasplinutih pravila i činjenica naziva se aproksimativno, fazi zaključivanje. Fazi zaključivanje koristi stepen saglasnosti između činjenice i preduslova pravila za izvođenje zaključka (fazi modus ponens):

Implikacija:	$A(u) \rightarrow B(v)$
Činjenica:	$A(u)$
Zaključak	$B(v)$

Postoji više načina fazi zaključivanja (zavisno od, na primer, tumačenja veznika fazi pravila, tj. simbola ako-onda). Mamdanijeva metoda, na primer, simbol $\rightarrow$ tumači kao:

$A(u) \rightarrow B(v) = \min\{A(u), B(v)\}$

Da bi se iz generisanog rešenja, koje je rasplinuta vrednost, dobila diskretna koristi se postupak derasplinjavanja, defazifikacije. Postoji više načina za sprovođenje ovog postupka, npr.: matod težišta, metod centra površine itd.

Problem izbora, rangiranja alternativa je najrasprostranjenija klasa zadataka, iz oblasti odlučivanja, sa kojom se inženjeri susreću u svojoj praksi, a posebno je prisutan u kompleksnim poslovno-proizvodnim sistemima kao što je, na primer, održavanje šinskih vučnih vozila. U svetu se ovo rešava i razvojem novog koncepta baza - fazi baze podataka (Fuzzy Database - FDB), a ovde je dat pristup koji se bazira na primeni fazi pretraživanja podataka, činjenica, slučajeva iz klasičnih baza podatka (DataBase - DB).

Neka je DB baza podataka i neka je o_i objekat baze podataka, tj. $o_i \in DB$, a $A=\{a_1, ..., a_n\}$, pripadajući skup atributa sa odgovarajućim domenima. Na primer objekti baze podatka mogu da budu greške a atributi naziv, troškovi, broj pojavljivanja itd. Ovu bazu podataka možemo da predstavimo:

$DB=\{(1, 9000, 10), ..., (10, 7200, 7)\}$

gde je prva vrednost šifra greške, druga troškovi izazvani greškom, a treća prosečan broj pojavljivanja greške u nekom periodu.

Rezultat fazi pretraživanja baze podataka je fazi podskup nad elementima baze, npr. grešake i odgovarajući stepen pripadnosti, tj. stepen zadovoljenja upita. Praktičan način prikazivanja odgovora je lista sortirana po stepenu zadovoljenja kriterijuma, dakle na početku bi bila greška sa najvećim stepenom zadovoljenja upita.

Odgovor na upit na primer:

skupe greške

bio bi fazi skup

$\{1/(2, 40000, 4), ..., 0.11/(10, 7200, 7)\}$,

gde svaki element μ_i/o_i predstavlja objekat o_i i njegov stepen pripadnosti μ_i.

Ovo, dakle, omogućava postavljanje upita na način koji je razumljiviji i bliži ljudima. Ostale karakteristike ovog pristupa (npr. višekriterijumsko pretraživanje) biće prikazane u okviru opisa alata.

2. ALAT ZA FAZI PRETRAŽIVANJE BAZA PODATAKA FF

FF (Fazi Filter) je alat za fazi pretraživanje postojećih baza podataka razvijen u fabrici "Lokomotiva" sa ciljem da na jednostavan način omogući filtriranje podataka po više kriterijuma. Zadatak mu je da omogući fazi pristup podacima prikupljenim u mnogobrojnim bazama podataka. Dakle, alat treba da ima univerzalni karakter, odnosno da omogući filtriranje podataka izabrane baze podataka bez posebnog podešavanja podataka u njoj, po složenim kriterijumima i na jednostavan način. Ovo se postiže pridruživanjem stepena pripadnosti svakom podatku iz baze podataka, čime se opisuje koliko svaki od njih zadovoljava postavljeni kriterijum.

Neka je $\{C_1, C_2,..., C_n\}$ skup kriterijuma, gde C_i, $C_i(x) \in [0,1]$ pokazuje stepen zadovoljenja i-tog kriterijuma alternativom x. Stepen za koji x zadovoljava sve kriterijume je:

$D(x) = \min \{C_1(x), C_2(x),..., C_n(x)\}$,

a stepen za koji x zadovoljava najmanje jedan od kriterijuma je:

$D(x) = \max \{C_1(x), C_2(x),..., C_n(x)\}$.

Svakom kriterijumu (fazi skup C_i) možemo da pridružimo težinu $w_i \in [0,1]$ koja pokazuje važnost kriterijuma. Ako uključimo efekat važnosti u min operator smanjujemo efekat elemenata koji imaju manju važnost, tj. :

$\min \{S(1-w_1,a_1),..., S(1-w_n,a_n)\}$

gde je S trougaona konorma. Formula predstavlja meru u kojoj su svi važni kriterijumi zadovoljeni i implementirana je u program.

Alat omogućava rangiranje i/ili primenom izraza:

$$D(x)=\sum_{i=1}^{n} w_i C_i(x)$$

gde težinski koeficijenti zadovoljavaju uslov $\sum_{i=1}^{n} w_i = 1$, što se postiže njihovom normalizacijom.

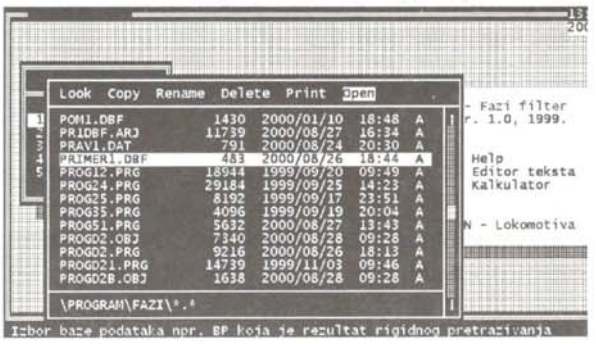
Program omogućava univerzalnost (omogućeno filtriranje izabrane baze podataka bez posebnog podešavanja podataka) i, sa druge strane, jednostavnost primene (izbor iz menija različitih oblika funkcija pripadnosti itd.). Ipak, za definisanje funkcija pripadnosti poželjno je konsultovanje eksperta iz odgovarajućeg domena, jer se formulisanje funkcije pripadnosti vrši zdravorazumski i/ili na osnovu iskustva.

U svetu se razvijaju slični alati, dakle alati koji koriste fazi mehanizme za pretraživanje baza podataka, na primer: alat za Microsoft Excel koji je razvila japanska firma Omron, poznata po intenzivnom korišćenju fazi tehnologija u svojim proizvodima, a namenjen je, pre svega, za razne finansijske analize; u [9] je data Java aplikacija slične namene itd.

2.1. Osnovne karakteristike alata FF

Osnovne karakteristike alata za fazi pretraživanje baza podataka FF su:

- omogućeno je korišćenje bilo koje raspoložive baze podatka, dakle pokriva sve oblasti poslovanja;
- nije potrebno prethodno posebno podešavanje baze podataka;
- omogućeno je filtriranje podataka na osnovu više kriterijuma;
- podacima je pridružen stepen pripadnosti koji izražava koliko svaki podatak zadovoljava zadati kriterijum;
- izbor oblika funkcije pripadnosti vrši se iz menija, a njeno definisanje zahteva domensko ekspertsko znanje;
- omogućena je dodela težinskih faktora (između 0 i 1), koji pokazuju važnost odgovarajućeg kriterijuma;
- svakom zapisu dodeljuje se broj koji predstavlja meru u kojoj on zadovoljava sve važne kriterijume;
- jednostavan je za instalaciju i upotrebu.



Sl. 3. Izbor baze podataka

Program je razvijen u Clipperu, za DOS platformu, jer je većina raspoloživih baza dBASE tipa. Planiramo da u daljem razvoju koristimo Access i Windows platformu.

2.2. Primena alata FF

Pretpostavimo da hoćemo da analiziramo greške, tj. da nad bazom grešaka postavimo na primer upit:

Skupe greške, koje se često pojavljuju a konstatovane su i u poslednje vreme.

Na raspolaganju nam je klasični, kruti upit, koji, na primer može da glasi:

TroškoviGreške > 10.000 *i BrojPojavljivanja* >= 3 i DatumPojavljivanja >= *"01.04.2000"*

Ovakvim klasičnim složenim kriterijumom ne obuhvatamo mnoge kardinalne slučajeve, na primer:

- *Troškovi Greške = 30.000 i Broj Pojavljivanja = 2 i Datum Pojavljivanja >="01.04.2000" ili*
- *Troškovi Greške = 9.000 i Broj Pojavljivanja = 10 i DatumPojavljivanja >= "01.04.2000" ili*
- *Troškovi Greške = 40.000 i Broj Pojavljivanja >= 3 i Datum Pojavljivanja = "29.03.2000" itd.*

U okviru procesa planiranja materijala možemo da postavimo upite:

Materijal/delovi koji se često koriste, a čija cena dugo nije korigovana ili

Dobavljači koji nude nižu cenu materijala/dela, kraće vreme nabavke i povoljniji način plaćanja.

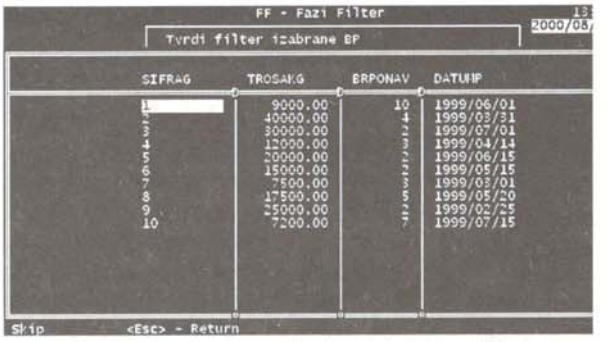
U okviru procesa planiranja kadrova možemo da postavimo upit:

Mlađi radnici koji duže odsustvuju sa posla.

Navedeni primeri pokazuju način na koji ljudi postavljaju upite, a čija je česta karakteristika nepreciznost ali istovremeno i razumljivost za sagovornika. Dakle, *sa povećanjem nepreciznosti iskaza često se povećava njegova razumljivost ili sa porastom složenosti precizni stavovi gube značaj, a značajni stavovi gube preciznost.* Ovo je suština principa nekompatibilnosti.

Program obuhvata:

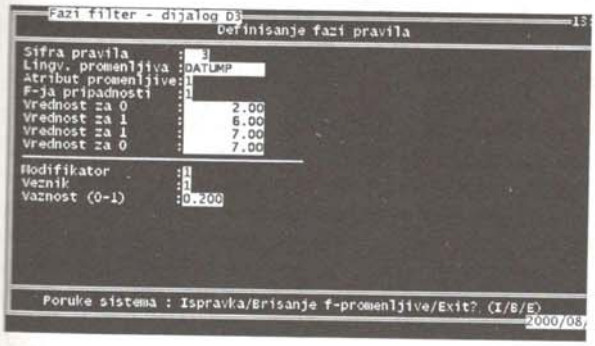
- izbor baze podataka nad kojom se postavlja upit, slika 3,4;
- izbor i definisanje promenljivih, slika 5, 6;
- definisanje kriterijuma fazi upita, slika 7;
- obradu i prikaz rezultata fazi upita, slika 8.



Sl. 4. Prikaz baze podataka koja se analizira

Sl. 5. Definisanje lingvističkih promenljivih

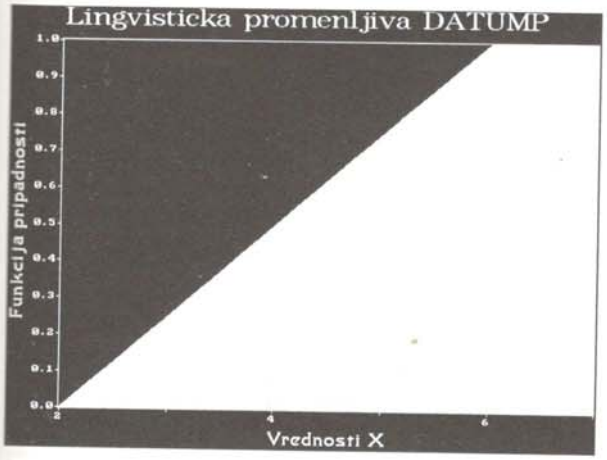
Nakon izbora baze podataka koju želimo da analiziramo, vršimo izbor i definisanje promenljivih. Imena promenljivih su, automatski, nazivi polja izabrane baze podataka, a njihovu vrednost možemo i posebno da definišemo, na primer: ime promenljive je *datump*, a njena vrednost je *month (datump)*. Ovde definišemo i oblik i granice, okvire funkcije pripadnosti. Ovaj korak je određen procesom koji se modelira i zahteva ekspertsko znanje. U ovoj etapi možemo da definišemo više promenljivih, predstavljenih fazi skupovima adekvatnog oblika, koje po želji možemo da uključimo u kriterijum.



Sl. 6. Prikaz lingvističke promenljive "skorije vreme"

Sledeća faza je definisanje kriterijuma fazi upita, koristeći prethodno određene promenljive. Kriterijumu možemo dodeliti težinski faktor (0-1), koji predstavlja važnost kriterijuma.

U fazi obrade i prikaza rezultata upita softver analizira zapise i svakom dodeljuje broj koji predstavlja meru u kojoj on zadovoljava sve važne kriterijume. Dakle, program je izabranoj bazi dodao novu kolonu, stepen saglasnosti, a zapisi se, prema njemu, automatski sortiraju. Na slici 8 prikazan je rezultat fazi upita nad izabranom bazom predstavljenom na slici 4. Tvrdi filter bi izdvojio samo deo zapisa (npr. greške sa šiforn 4 i 8) i to bez njihovog rangiranja, koje olakšava, argumentuje donošenje odluka.

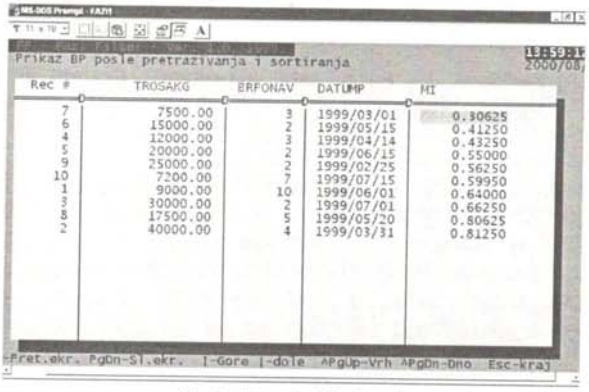


Sl. 7. Postavljanje kriterijuma za pretraživanje

3. ZAKLJUČAK

Jedan od problema iz domena izdvajanja znanja iz informacija vezan je za njihovu neodređenost i rasplinutost. Neodređenost i rasplinutost se mogu tretirati i kao nepotpunost, mana informacija, ali su svakako realna karakeristika mnogih informacija. Rasplinutost se odnosi na sadržaj informacije (sa nejasnim, nepreciznim granicama), a neodređenost na njenu istinitost. Ovaj problem se često rešava primenom fazi tehnologija.

U radu je prikazan pristup rešavanja jednog od najčešćih praktičnih problema planiranja – rangiranje alternativa i alat koji ga podržava. Prikazan je univerzalni alat za fazi pretraživanje baza podataka FF (Fazi Filter), koji je razvijen za potrebe fabrike "Lokomotiva" sa ciljem da na jednostavan način omogući filtriranje postojećih, klasičnih baza podataka po više kriterijuma. Alat omogućava uključivanje imanentne rasplinutosti, nepreciznosti mnogih informacija u proces filtriranja, tj. analize podataka. Metodologija se bazira na primeni fazi sistema.



Sl. 8: Rezultat fazi upita

4. LITERATURA

[1] Carlsson C., Fuller R., A new look at linguistic importance weighted aggregations, Cybernetic and Systems '98, Proceedings of Fourteenth European Meeting on Cybernetic and Systems Research, Austrian Society for Cybernetic Studies, Vienna, 169-174, 1998.

[2] Devedžić G., Rešavanje problema disperzije kriterijuma pri automatskom izboru reznih alata, doktorska disertacija, Univerzitet u Kragujevcu, Mašinski fakultet, 1998.

[3] Ilić M., Ekspertni sistemi u održavanju šinskih vozila, YUMO, 513-518, Kragujevac, 1998.

[4] Ilić M., Vukić A., Neki aspekti akvizicije znanja kod KB sistema, Internacionalni 8. naučno-stručni simpozijum "Tehnika železničkih vozila", Niš, 1998.

[5] Ilić M., Temeljkovski D., Milosavljević P., Jovanović B., Analysis of vital subsystems of technical system maintenace, JOAP international condition monitoring conference, Mobile, Alabama, 1998.

[6] Knapp B.R., Fuzzy Sets and Pattern Recognition, http://www-engr.sjsu.edu/čknapp/ HCIFUZZY /fuzzy. htm, 1996.

[7] Opricović S., Optimizacija sistema, Građevinski fakultet, Nauka, Beograd, 1992.

[8] Orchard A.R., FuzzyCLIPS Version 6.04A, User's Guide, Integrated Reasoning Institute for Information Technology National Research Council Canada, 1998.

[9] Subašić P., Fazi logika i neuronske mreže, Tehnička knjiga, Beograd, 1997.

[10] Wang P., SmartRanker 1.0, a Java applet for fuzzy database query, http://www.cogsci. indiana.edu/ farg /peiwang/ SmartRanker/ SmartRanker. html, 1998.

[11] Yager R.R. and Kacprzyk J. eds., The order weighted averaging operators: Theory, Methodology, and Applications, Kluwer Academic Publisher, Boston, 1997.

[12] Zadeh A. L., Fuzzy sets, Information Control, 8: 338-353, 1965.

AN APPROACH TO DATA BASE INTELLIGENT FILTERING TOOL AND ITS APPLICATION ON TRACTION RAILWAY VEHICLES MAINTENANCE

Summary: *The changes appearing these days in the worked are mainly characterised by the fast development of information technologies, higher application of artificial intelligence and knowledge management, as well as new approaches in the field of quality control management. Owing to the dramatical growth of data quantity (enlargement of both the number of operating data and the time of their keeping) and the need to answer more complex questions, the new generation of computer techniques and tools have been developed these days which should be able to support the process of both useful information extracting (knowledge) and a large quantity of data. This paper presents one universal tool intended for data base fuzzy searching (FF) (Fuzzy Filter) which was developed in "Lokomotiva" factory in order to enable simple data filtering in reference to several criteria. This tool enables including of particular volatility, imprecision of vast of information used in the filtering process, i.e. data analyses. The methodology is based on the application of a fuzzy system. This paper includes the following units: (i) Introduction, (ii) The tool intended for data base fuzzy searching FF, (iii) Conclusion and (iv) References.*

Key words: *data base, fuzzy systems, maintenance, traction railway vehicles.*

Kadrovi kao značajna komponenta unapređivanja zaštite na radu u ŽTP-u Beograd

Andon Kostadinović[1]

Rezime: *U radu se razmatraju osnovni pokazatelji razvoja nauke, tehnike i tehnologije pri kraju ovog veka s nagalskom na naučno-tenološku revoluciju (poslednju) i njene posledice na ekološki sistem u celini. Polazna osnova ovog rada je obrazovanje kao neprekidni pratilac naučno-tehnološkog progresa, s jedne strane, i obrazovanje u celini, a ekološko posebno u cilju očuvanja radne sredine i obraziovanja kadrova za zaštitu na radu za potrebe železničkog saobraćaja Srbije i Jugoslavije. Posebno je naglašen razvoj modernizacije železničkog saobraćaja i obrazovanja za potrebe zaštite na radu, budući da je taj proces uzajamno uslovljen. Jednom rečju, nema modernizacije železničkog saobraćaja bez obrazovanja kadrova za potrebe očuvanja sredine i ukupne zaštite na radu.*

Ključne reči: *nauka, tehnika, ehnologija, železnica, obrazovanje, kadrovi, ekologija, zaštita na radu*

1. UVOD

Nalazimo se na kraju XX veka koji je iza nas ostavio revolucije različitog karaktera – naučne, socijalne, tehnološke, kulturne i političke, ali i industrijske, energetske, tehničke, kibernetske, obrazovno-ekološke i mnoge druge. U vremenskom periodu iza nas dosta je pisano o sociološkim revolucijama. Međutim, veoma su značajne tehničko-tehnološke revolucije koje su rezultat nauke i njenog razvoja što se dalje reflektovalo na ekološki sistem u celini. A kako je nauka organizovani skup znanja u planetarnom smislu reči, a obrazovanje njen stalni i neprekidni pratilac, to se nameće potreba da se ovaj kompleksan problem osvetli sa sociološkog aspekta (kadrovi - zaštita na radu u ŽTP-u Beograd).

Tehnika, kadrovi i zaštita na radu u železničkom saobraćaju Srbije stoje u trouglu: pokušaćemo da razmotrimo i analiziramo tehničko-tehnološki, obrazovni i zaštitni odnos.

2. KADROVI

Kadrovi predstavljaju značajan resurs društva. Oni su sastavni deo proizvodnih snaga i unapređenja nauke i naučno-istraživačkog rada. Gotovo je nezamislivo da svako unapređenje u tehnici, tehnologiji – modernizaciji železničkog saobraćaja ne povežemo i ne imamo u vidu kadrove i kadrovski potencijal koji se odražava i na ekologiju i zaštitu na radu u železničkom saobraćaju. Bez njih se ne može jer predstavljaju deo kompleksnog procesa unapređivanja radne snage i zaštitne funkcije zaposlenih u ŽTP-u Beograd.

Taj proces modernizacije je uzajamno uslovljen: nema moderne tehnologije bez obrazovanja kadrova i obrazovanja kadrova bez tehnologije, kako s pravom navodi S. Jelić: "Moderna tehnologija menja društvene potrebe i profil obrazovanja kadrova. Naime, sve više su potrebni visokostručni i specijalnizovani kadrovi koji mogu da odgovore zahtevima moderne tehnologije i vremena. Veliki broj radnika u toku radnog vremena menja više puta posao, a često i profesiju što utiče na promene načina života, položaj porodice, na psihološke reakcije radnika i slično.

U savremenim uslovima moderne tehnologije naučno-tehničkog i tehnološkog i socijalnog položaja radnika - neposrednih proizvođača savremena naučna dostignuća, pronalasci i inovacije su elementi sveukupnog revolucionisanja sredstava za proizvodnju. Oni su jednim delom socijalno-klasni činilac koji radniku omogućava stvaranje rezultata rada, hu-

[1] Andon G. Kostadinović, redovni profesor Beogradskog univerziteta i Više železničke škole

manizovanje odnosa u proizvodnom procesu, veći standard, zadovoljstvo i ugodnost."

Kadrovi su značajni i opredeljujući činilac privređivanja ali i svih tehničko-tehnoloških promena uopšte pa i železničkog saobraćaja koji stalno traži inovativne kadrove koji će moći da se uključe u sve tokove njenog tehničko-tehnološkog razvoja.

Slično ukazuje i M. Raspopović: "Ukoliko budemo imali bolje i sposobnije kadrove, utoliko ćemo uspešnije i brže prevazilaziti mnoge teškoće i krize sadašnjeg stanja, ne samo u privredi, nego i u društvu uopšte. Povećanje ukupnih ljudskih sursa i sposobnosti je potreba vremena u kome živimo, a to se može ostvariti, pre svega, kvalitetnijim obrazovanjem."

Tehničko-tehnološki razvoj je u nas stagnirao, o čemu piše V. Ćetković: "Privreda se u nas veoma sporo osposobljava za savremenu proizvodnju, za naučnu organizaciju rukovođenja i upravljanja, što je čini nekonkurentnom na svetskom tržištu. Mali je broj razvojno-istraživačkih i konstruktivnih centara i instituta. Retke su istraživačke laboratorije koje bi znatno pomogle da se smanji veoma visok procenat skupih stranih licenci."

Modernizacija ukupnog železničkog saobraćaja, kao i modernizacija železničkog saobraćaja Srbije u prošlosti je umnogome zavisila od nedostatka sredstava, ali i od neadekvatnog obrazovnog sistema u celini, a posebno obrazovnog železničkog sistema koji je bio zaokružen uglavnom do srednjoškolskog obrazovanja, delimično višeg, a što se tiče visokog železničkog obrazovanja samo je delimično zadovoljavao potrebe železnice. Nastavni planovi i programi su bili kruti, nefleksibilni, škole su imale slabo opremljene laboratorije, prevelik broj nastavnog kadra - uglavnom honorarnog, kako u železničkim srednjim školama, tako i u Višoj železničkoj školi i na fakultetima gde su se školovali stručnjaci za železnički saobraćaj. U celini sistem obrazovanja u nas nije zadovoljavao osnovne pedagoške kvalifikative. Povezanost škole i fabrike (železnice i škole – fakulteta) nije bila na potrebnom nivou. Pedagoške reforme su sprovođene palijativno, što se odražavalo i na obrazovanje) železničkih stručnjaka. Neadekvatno obrazovanje srednjeg, višeg i visoko stručnog kadra nije bilo na visini u pogledu kvaliteta, a da ne govorimo o potrebi obrazovanja kadrova za zaštitu na radu za potrebe železnice Jugoslavije. Potreba za inženjerima zaštite na radu u železničkom saobraćaju je postajala sve veća. Tako, na primer, radna jedinica za zaštitu na radu u ŽTP-u Beograd brojčano se uvećavala i radna mesta inženjera zaštite na radu su zauzimali nestručni kadrovi, što se odražavalo na kvalitet i profesionalnost u radu. Tek su pre dve godine Viša železnička škola i ŽTP Beograd dali inicijativu da se formira novi odsek pri ovoj školi Studijska grupa za zaštitu na radu u železničkom saobraćaju. Tako su prvi put upisani studenti - radnici ŽTP Beograd, na ovaj odsek koji studiraju iz rada što je pozitivno i za svaku pohvalu. Ovim je omogućeno stručnim saradnicima za zaštitu na radu da steknu potrebna znanja za uspešnije obavljanje složenih zadataka iz oblasti zaštite na radu na železnici i da istovremeno steknu formalno potrebne uslove za radna mesta na kojima rade. Ovo je prvi korak u obrazovanju pogonskih inženjera, zbog toga bi trebalo dati inicijativu, koja inače dugo postoji, da se formira železnički fakultet na kojem bi se školovali svi profili visokostručnog kadra za potrebe železnice Srbijnje i Crne Gore. Tek onda bi se zaokružio ciklus obrazovanja inženjera i diplomoranih inženjera svih profila, ekonomista i diplomiranih ekonomista - menadžera za potrebe železnice Jugoslavije. Kako su kadrovi nosioci modernizacije železničkog saobraćaja, to su inženjeri zaštite na radu svih profila preduslov za kvalitetno obavljanje poslova i sa ekološkog stanovišta i ekološke funkcije. Šire o ovoj problematici može se videti u navedenoj literaturi (2, 3, 4 i 10).

LITERATURA

[1] Jelić S.: Društveni i politički efekti nove tehnologije u železničkom saobraćaju Srbije, Želnid, Beograd, 1996.

[2] Kostadinović S.: Kadrovi i stručno usavršavanje kroz međunarodnu saradnju - bitan faktor tehnološkog razvoja železnice, JUŽEL, Niš 1996.

[3] Kostadinović S., Grujić M.: Strategija tržišnog prilagođavanja evropskih železnica, Želnid, Beograd, 1995.

[4] Kostadinović S., Jeftić Z. Ljudski potencijali na železnici, ŽIG, Beograd, 1996.

[5] Kostadinović A.: Uticaj tehničkog progresa na obrazovanje i kulturu rada u železničkom saobraćaju, Želnid, Beograd, 1987.

[6] Kostadinović A.: Tehnički progres i promena u obrazovanju, Centar 018, Niš, 1995.

[7] Kostadinović A.: Uvod u sociologiju rada, Viša železnička škola, Beograd, DG Grafika, Beograd, 1986.

[8] Raspopović S.: Društvo, nauka, tehnika, Naučna knjiga, Beograd, 1988.

[9] Ćetković B. Tehnokratska ideologija, Eksport-pres, Beograd, 1981.

[10] Pečujlić M.: Savremena sociologija, Novinsko-izdavačka ustanova "Službeni list SFRJ", Beograd, 1991.

STAFF AS AN IMPORTANT COMPONENT OF THE INDUSTRIAL SAFETY PROMOTION IN RAILNJAY TRANSPORT ENTERPRISE "BEOGRAD"

Prof. Dr Andon G. Kostadinović

Abstract: The paper considers the basic indicators of science, techniljues and technology develoрments at the end of the century, njith an emphasis on scientific and technological revolution (the recent one) and its impact on the environment system as a njhole. The starting ground of this paper is the education as a permanent back-up of scientific and technical progress, on the one hand, and education in general, and environmental education, in particular, on the other, for the purpose of preserving the njorking environment and staff education in the field of industrial safety for the railnjay transport reljuirements in Serbia and Yugoslavia. A special focus is on development of railnjay modernization and education for the industrial safety reljuirements, in vienj of the fact that such process is inter-related. In a njord, there is no modernization of railnjay transport njithout staff education for the purpose of preserving the njorking environment and overal industrial safety.

Key words: Science, technology, railnjay, education, staff, environment, industrial safety.

Vozna sredstva, ložionička postrojenja i ložioničko osoblje neophodnih za revitalizaciju pruge "Šarganske osmice" za saobraćaj

Danilo Paunović, Drago Tadić, Nebojša Lj. Kostić, Vladimir Antonijević

Rezime: *Rad ukazuje na ulogu voznih sredstava, postrojenja i osoblje za revitalizaciju "šarganske Osmice" za saobraćaj.*

Ključne reči: *Železnička pruga, železnička vozna sredstva, postrojenja i osoblja.*

Predgovor

Ono što karakteriše železnicu i što odvaja od ostalih vidova saobraćaja, jesu njeni specifični putevi-pruga, vozna sredstva (lokomotive i vagoni) i njihova uzajamna povezanost.

Dvadeseti vek, može se reći, vek je građenja železničke pruge u svetu pa i kod nas. Godine 1851, mala vazalna kneževina Srbija počela je da razmišlja i proučava železničko pitanje.

Srbija je želela da sama odlučuje o gradnji svojih železnica koje bi odgovarale, njenim potrebama i interesima za dalji razvoj privrede Srbije kao slobodne i samostalne države. Razvojem železnice uticalo bi se uveliko na razvoj pojedinih grana privrede i to: poljoprivrede, šumarstva, rudarstva, industrije, turizma i dr.

Na osnovu Berlinske konvencije (mart 1878 godina, član 38), kneževina Srbija je dobila nezavisnost i morala je, najpre, u određenom roku, da zaključi Bečku konvenciju o gradnji železničke pruge. Ova konvencija potpisana je u aprilu 1880 godine i obavezala je Srbiju da u roku od tri godine završi građenje pruge.

Građenje pruge uzanog koloseka počelo je 1875 godine.

Druga epoha građenja srpskih železnica obuhvata nastavak gradnje od 1880 godine i obuhvata period od 1903 do 1910 godine
- drugi period od 1910 do 1912 godine.
- treći period od 1912 do 1915 godine i dalje.

Trasiranje pruge Užice - šargan -Vardište izvršeno je još 1903 godine od strane srpskih inženjera. Za vreme prvog svetskog rata Austro-Ugarska je preuzela ovu gradnju te su bosanski inženjeri povukli novu trasu. Ta nova trasa je bila idealno povučena i bila je mnogo bolja od predhodne, sa maksimalnim nagibom od 18‰ između stanica šargan Vitasi do Kotromana, sa malim otporom u krivinama. Od Mokre Gore do Šargana, da bi se izbegao klizav teren, projektovana je trasa u vidu osmice, tako zvane "šarganske osmice", na zdravom zemljištu i to daje pruzi interesantan i živopisan izgled. Osmica je dugačka 13,5 km i na svojoj trasi ima 22 tunela, deset mostova i vijadukta koji čine trećinu ukupne dužine trase.

Napredak i razvoj čitavog društva pa i saobraćaja prouzrokovao je da parnjača i pruge uzanog koloseka postanu deo železničke istorije. Poslednji voz šarganom prošao je 28 februara 1974 godine.

Danas, nakon toliko godina potekla je ideja zahvaljujući razumevanju i velikom angažovanju poslovodstva srpske železnice, sa Generalnim direktorom ŽTP-a Beograd gospodina Živorada Maksimovića na čelu, koji je i Predsednik muzejskog Saveta Železničkog muzeja, železnica Srbije je 1995 godine ponovo u svoje vlasništvo vratila deo "Ćirine" stanice Užice kao i stanice Mokra Gora i Kremna - početnu i krajnju tačku nekada čuvene "Šarganske osmice", kao najatraktivniji deo trase u korist turizma koja će biti

Danilo Paunović, dipl.inž.;ul. Njegoševa 46, Drago Tadić, dipl.inž.;ŽTP Beograd; Nemanjina 6,
Nebojša Lj.Kostić, dipl.inž.; SI CIP, Nemanjina 6, Vladimir Antonijević, inž.; Sekcija za vuču i TKS, Užice

svakako profitabilna jer je uvršćena u katalog "Investicionog programa u turizmu Srbije".

Odlukom donešenom na kolegijumu ŽTP-a Beograd avgusta 1999 godine konačno je dato zeleno svetlo revitalizaciji "šarganske osmice", a samim tim i obnovi voznih sredstava opreme i kadra koji će raditi, biti korišćen u obavljanju saobraćaja na ovom delu pruge.

Parne lokomotive serije 83
za kolosek 0,76 metara

Tabela br.1.

Lokomotive od-do broja	Godina građenja	Graditelj	Stara serija lokomotive	Tip
83 - 001-044	1929	MAV - Budapest	1300	blizna
83 - 045-068	1923	JUNG JUNGENTAL	RU	blizna
83 - 069-123	1909-17	KRAUSS - Linc	1100	blizna
83 - 124-152	1903-08	KRAUSS - Linc	1000	compaund
83 - 153-183	1948/49	"Đura Đaković" Sl.Brod	-	blizna

1. VOZNA SREDSTVA

1.1. Lokomotive

Na ovom delu pruge koristiće se za vuču lokomotive serije 83 i 85 kao i lokomotiva "škoda" pri izgradnji pruge. Ovi tipovi lokomotiva razlikuju se po načinu dejstva pare (blizna i kompaund), prema vrsti pare (zasićena i pregrejana para), prema snazi, osovinskom pritisku, potrošnji normalnog uglja i ostalim elementima.

U tabeli br.1. dati su podaci o lokomotivama serije 83 (kojih ima pet vrsta) sa godinom gradnje, graditeljima, starom oznakom serije, tip i serijski brojevi.

Radi kompletnog sagledavanja ekonomičnog kori-šćenja lokomotiva serija 83 i 85 u eksploataciji, svakako je važan pokazatelj potrošnja normalnog uglja zavisno od rada lokomotiva.

U tabeli br.2. dat je pregled ove potrošnje prema načinu korišćenja lokomotive u sporednom radu i u vuči vozova (u 1000 brtkm) za razne vrste vozova.

Pregled potrošnje normalnog uglja (u kg)
za letnji period

Tabela br.2.

Serija lokomotive	Sporedni rad (čas)			Potpala	1000 brtkm			
	Manevra i matični vozovi	Davanje pare	Držanje pare		Lokalni putnički i mešoviti vozovi	Sabirni, radni i tranzitni vozovi	Brzi vozovi	Brzoteretni i direktni teretni vozovi
1	2	3	4	5	6	7	8	9
bl 83	95	48	19	300	41	30	28	23
co 83	100	50	20	310	57	42	40	33
85	158	80	32	480	54	41	37	29

Isto tako važan faktor u pravilnom korišćenju lokomotiva je primena vode odgovarajućeg kvaliteta. Za postizanje tog kvaliteta neophodno je poznavati hemijski sastav vode (stalne i prolazne tvrdoće vode) kojom se napajaju lokomotive kao i primena odgovarajućih preparata za omekšavanje. Priprema vode u polaznoj i krajnjoj tačci pruge tj. u stanicama šargan Vitasi i Mokroj gori.

Za vodu u Mokroj gori koja ima ukupnu tvrdoću 12,76 nemačkih stepeni i 1,3 nemačkih stepeni stalne tvrdoće, potrebna je sledeća vrsta i sadržina preparata za omekšavanje:

- trinatrijum fosfata na $1m^3$
  (hemijska formula $Na_3PO_4+12H_2O$)..... 20 gr
- kaustična soda na $1m^3$
  (hemijska formula NaOH)..... 30 gr
- kalcinisana soda na $1m^3$
  (hemijska formula Na_2CO_3)..... 6 gr
- tanina na $1m^3$..... 3,5gr

1.2. Određivanje mase (težine) vozova

Na "šarganskoj osmici" na najnepovoljnijem delu pruge na kome je merodavan otpor i_m=18‰ sa lokomotivama serije 83 i 85 moguće je vući sledeće težine vozova ako se primeni pogonsko gorivo najniže toplotne moći od e=0,8 i sa sledećim tehničkim podacima vučnih vozila:

Serija vučnog vozila	**83**	**85**
Snaga u kW za e=0,8	243	342
Kritična brzina	14	17
Težina same lok. u službi u t	52	82
Stepen iskorišćenja η	0,8	0,8

1.2.1.Vučna sila lokomotiva

$$F = \frac{376xN}{V_{krit.}} x\eta(kg)$$

za ser. **83:** $F_{ser.83} = \frac{376x243}{14} x0,8 = 5096kg$

za ser. **85:** $F_{ser.85} = \frac{376x342}{17} x0,8 = 5900kg$

1.2.2.Specifični otpor lokomotiva

$$w_0' = 1,4 + 0,04V + 0,0006V^2$$

za lokomotivu serije **83:**

$$w_0' = 1,4 + 0,04x14 + 0,0006x14^2 = 2,08\,daN/t$$

za lokomotivu serije **85:**

$$w_0' = 1,4 + 0,04x17 + 0,0006x17^2 = 2,25\,daN/t$$

1.2.3.Specifični otpor kola sa kliznim ležištima:

$$w_0'' = 2 + (0,007 + m)\left(\frac{V}{10}\right)^2$$

za ser. **83:**

$$w_0'' = 2 + (0,007 + 0,033)\left(\frac{14}{10}\right)^2 = 2,07\,daN/t$$

za ser. **85:**

$$w_0'' = 2 + (0,007 + 0,033)\left(\frac{17}{10}\right)^2 = 2,15\,daN/t$$

1.2.4.Masa voza

$$Q = \frac{F - L(w_0' + i)}{w_0'' + i}(t)$$

za ser. **83:** $Q = \frac{5096 - 52(2,08 + 18)}{2,07 + 18} = 200t$

za ser. **85:** $Q = \frac{5900 - 82(2,25 + 18)}{2,15 + 18} = 212t$

Od napred navedenih lokomotiva širine koloseka 0,76m predviđene lokomotive za vuču su serija 83-173 koja je već kod remontera od 08.02.2000. godine a izrađena je kod Đuro Đaković-a u periodu 1948/49 god. dakle jedna od mlađih, koja je bila eksponat u železničkom muzeju u Požegi, ii lokomotiva serije 85-045 koja još uvek nije uzeta u remont.

Na lokomotivi 83-173 izvršiće se rekonstrukcija kočnice od razređenog na zbijeni vazduh sa pumpom tipa "Tolkien", ne zbog nepouzdanosti vakum kočnice, već zbog nedostatka rezervnih delova za bezbedan rad kočnice.

1.3. Kola uzanog koloseka

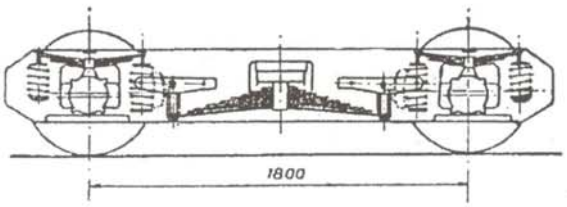
Na ovim prugama korišćena su kola prema nameni i to:

1. Putnička kola 2 i 4-osovna
2. Službena kola
3. Poštanska kola
4. Teretna kola

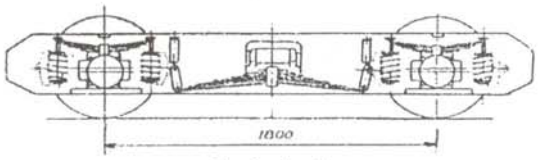
Pri izgradnji četvoroosovnih kola glavno je bilo izabrati tip obrtnog postolja, koje bi zadovoljilo sve tehničke uslove eksploatacije na prugama uzanog koloseka, kako u pogledu mirnoće hoda tako i pogledu što lakšeg, boljeg i jeftinijeg održavanja u službi.

U izgradnji su se koristila četiri različita tipa obrtnih postolja od kojih su neka nabavljena u inostranstvu kod renomiranih firmi za izradu kola kao što su:

Linke-Hofmann-Werke Breslau (tip "Breslau I" i "Breslau II")

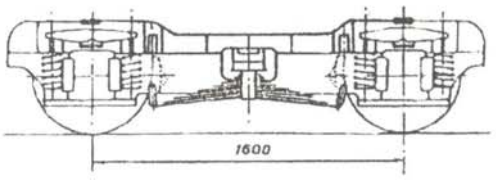


Tip Breslau I



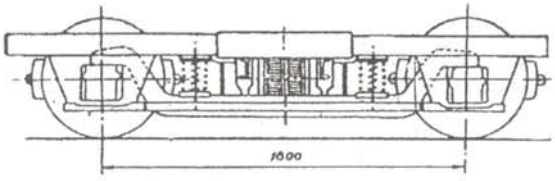
Tip Breslau II

Vumag-Waggon Maschinenbau Aktiengesellschaft Görlitz (tip "Görlitz")



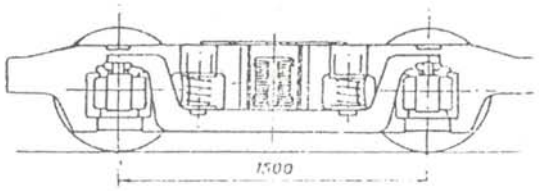
Tip Gerlic

Ungarische Wagonnfabrik A.G. (tip "Györ")

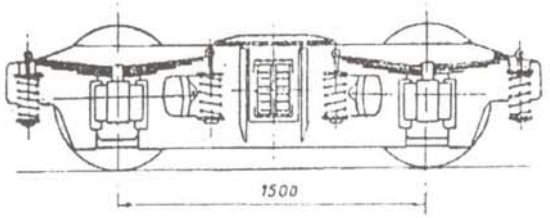


Tip Đer

Dva obrtna postolja domaće proizvodnje tip "Sarajevo I" sa guskom po projektu inž. Vladimirovića i tip "Sarajevo II" po projektu inž. Antonijevića, vodeći računa o težini, tako da težina obrtnih postolja bude u okviru propisane najveće težine kola, a da ne idu na uštrb težine kola i ostale opreme.



Tip Sarajevo I



Tip Sarajevo II

Nakon mnogobrojnih proba vršenih 1940 godine na različitim tipovima obrtnih postolja napravljena je sledeća rang lista:

- U pogledu mirnoće hoda:
  Sarajevo II, Sarajevo I, Breslav II, Gerlic, Đer.
- U pogledu nadzora u službi najpovoljniji tip je:
  Sarajevo II, Breslav II, Gerlic, Đer, Sarajevo I, Breslav I.
- U pogledu sigurnosti hoda obrtnih postolja:
  najpouzdanije je bilo postolje tipa Sarajevo II.

1.3.1. Putnička kola

Oznake serija putničkih kola uzanog koloseka su:

A - kola 1. razreda
B - kola 2. razreda
C - kola 3. razreda
AB - kola 1. i 2. razreda
ABC - kola 1.,2. i 3. razreda
BC - kola 2. i 3. razreda
E - kola 4. razreda

Podserije putničkih kola uzanog koloseka su:

e - troosovinska kola
l - kola za lokalne pruge
m - kola uža od normalnog tipa
n - dvoosovinska kola
o - kola sa bočnim ulazima u svaki odeljak
s - kola sa hodnikom sa strane

1.3.2. Teretna kola

Oznake serija teretnih kola uzanog koloseka su:

G - zatvorena kola
H - kola sa rešetkastim zidovima
J - otvorena kola čije se stranice mogu skidati
K - otvorena kola za ugalj i rudu
L - plato kola sa stupcima
M - zatvorena kola na dva sprata za sitnu stoku
N - zatvorena kola sa kavezom za živinu
O - kola bez stranica sa dva nezavisna postolja
P - kola bez stranica sa spuštenim podom
R - kola cisterne
S - otvorena kola sa obrtnjima
T - kola bez stranica

Podserije teretnih kola uzanog koloseka su:

a - kola američkog tipa sa čeličnim sandukom
b - kola bez kočnice
c - kola sa vazdušnom kočnicom
d - kola od 10t nosivosti (otvorena)
e - troosovna kola
g - kola sa vodom za parno grejanje
k - kola za prevoz kabaste robe
l - kola za prevoz mesa
m - kola uža od normalnog tipa
n - dvoosovna kola nosivosti 10t
r - kola sa ručnom kočnicom
s - kola sa niskim stranicama
v - kola sa vazdušnom kočnicom
z - kola sa većom tovarnom zapreminom

Namena kola:

Serija - Geg, za kabastu robu do 15t.
Serija - Gac, za kreč i cement.
Serija - G,Gc,Ge,Gce, za masovnu robu zapremine od 26 do 32m^3.
Serija - Gel, za pokvarljivu robu.
Serija - H,He, za voće i povrće.
Serija -M, za sitnu stoku i uređaja za hranjenje i napajanje, tovarne težine 10t a dužine 10,24m.
Serija - L,Lc,Lev, plato kola za prevoz trupaca šina i sl., tovarne težine 12 do 15t.
Serija - J,Jc,Jr,Jrc, sa visokim stranicama koje se skidaju, tovarne težine 7,5; 10 i 15t, a dužine 8,25m; a kola Jn dugačka su 4m.
Serija - Js,Jsc,Jsrc,Jesc, za prevoz peska, kamena, rude i sl., tovarne težine 10 do 15t, a površine poda 14,68 do 17,32m^2.
Serija - K,Kc,Kr,Krc,Ke,Kec,Km;Kemc,Knd,Kn, za prevoz cigle, uglja, crepa, drva sa tovarnom težinom od 7,5; 10; 12; i 15t, i korisnom površinom poda 10,19 do 17,60m^2.
Serija - Kng,Kngrc, za drveni ugalj, seno i slamu; tovarne težine 6t; a zapremina 25,2 do 26,8m^3.
Serija R, bez stranica specijalne konstrukcije sa udubljenjima, tovarne težine 10t, dužine 10,24m.
Serija - R,Rc,Rn,Rnrc, tovarne težine 7; 10 i 15t, a zapremine od 55 do 190 hl.

Serija - S,Sc,Se, sa obrtnjima za prevoz dugačkih tereta u sprezi (šine) tovarne težine 10 do 15t.
Serija - T, plato kola sa više osovina 4; 6 i 8 sa spuštenim podom, tovarne težine od 22,30 i 50t; korisne dužine 9 do 14m.

Pored ovih slovnih oznaka kola su imala i svoje brojeve zavisno od vrste kola kao na primer:

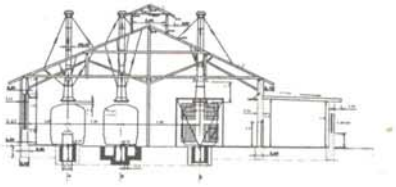
20.000 do 24.999 zatvorena dvoosovna kola - teretna nosivosti do 10t.
25.000 do 29.999 otvorena dvoosovna kola - teretna nosivosti do 10t.
30.000 do 34.999 otvorena teretna kola, troosovna nosivosti do 10t.
40.000 do 44.999 zatvorena četvoroosovna kola nosivosti do 10t, i tako do broja 94.999.

2. LOŽIONIČKI OBJEKTI

Veličina i oprema hale za pregled i održavanje voznih sredstava, stacioniranoj u šargan Vitasima, bazirala se prema lokomotivama serije 83 i 85, te je i dužina kanala i same hale usklađena sa najvećom dužinom lokomotive, u našem slučaju serije 85 (dužina preko odbojnika 17.952 mm). Na osnovu njene dužine usvojene su dužine radnih kanala nad sva tri koloseka od 20 m. Na ovu usvojenu veličinu dodati su slobodni prostori, sa čela (2 m) za manipulativan rad, kao i dužina od 4m zbog upotrebe pomoćnih sredstava pri pranju kotla u ložionici sa zadnje strane. Ukupno usvojena radna dužina ložionice iznosi 26 m, širina 17,4 m, sa visinom krovne konstrukcije od giš-a 5,7 m, prikazano na slici br.2.

Takođe treba napomenuti da će biti propisan smer ulaska lokomotiva u ložionicu da bi se postavio manji broj dimovuka (za svaki kolosek predviđen po jedan).

Hala čini koncepcijski spoj remize (koloseci 4 i 5) i ložionice (kolosek 6), i usvojena je zbog prostorno uskog terena odabrane lokacije, kao i potrebe za neophodnim pratećim radionicama.



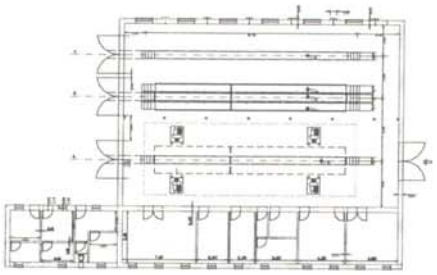
Slika 1. Poprečni presek Ložionice u šargan Vitasi-ma

Da bi ložionica mogla da odgovori zahtevu održavanja, sada specifičnih sredstava, sve radionice i prostorije smeštene su bočno, paralelno ložioničkim kolosecima, slika br.1.

Usvojena je varijanta sa sledećim prostorijama: priručni magacin za rezervne delove, alatnica, hemijska laboratorija, odeljenje armature, odeljenje zavarivača bravara i kočionih uređaja, odeljenje pregledača kola, odeljenje nege kola sa svojim magacinom hemijskih sredstava, prostorija mašinovođa i kotlara za očekivanje rada sa sobom za spavanje, garderoba sa kupatilom klozetom i umivaonicima, kancalarija rukovodioca ložionice.

Sva odeljenja će biti snabdevena potrebnim sredstvima za rad sa tim što će se pokušati naći stara sredstva koja su još u funkciji.

Pregled kola i nega obavljaće se napolju na koloseku broj 6.



Slika 2. Presek Ložionice u šargan Vitasi-ma

Hala je povezana kolosecima sa staničnim kolosecima i kolosecima za namirivanje lokomotiva, čekanje rada i dr.

3. LOŽIONIČKO OSOBLJE

Za potrebe revitalizacije šarganske osmice izvršena je dokvalifikacija i prekvalifikacija mašinovođa dizel i elektro vuče u mašinovođe parne vuče. Na prekvalifikaciji bilo je 17 polaznika.

Određena je sistematizacija potrebnog kadra za poslove održavanja i eksploatacije kao i za sve pomoćne radove. Sedam radnika je predviđeno za hitne intervencije pomoćnim kolima.

Literatura:

1.Arnautović Dragomir, "Istorija Srpskih železnica 1850-1918", Beograd 1934.
2.Milenković inž. Petar, "Istorija građenja železnice i žel. politika kod nas", Beograd 1936.
3.Ing. Marković Stevan, "Obrtno postolje uzanog koloseka", Beograd 1947.
4.Nikolić Jezdimir, "Istorija železnice Srbije, Vojvodine, Crne Gore", Beograd 1980.
5.Tehnička dokumentacij

Problemi zaptivenosti putničkih kola

Škaro Srđan[1]

Pri prolasku vozova kroz tunele stvara se talas vazdušnog pritiska. Ukoliko se ne preduzmu mere za izbegavanje ove pojave, ona može biti vrlo neprijatna za putnike. S obzirom da pritisak može negativno delovati na one koji koriste železnička vozila važno je da se tim problemom pozabave vlasnici vozila jer granica komfora direktno utiče na upotrebu kola, a to je značajno i sa medicinske strane.

***Ključne reči**: pritisak, putnici, putnička kola, zaptivenost*

1. ANALIZA DEJSTVA PRITISKA

Da bi se korisnicima putničkih kola ponudila komforna i sigurna usluga postavlja se niz uslova koje treba zadovoljiti. Pored opštih mera za postizanje komfora koje su nam uglavnom poznate, a u koje spadaju: prilagođavanje sedišta po želji putnika, prijatan enterijer, ozvučenje, audio i video uređaji, adekvatno osvetljenje, grejanje i klimatizacija, zatim valjano rešenje za sanitarni čvor, zaptivenost ima direktan uticaj na prijatan osećaj putnika.

U zadnjih 30-40 godina izučavanje delovanja promene pritiska je bitno pitanje komfora jer mora se priznati da granica komfora direktno utiče na obezbedjivanje upotrebe kola.

Generalni je stav da je rad na projektovanju zaptivenih vagona najvažnija posledica gore iznetog.

Što se konstrukcije tiče, ovi vagoni moraju da imaju neka ne standardna rešenja (npr. nemogućnost otvaranja prozora, osim u slučaju nužde za šta je osposobljena gornja četvrtina koja se na izvesnom broju prozora izvodi kao preklopni prozor) uključujući i prinudnu ventilaciju i klimatizaciju.

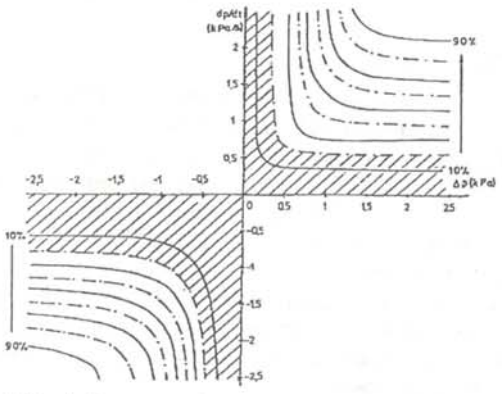
Prilikom prolaska kola kroz tunele stvara se talas promene pritiska koji može dovesti do promene pritiska unutar kola. Usled toga kod putnika se mogu javiti razna neprijatna stanja, a u ekstremnim slučajevima i bol u ušima, mučnina itd.

Zahtev za sprečavanje prodiranja talasa promene pritiska je univerzalan koji ima uporište u svim vidovima saobraćaja velikih brzina. Doduše negde je to pravi imperativ kao što je slučaj sa vazduhoplovstvom, dok na železnici je opravdan komforom putnika.

Ljudi različito reaguju na promenu pritiska. Dve veličine najviše doprinose neprijatnom osećaju putnika:

- gradijent pritiska dp/dt
- ukupna promena pritiska Δ p

Na donjem dijagramu (sl.1) prikazan je procenat ljudi koji kombinaciju ove dve promene osećaju kao neprijatnost



Slika 1. Reagovanje putnika na promene

1 Škaro Srđan dipl. ing, Viši stručni saradnik za putnička kola, Zajednica JŽ, Nemanjina 6, Beograd

Kao relevantna se uzima granica koja, određuje neprijatnosti za oko 25% putnika.

Za gradijent pritiska se preporučuje vrednost manja od 500 Pa/s, a za ukupnu promenu pritiska u intervalu od 10s vrednost manja od 1000Pa.

Mere za sprečavanje ove pojave su:

- Smanjenje brzine u tunelima
- Modifikacija geometrije tunela
- Delimično zatvaranje vozila (zatvaranje veze sa spoljašnošću)

Sve više se bira takva kombinacija koja u sebi sadrži drugu i treću mogućnost.

Na određene elemente putničkih vagona se može uticati (prilikom projektovanja i manje prilikom finalizacije) kao što su :

a) Otvori za ventilaciju

b) Vrata (bočna i čeona) i prozori

c) WC

d) Uređaji za prelaz

e) Konstrukcija kolskog sanduka

a) Sistem za ventilaciju je po svemu specifičan pa i po tome da postoje dva pravca rešavanja problema u slučaju otvora za ventilaciju. Prvi je ugradnja zatvarača u usisnom i izlaznom vodu za vazduh. U slučaju potrebe ovi otvori se brzo zatvaraju.

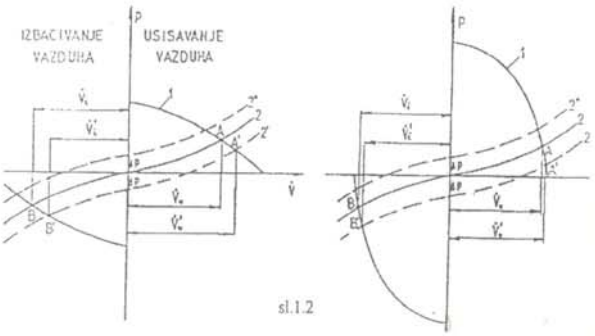
Način na koji se zadaje komanda zatvaranja može takođe biti različit, mada je jedan od najprisutnijh aktiviranje pretvarača koji reaguje na određenu razliku pritisaka. Mana je što ovaj sistem deluje u priličnoj meri inertno naročito ako se prolazi na kraćim deonicama kroz više uzastopnih tunela.

Drugi sistem je da se u izlaznom i usisnom vodu koriste ventilatori sa strmom karakteristikom napor-protok što je prikazano na donjoj slici (sl.2). Kriva 2 karakteriše otpore usisne (desna polovina) i izduvne strane (leva polovina klima instalacije. U položaju tačaka A i B (tzv. ravnotežni položaj) protoci izbačenog i ubačenog vazduha su isti

(V_u - protok ubačenog vazduha, V_i - protok izbačenog vazduha).

U slučaju da se poremeti ravnoteža (povećanje spoljneg pritiska Δ p) kriva otpora se pomera paralelno naniže u položaj 2' što automatski znači da se ventilator koji usisava vazduh rasterećuje, dok se onaj koji izbacuje vazduh opterećuje. Sada putnička kola ubaci $\Delta V' = V'_u - V''$ - i više vazduha nego što izbaci i to se može reći u svakoj sekundi. To dovodi do rasta pritiska u unutrašnjosti vagona. Strmija karakteristika ventilatora je proporcionalna komforu putnika sa aspekta osetljivosti na promene pritiska.

b) U slučaju ulaznih vrata (bočna) potrebno je omogućiti precizno zatvaranje da bi se dobilo pouzdano zaptivanje.



Slika 2. Karakteristika ventilatora

U slučaju da je dati putnička kola prvi ili poslednji u kompoziciji čeona vrata moraju biti adekvatno zaptivena. To se postiže određenim gumenim zaptivkama koje imaju mogućnost naduvavanja u određenim trenucima. Time se zatvaraju sve šupljine.

Prozorska stakla u extremnim prilikama mogu ispadati iz ležišta, i čak se lomiti.. Zbog toga se izrađuju deblja stakla, manje visine. U slučaju da prozor mora biti sa mogućnošću otvaranja, mehanizam za zabravljivanje istog treba biti kvalitetno izrađen.

c) Kod modernih vagona WC se izrađuje kao vakum što podrazumeva određenu zaptivenost

d) Sama konstrukcija kolskog sanduka je takva da postoji veliki broj otvora kroz koji struji vazduh i koji onemogućavaju idealnu zaptivenost. Svi otvori moraju imati odgovarajuće zaptivke, i ne samo to već i zaptivanje se mora izvršiti na svim onim mestima gde eventualno ima pukotina ili se sumnja (zbog nesavršenosti tehnologije) da će do njih doći.

d) Zbog pomeranja čeonih strana vagona jednog u odnosu na drugi pri vožnji vrlo je teško obezbediti u potpunosti zaptivanje. Za prelazne uređaje otporne na promenu pritiska predlaže se da u međuprostoru između vagona, pri zatvorenim čeonim vratima, gradijent pritiska bude manji od 300 Pa/s, a ukupna promena manja od 3500 Pa pri spoljašnjim promenama pritiska od +3200 Pa do ö - 4900 Pa.

Da bi se odredili efekti koje izazivaju promene pritiska potrebno je odrediti:

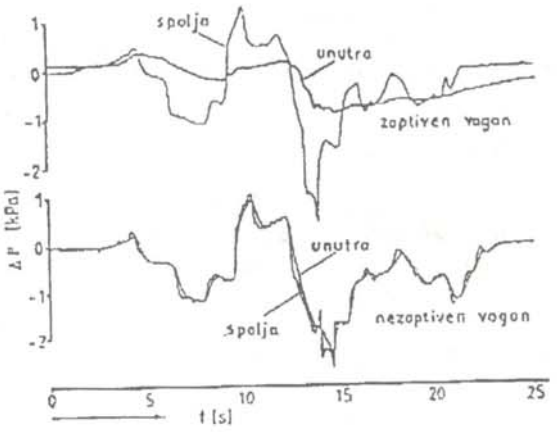
1. Nivo pritiska (kada se putnici osećaju krajnje neudobno),

2. Veličina potrebnih modifikacija u konfiguraciji tunela da bi smanjenje pritiska bilo dovoljno,

3. Potpuno zaptivanje vozila tako da unutrašnji pritisak ne prelazi dozvoljenu granicu sa aspekta komfora

Na sl.3 prikazana je promena pritiska pri mimoilaženju dva voza u tunelu pri čemu se jedan kretao brzinom 250km/h a drugi 280 km/h. U

okviru iste slike na donjoj polovini su prikazana putnicka kola kod kojih nisu sprovedene mere zaptivanja, dok je na gornjoj prikazana putnicka kola kod kojih su sprovedene mere zaptivanja.



Slika 3. Promena pritiska izmerena kod Nemačkih železnica

Iz priloženog se uočava tipična pojava talasanja. Isto tako može se uočiti kod zaptivenih kola da promena pritiska u unutrašnjosti ne prati promenu pritiska u spoljašnjosti što zapravo predstavlja cilj zaptivanja.

Pitanjem promene pritiska unutar putničkih kola i uopšte zaptivenosti se bave i institucije kao što su UIC (Union International Chemine de fer) i ERRI (Europian Railway Reasearch Institute). Na sastanku Pod komisije "Putnička kola" januara ove godine ERRI je prezentovao Studiju o promeni pritiska unutar vagona. Naime ova Studija je izložena u manjem obimu ali govori o predpostavkama koje mogu biti smernice za dalje. Ona nam daje :

- Efekte koje promena pritiska u unutrašnjosti vagona prilikom prolaska kroz tunel izaziva kod ljudi
- Izvedene konstrukcije vozila izložene pritisku

Iako se po internacionalnim standardima ograničava vrednost promene pritiska da bi se zadovoljio odredjeni stepen komfora, UIC (Komisija za infrastrukturu) je nedavno donela studiju o preporučenoj vrednosti promene pritiska koja bi trebala da se se uzme kao reper.

U nastavku, unutar studije se nalaze podaci o uticajima promene pritiska na samo zdravlje ljudi sa medicinskog aspekta. UIC (Komisija za infrastrukturu) je nedavno izdala preporuke za obaveznu zdravstvenu zaštitu pri odredjenim operativnim poslovima na železničkoj mreži Evrope što uključuje i prolaske kroz tačno određene tunele određenim brzinama.

Medjutim, pojedina istraživanja u pravcu dejstva pritiska na komfor putnika su uradjena u okviru nacionalnih transportnih preduzeća, dok su pojedina u okviru i zajedno sa UIC/ERRI-om. Sam razvoj u smislu konstrukcije koji je proistekao iz tih istraživanja često je tekao nezavisno u okviru preduzeća. Sve je to bilo ponekad pokriveno velom tajnovitosti..Velika vrednost novih tehnologija uključujući investicije za projektovanje i konstrukciju novih kola, rezultiralo je baš zbog toga, malom pristupu rešenjima za ostale.

Izdvojene iz prethodne studije, veliki broj informacija je dobijeno zahvaljujući ranijim radovima Specijalističke grupe ERRI C 223 koji su prezentovani i o kojima se diskutovalo na Konferenciji ERRI-ja koja se održala u Utrehtu 12 - 13. oktobra 1999. godine pod nazivom *Cena zaptivenih kola*.

Što se tiče infrastrukture razmatranja umanjenja granice pritiska odnose se na:

- Pravce gde postoji smanjenje kako broja tako dužine tunela
- Pravce sa velikom frekvencijom što može dovesti do povećanja pritiska

2. PROJEKTOVANJE ZAPTIVENIH PUTNIČKIH KOLA

Većina prošlih istraživanja i radova na temu zaptivenih vozila na pritisak imala je za cilj da odredi tačke isticanja vazduha iz unutrašnjosti kola (kao što su vrata, prozori, sistem ventilacije, prolazi i toaleti) i pritisak na strukturu vozila koji izaziva elastične deformacije same strukture i komponenata vozila. Problemi vezani za ove stvari su se vremenom razjašnjavali tako da su same fabrike došle do rešenja i približile se zadovoljavajućoj bezbednosti.

U isti mah definisanje dejstva pritiska i standardna procedura merenja ili provere varira od jednog proizvodjača do drugog, i može izazvati konfuziju izmedju korisnika kada su uključene različite zemlje (železničke uprave).

Iako se najveći broj proizvodjača saglasio sa relativno jednostavnim statičkim merenjima (u toku proizvodnje i pre isporuke) postoji opšta saglasnost za preciznim odredjivanjem zahteva za dinamičkim merenjima. Usled toga ispunjenje sledeća dva zahteva je primarno za dalji rad:

- Standard u definiciji parametara za ocenjivanje stepena zaptivenosti vozila
- Standard u merenju pritiska (statički i dinamički).

Japanski stručnjaci su radili na novom konceptu provetravanja pod pritiskom koji u sebi uključuje kontrolu naglih i brzih promena unošenja i izvlačenja struje vazduha koja može biti od pomoći sistemu zaptivanja vagona kako da održi pritisak u unutrašnjosti kola ili da smanji gradijente pritiska kasnijih promena.

Mnogo toga u slučaju razvoja ovog koncepta se razmatralo sa praktične i strane optimizacije već stvorenog uređaja za provetravanje i njegovog sistema kontrole sa naročitim naglaskom na njegovoj težini, gabaritima, trošenju snage, buku unutar putničkog prostora i cenu.

Ipak, nudi nam se potencijalna aktivna pomoć u zaptivanju kola, i izjednačenje u slučaju isticanja vazduha pri korišćenju kola (između dve opravke).

Slične preporuke u vezi sa gore pomenutim problemom, koje su bazirane na experimentima, dolaze iz Velike Britanije. Naime koristeći ventilatore da pred-ubrzaju struju vazduha u tunelima smanjenjuju promenu pritiska.

Tokom pomenutog sastanka ERRI-a zauzet je generalni stav da treba nastaviti rad na pronalaženju optimalnih uslova za, pre svega, anuliranje talasa promene pritiska a sve u cilju povećanja komfornijeg prevoza putnika .

Na kraju bi se osvrnuo na ispitivanje kola tipa Z1 proizvodnje *GOŠA* održanog 1999. godine. Ono što je bitno jeste da se prilikom ispitivanja kolskog sanduka stvara nad odnosno, pod pritisak od 3600 Pa. Iz tog razloga sama noseća struktura je izložena određenim naponima i deformacijama. Ipak ti naponi ne ugrožavaju samu strukturu vozila. Smatra se da deformacija predstavlja komponentu promene pritiska unutar putničkih kola.

Interesantno je videti deformacije koje se javljaju prilikom ispitivanja. Naime na sredini kola vrednost proračunate deformacije iznosila je oko 20mm, dok je najveća deformacija na trećem stubu, gledajući od čeonih vrata, iznosila 29 mm. Veličina deformacije izmerena na putničkim kolima vlasništvo DB-a (Nemačke železnice) iznosi 6-10 mm. Razlog ovim velikim deformacijama Z1 putničkih kola (koje svakako mogu uticati neprijatno na putnike) leži u nesavršenosti izrade oplate tj. unošenje i drugih elemenata kao što su izolacija i unutrašnja estetska oplata.

Što se tiče samog ispitivanja problemi su se javili u nezaptivenosti bočnih i čeonih vrata, neadekvatne zaptivenosti izduvne rešetke klima uređaja na krovu (loše zavarena za sanduk).

2. LITERATURA

(1) Aškoviċ T., Aškoviċ P.: Hidraulika i pneumatika, Mašinski fakultet, Beograd 1994

(2) Milkoviċ D.: Diplomski rad-Zaptivenost putničkih vagona za V=200km/h

(3) Lučanin V., Simiċ G., Šotra V.: Ispitivanje sopstvenih oscilacija Bt kola tipa Z1, Mašinski fakultet, Beograd 1998

PROBLEMS WITH PREASSURE-SEALING COACHES

Srđan Škaro

When trains passt hrought tunnels at high speed rapid air pressure disturbance are created. Unless particular precautions are taken these can be very uncomfortable for the occupations of those trains and of other trains being passed. With regard to the effects of pressures on people, this is importan, to the operators because choose the comfort limits have direct influence on service coaches, and also on health pessangers.

Key words: *preasure, passenger, coaches, sealing*

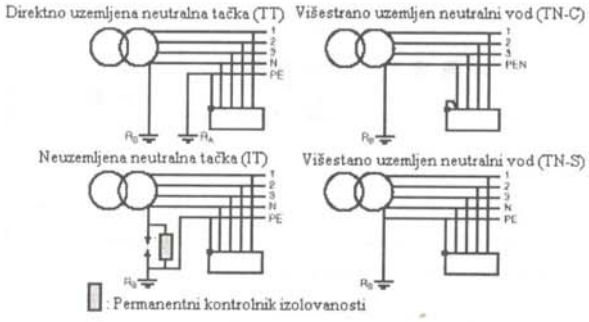
Savremena selektivna kontrola izolovanosti električnih mreža

Savo Jelić, Mila Papić, Lazar Gruić[1]

Rezime: *U okviru podsećanja na različite sisteme uzemljenja i uz njihovu uporednu analizu detaljnije je prikazan sistem neuzemljene neutralne tačke – IT sistem: karakteristike, prednosti i nedostaci, oblasti primene. Glavninu rada čini opis zaštita IT sistema, među kojima centralno mesto zauzima selektivna zaštita mreža razvijena primenom mikroračunarske tehnike. Pored zaštite napojnih mreža prikazana su rešenja za detekciju kvara u upravljačkim jednosmernim instalacijama bez isključivanja. Posebno poglavlje čini zaštita motora od ponovnog priključenja u slučaju nedovoljne izolovanosti. U završnom delu rada prikazana su iskustva sa ugradnjom i eksploatacijom selektivnih kontrolnika izolovanosti i naznačeni komunikacijski aspekti i savremene elektronske komponente koje se koriste u novoj seriji domaćih kontrolnika izolovanosti.*

1. SISTEMI UZEMLJENJA I IZOLOVANI SISTEMI

Pre prelaska na problematiku kontrole izolovanosti podsećamo da su standardom Međunarodne elektrotehničke komisije (IEC) 60364 utvrđena tri glavna sistema uzemljenja mreža, ilustrovana slikom 1. Cilj ovog i drugih IEC propisa je stvaranje normativnih osnova za zaštitu ljudi i imovine.



Slika 1. Tri glavna sistema uzemljenja TT, TN i IT.

Sistemi se identifikuju sa dva slova od kojih prvo označava vezu neutralne tačke transformatora, a drugo veze kućišta električnih uređaja. Slovom T se obeležava veza sa zemljom, a slovom I izlovanost od zemlje. Oznaka N je za kućište vezano za neutralni provodnik, koji je na početku instalacije uzemljen.

Kod TN sistema neutralna tačka transformatora je uzemljena, a kućišta električnih potrošača vezana na neutralni provodnik. Ovaj tip sistema može biti bilo TN-C, kad su kombinovani neutralni vod (N) i zaštitno uzemljenje (PE) ili TN-S, kad su oni razdvojeni. U okvirima TN postoji i složeni sistem TN-C-S. Fazni zemljospoj se kod ovog sistema javlja kao kratak spoj koga isključuje kratkospojna zaštita.

Kod TT sistema su uzemljeni neutralna tačka transformatora i kućišta električnih potrošača. Ovde je struja zemljospoja ograničena impedansom uzemljivača. Zaštitu od zemljospoja se obavlja shodno rezidualnoj struji.

Organizacija IT sistema počiva na teoretski neuzemljenoj neutralnoj tački transformatora. Praktički je neutralna tačka prirodno uzemljena preko rasipnih kapacitivnosti kablova prema zemlji

[1] Prof. dr Savo Jelić, dipl. inž., Beograd, Nevesinjska 2; Mila Papić, dipl. inž., Minel Automatika, Beograd, Rovinjska 14; Lazar Gruić, dipl. inž. Minel Automatika, Beograd, Rovinjska 14.

i, naravno, preko impedanse kontrolnika izolovanosti. (Neki preporučuju da se paralelno kontrolniku postavi i impedansa od oko 1.500 Ω za 50 Hz). Kućišta potrošača su i ovde uzemljena. Kad se kod ovog sistema desi zemljospoj onda, preko rasipnih kapacitivnosti, teče mala struja koja na uzemljivaču kućišta razvija mali, neopasan napon. Tek ako se, pre nego što se kvar otkloni, desi zemljospoj druge faze onda se kućišta potrošača dižu na potencijal koji razvija struja zemljospoja što teče kroz zaštitni provodnik koji ih povezuje. Neophodnu zaštitu u tom slučaju preuzimaju uređaji koji dejstvuju na rezidualnu struju (kad kućišta imaju posebne uzemljivače) odnosno kratkospojna zaštita (kad su kućišta vezana na zaštitni provodnik PE).

Iako svi sistemi uzemljenja nude korisnicima isti stepen sigurnosti lica (u slučaju pravilno izvedene instalacije), oni nemaju iste radne karakteristike. To je razlog zbog koga se u nekim zemljama zakonom ili standardima uslovljava primena pojedinih sistema uzemljenja. Tako je na primer u Francuskoj obavezna primena IT sistema u operacionim salama, a zabranjen TN-C sistem u prostorijama u kojima postoji opasnost od požara. Nezavisno od tih zakona i propisa treba reći da su za izbor sistema uzemljenja ključna pitanja pouzdanosti u koja spadaju sigurnost, raspoloživost, prikladnost za održavanje i uslovi za pravilan rad slabostrujaških komunikacionih sistema.

Rasprostranjenost sistema uzemljenja u javnim distributivnim mrežama od evropskog severa prema jugu ide, prema [1] ovako: IT sistem Norveška, TN-C Nemačka, TT Francuska. Za naš aktuelni politički i privredni trenutak interesantno je da se u Kini, koja je dugo bila pod uticajem ruske stručne regulative (ruski je jedan od tri službena jezika u Međunarodnoj elektrotehničkoj komisiji – IEC, koja donosi propise iz ove oblasti) koriste sva tri ssitema: IT tamo gde je od vitalnog značaja neprekidnost napajanja i tamo gde postoji realna opasnost za lica (bolnice); TT se koristi u javnoj distribuciji a i u industriji i tercijarnom sektoru, ali sve manje, možda stoga što se retko koristi vremenska diskriminacija; za velike projekte se sve više koristi TN-S, dok je TN-C, koji je nastao u SSSR-u, potpuno izbačen.

Smatra se da ne treba insistirati na celovitosti sistema uzemljenja i da ih je u jednoj istoj mreži moguće, čak i preporučljivo, mešati [1].

Na osnovu uporednih analiza u jednom skorijem radu posvećenom IT sistemu [2] objavljen je zbirni pregled prednosti i nedostataka raznih sistema uzemljenja koga reprodukujemo na sledećoj slici 2. U tabelu nisu uneti dodatni troškovi za IT sisteme (kontrolnik izolovanosti). Te troškove bi trebalo porediti sa finansijskim gubicima koje prouzrokuje prekid rada posle prvog kvara. U odnosu na ukupne troškove za period izgradnje i eksploatacije od 10 do 20 godina smatra se da su sva tri sistema ekvivalentna [1].

	TT	TN-C	TN-S	IT
Sigurnost lica (perfektna instalacija)	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■	■ ■ ■
Sigurnost opreme ■ od požara ■ zaštita mašina od zemljospoja	■ ■ ■ ■ ■ ■	□ □	□ □ □	■ ■ ■ ■ ■ ■
Raspoloživost električne energije	□ □	□ □	□ □	■ ■ ■ ■
Elektromagnetna kompatibilnost	□ □	□	□ □	□ □
Radnici na instalisanju i održavanju ■ stručnost ■ raspoloživost	■ ■ □	■ ■ ■ ■ □ □	■ ■ ■ ■ □ □	■ ■ ■ ■ ■ ■
■ ■ ■ ■ odlična ■ ■ ■ dobra □ □ osrednja □ slaba				

Slika 2. Zbirni pregled prednosti i nedostataka raznih sistema uzemljenja

2. PODRUČJA PRIMENE IT SISTEMA

Prednost IT sistema nad ostalim je, kako se sa slika 2 vidi, izrazita tamo gde je važan kontinuiitet snabdevanja električnom energijom (visoka raspoloživost) i gde postoji opasnost od požara. IT sistem omogućuje kontinualno snabdevanje zahvaljujući mogućnosti nastavka rada mreže i posle prvog zemljospoja, a otporan je na opasnosti od požara zbog malih struja zemljospoja. Nedostaci su mu što se mora raspolagati opremom za utvrđivanje zemljospoja i što mora

postojati služba održavanja, čija je dužnost da otkloni kvar pre drugog zemljospoja. (Verovatnoća uzastopne pojave dvaju zemljospoja je, inače, mala. Računica verovatnoće zasnovana na predpostavci da se zemljospoj javi jednom u tri meseca i da se istog dana otkloni pokazuje da srednje vreme između dva "dvostruka zemljospoja" iznosi 22 godine. Računom verovatnoće uz korišćenje Markovljenih lanaca dolazi se do podatka da je raspoloživost IT sistema 91 puta bolja od TT i TN sistema [1]).

Važnost kontinualnog snabdevanja energijom je očigledna. Od vitalnog je značaja da se izbegnu prekidi napajanja. Neplanirani prekid napajanja donosi neugodnosti i rizik za ljude zbog, na primer, nestanka svetla; dovodi do isključenja iz rada sigurnosne opreme; donosi ekonomski rizik zbog gubitka proizvodnje i dr. Ova se opasnost posebno mora izbegavati u procesnoj industriji koja je razuđena i kod koje je skup ponovni start.

Rizik od požara zaslužuje posebnu pažnju pri izboru sistema. Požar može imati dramatične posledice i za ljude i za imovinu. Veliki broj požara prouzrokuje visok porast temperature ili električni luk koji se javljaju kao posledica oslabljene izolacije odnosno zemljospoja. Opasnost od požara je to veća što su veće struje zemljospoja, a zavisi i od lokalnih uslova koji mogu pogodovati širenju vatre i eksploziji. Elektricitet je, inače, čest uzrok požara. Prag rizika od požara je po standardu (NF C 15-100, deo 482.2.10) 500 mA pri zemljospoju. Zaštita od rezidualnih struja se ne postavlja na vrednosti veće od 500 mA zato što je potvrđeno da struja od samo 500 mA može dovesti do žarenja dvaju metalnih delova koji dolaze u slučajan dodir.

Važno je napomenuti i da je IT sistem jedini sistem uzemljenja koji nadzire izolovanost i neutralnog provodnika, što je značajno u odnosu na TN-S koji, neprimetno, kad je neutralni-PE vod u zemljospoju, može da pređe u TN-C sa porastom rizika od požara. Zbog toga što je struja prvog zemljospoja kod IT sistema posebno niska taj sistem je izabran za mnoga postrojenja u kojima postoji opasnost od požara i eksplozije. Štaviše, prvi kontrolnici izolovanosti su bili primenjeni u rudnicima u kojima ima zapaljivih gasova.

IT sistem je superioran u odnosu na ostala dva sistema u pogledu kontinuiteta funkcionisanja upravljačkih i nadzornih kola, a jednu od sitnijih prednosti donosi mu veći dozvoljeni otpor uzemljenja, na čiju su veličinu drugi sistemi osetljivi.

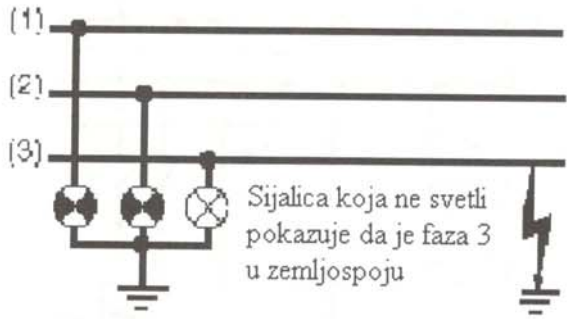
Ograničenja i mere opreza pri korišćenju IT sistema vezana su za mreže čija je kapacitivnost prema zemlji veća od 70 μF i za prisustvo filtera u računarskim uređajima kad se više od tri radne stanice napaja sa iste faze. Kod postrojenja veoma niskog otpora izolovanosti (indukcione peći, aparati za lučno zavarivanje) kao i kod vrlo starih kablova IT sistem se "transformiše" u TN ili TT pa bi kontrolnik stalno davao uzbunu. Mere opreza pri primeni IT sistema u mrežama napajanim iz više izvora svode se na izbor mesta za postavljanje kontrolnika ili na njihovu međusobnu komunikaciju.

Navedene prednosti predodređuju mesta za primenu izolovanih mreža. Izrazite oblasti primene su: rudnici, bolnice, visoke zgrade, podzemne stanice, računarske sale, saobraćajna sredstva (železnička vozila, brodovi, aerodromi), električne centrale, rafinerije, hemijska postrojenja, ispitni i laboratorijski uređaji, postrojenja ugrožena eksplozijom, sigurnosno osvetlenje i pokretni električni generatori.

3. RAZVOJ I KARAKTERISTIKE ZAŠTITNIH UREĐAJA

Izolovane mreže dobijaju svoj puni značaj kad su štićene kontrolnicima izolovanosti.

Kao prvi kontrolnik služile su tri sijalice postavljene po šemi sa slike 3. Kad je mreža zdrava sve tri sijalice sijaju jednakim sjajem. Kad se desi zemljospoj jedna od tri sijalice je kratkospojena impedansom zemljospoja. Napon na njenim krajevima se smanjuje i osvetljaj joj slabi. Napon na krajevima drugih dveju raste dok se ne dostigne međufazni napon, pa se njihov osvetljaj povećava. Prikazani kontrolnik je bio primenjivan na niskonaponskim mrežama. (Prve niskonaponske distributivne mreže su, inače, radile koristeći IT sistem.)

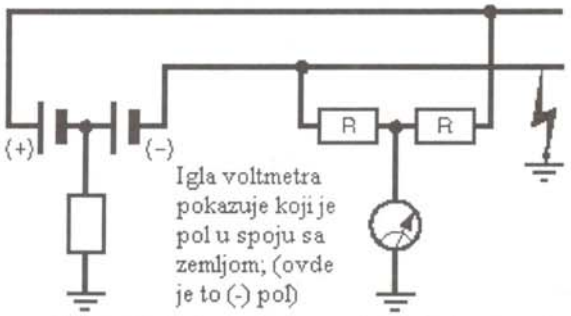


Slika 3. Princip rada prvog kontrolnika izolovanosti.

Ovaj sistem je lak za instalisanje i korišćenje ali je, zbog niskog radnog praga i nastojanja da se otkrije slabljenje izolovanosti pre no što dođe do direktnog zemljospoja, brzo napušten.

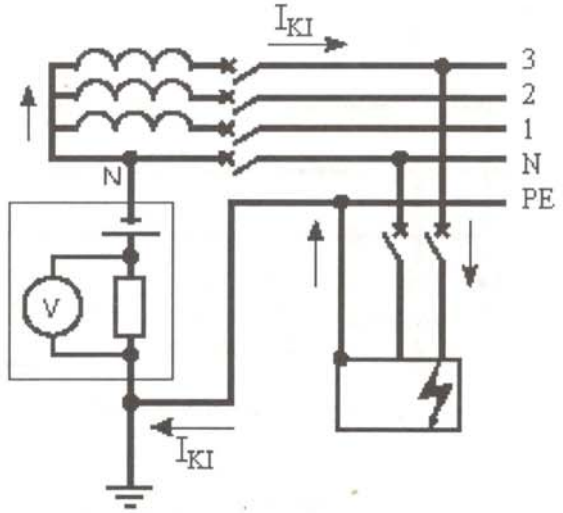
Za kontrolu izolovanosti jednosmernih mreža prva je primenjena tehnika simetrično postav-

ljenog voltmetra, ilustrovana slikom 4. Ova tehnika se još i danas koristi, iako ne dozvoljava da se kvar traži dok je mreža u radu. O našim rešenjima sa kojima je moguće tražiti mesto kvara bez prekida napajanja biće reči u sledećem poglavlju.



Slika 4. Princip rada kontrolnika izolovanosti jednosmerne mreže pomoću voltmetra

Za kontrolu izolovanosti naizmeničnih mreža najčešće se koriste kontrolnici koji u mrežu ubacuju slabu jednosmernu struju i mere njenu jačinu, obrnuto proporcionalnu otporu izolovanosti. Za razliku od dva prvoprikazana pasivna ovo je aktivan, a jednostavan i pouzdan sistem koji se još uvek primenjuje. Glavni mu je nedostatak što ne omogućuje traženje kvara dok mreža radi. Kad se ovakav kontrolnik koristi u mešovitim mrežama u kojima ima ispravljača bez galvanske izolacije, kontrolnik može biti ometen ili "prevaren" u slučaju zemljospoja na jednosmernom delu mreže. Naša prva iskustva sa kontrolnicima zasnovanim na ubacivanju jednosmerne struje u štićenu mrežu stečena su još početkom osamdesetih godina [3].



Slika 5. Princip rada kontrolnika izolovanosti sa ubacivanjem jednosmerne struje

Iza ovih "jednosmernih" kontrolnika došli su naizmenični koji su u mrežu ubacivali naizmeničnu struju niske učestanosti, ispod 10 Hz i, kao i predhodni "jednosmerci", određivali impedansu izolovanosti mereći struju koja teče između mreže i zemlje. Sa ovim kontrolnicima je bilo moguće tražiti mesto kvara dok je mreža u radu, ali ih mogu "zavesti" kapacitivnosti kablova, koje kontrolnik vidi kao mesta oslabljene izolacije, a rad im mogu da ometaju i pretvarači učestanosti (kontroleri promenjive brzine).

Za sve jednosmerne i naizmenične mreže i njihove sprege danas postoje valjani kontrolnici izolovanosti dve vrste:

- jedni koriste talas pravougaonih impulsa vrlo niske učestanosti (≈ 1Hz), koji onemogućuju rasipne kapacitivnosti prema zemlji da ometaju rad kontrolnika, jer se one neposredno posle punjenja prazne primenom sledećeg niza impulsa suprotnog polariteta. Kontrolnici ovog tipa su od univerzalne upotrebe i lako se prilagođavaju modernim mrežama, naročito onim koje napajaju uređaje energetske elektronike koji često deformišu naizmenični impuls. Vreme odziva im, međutim, pošto zavisi od rasipne kapacitivnosti mreže prema zemlji, može iznositi i nekoiliko minuta pa onemogućuje otkrivanje intermitentnih zemljospojeva.
- drugi koji u mrežu ubacuju struju niske učestanosti (reda 10 Hz), ali mere ne samo jačinu struje koja se kroz impedansu zemljospoja vraća u kontrolnik, nego i fazu između struje i napona, pa pomoću fazne razlike iz izmerene impedanse zemljospoja sračunavaju rezistivnu komponentu. Rezistivna komponenta je, inače, ona prema kojoj se određuju pragovi reagovanja kontrolnika izolovanosti. Ovom klasom uređaja, u koju spadaju i naši selektivni kontrolnici, kompenzuju se ograničenja u primeni kontrolnika za veoma duge mreže i za mreže sa velikim brojem kapacitivnih filtera.

STANDARDI I PROPISI ZA KONTROLNIKE IZOLOVANOSTI

Za kontrolnike izolovanosti postoji više nacionalnih i internacionalnih propisa. Najdetaljniji su VDE i DIN/VDE 0413, a među najstarije spadaju francuski propisi. Važeći francuski standard je NF-C-15-100. U toku je harmonizacija nacionalnih standarda zemalja evropske zajednice u zajedničke EN norme, od kojih je za ovu oblast "nadležan" EN 50197-8. Od drugih međunarodnih standarda najznačajniji je IEC 61557-8, koji postoji od februara 1997 [8] i najnoviji je u odnosu na gore navedene. U njemu su date obavezne odredbe za sve trajne kontrolnike izolovanosti nezavisno od principa merenja i otpora izolova-

nosti neuzemljenih naizmeničnih, jednosmernih i sistema naizmeničnih mreža koje sadrže ispravljače napajane bez galvanske izolacije.

U pogledu praga delovanja kontrolnika izolovanosti, IEC određuje da treba biti manji od minimalne vrednosti otpora izolovanosti predmetne instalacije tj. da bude veći ili jednak 500 kΩ za niskonaponsku mrežu nominalnog napona većeg ili jednakog 500 V. Pomenuti francuski propis je za oko 20% blaži. Mora se međutim praviti razlika između otpora izolovanosti same instalacije koji uzima u obzir jedino razvod i izolacionog nivoa mreže i na nju priključenih mašina i upravljačke prekidačke opreme. S tim u vezi se smatra razumnim [2] da se za prag delovanja kod normalne industrijske niskonaponske instalacije uzme između 500 i 1000 Ω, a da se za prag opomene, namenjen preventivnom održavanju, uzme oko 10 kΩ [2]. (Uz to se napominje da kratke mreže treba da imaju viši prag opomene.) Blizu ove brojčane vrednosti su i odredbe našeg zakonskog akta kojim se reguliše kontrola izolovanosti rudničkih izolovanih mreža [10], kojim je prag opomene određen na 50 Ω/V nominalnog napona, a prag delovanja kontrolnika na 20 kΩ/V. Neki autori [9] smatraju da je dobra izolacija rudničkih postrojenja ako je otpor izolovanosti veći od 100 Ω/V, da je snižena ako je on manji od 100 Ω/V, a da je nedovoljna ako je manji od 20 Ω/V, pa predlažu granični otpor izolovanosti za metanske jame između 20 i 40 Ω/V, a za ostale rudnike 20 Ω/V. Za metanske jame se zahtevaju strožiji kriteriji tako da se za napone napajanja do 1000 V smatra da je kod njih izolacija dobra ako ima 1000 Ω/V, da je dovoljna ako ima više od 100 Ω/V, da se privremeno može tolerisati 40 ÷100 Ω/V, da je nedovoljna ako je manja od 40 Ω/V, a da je opasno i da mrežu treba isključiiti ako je otpor izolovanosti manji ili jednak 20 Ω/V. Uz to se zahteva da niukom slučaju, bez obzira na napon napajanja, prag isključenja ne sme nipošto da bude manji od 10 kΩ.

4. SELEKTIVNI I DRUGI DOMAĆI KONTROLNICI

Pre prelaska na prikaz modernih selektivnih kontrolnika izolovanosti i njihovih primena i atributa pomenimo dva proizvoda zasnovana na ubacivanju jednosmerne struje u kontrolisanu mrežu odnosno objekt. Reč je o kontrolniku naizmenične mreže MKI 211 i o kontrolniku izolovanosti motora MKI 212 (slovima MKI označavaju se Minelovi Kontrolnici Izolovanosti). Izrada ovih dvaju, a u krajnjoj liniji i razvoj i izrada familije selektivnih kontrolnika izolovanosti MKI 200, oslanjaju se na iskustva stečena sa kontrolnicima izolovanosti dizel-električnih lokomotiva od kojih je prvi napravljen davne 1968. godine [3]. To je bilo prvo domaće tranzistorsko rele zemljospoja odnosno kontrolnik izolovanosti, napravljeno u istoj dekadi kad se u svetu prvi put pojavio tranzistorski kontrolnik sa ubacivanjem jednosmerne struje u mrežu Vigilohm TA. Taj prvi jugoslovenski kontrolnik je doživeo nekoliko unapređenja, među kojima je najinteresantnije ono objavljeno na skupu posvećenom regulaciji, automatizaciji i elektronici JUREMA [4]. Kasnije su objavljeni radovi o problematici zemljospojne zaštite električnih monofaznih lokomotiva [5], nastali na osnovi kritičke analize rešenja koje je proizvođač lokomotiva ugradio na prototip tiristorske lokomotive JŽ serije 442.

Pri izradi svih kontrolnika koje ovde predstavljamo uvaženi su zahtevi IEC standarda 61557-8.

4.1 Kontrolnik izolovanosti niskonaponske naizmenične mreže MKI 211

Namena. Kontrolnik MKI 211 namenjen je zaštiti izolovane naizmenične niskonaponske mreže od zemljospoja. Zaštita je preventivna i obavlja se u dva stepena. Pri slabljenju izolovanosti mreže prema zemlji ispod prvog praga (po pravilu ispod 50 oma po voltu nominalnog napona mreže) kontrolnik daje zvučnu opomenu, a pri otporu izolovanosti manjem od 20 Ω/V isključuje mrežu iz rada. Ovi se poslovi obavljaju preko pripadajućih relea koji funkcionišu na radnu struju. Od akcije isključenja moguće je, na zahtev korisnika, odustati, te odgovarajući signal koristiti za dodatnu uzbunu ili za druge mere upozorenja i opreza. Na zahtev korisnika mogu se zadati i pragovi delovanja različiti od navedenih 50 odnosno 20 Ω/V.

U kontrolnik MKI211 se, opciono, pored navedenih izvršnih relea i prateće upravljačke elektronike, ugrađuje ommetar na kome se prikazuje tekuća vrednost otpora izolovanosti. Taj ommetar služi i za proveru ispravnosti kontrolnika koja se obavlja pritiskom na taster "PROBA".

Princip rada. Rad kontrolnika MKI 211 se zasniva na proizvodnji jednosmernog napona i njegovom ubacivanju u naizmeničnu mrežu. Ubacivanje se obavlja tako što se pozitivni kraj jednosmernog izvora, preko prikladne sprege, priključuje na naizmeničnu mrežu, a negativni kraj jednosmernog izvora na zemlju. Kontrolnik meri jednosmernu struju koja pod dejstvom tog izvora teče kroz otpor izolovanosti između mreže i zemlje. Što je ta struja veća to je otpor izolovanosti manji, pa se tako, na osnovu jačine struje i poznatog napona

pod kojim se ona ubacuje u mrežu, sračunava otpor izolovanosti. Tekući otpor izolovanosti se meri i prikazuje na ugrađenom instrumentu.

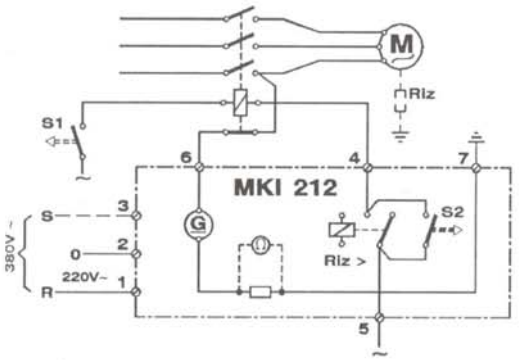
Funkcija otpornika se može premostiti, odnosno resetovati tj. vratiti elektronska kola i rele u početno stanje, pritiskom na taster "RESET".

O priključenju kontrolnika na mrežu i o njegovom napajanju svedoči zelena svetleća dioda, a u slučaju zemljospoja odnosno pri padu otpora izolovanosti ispod zadnjeg kritičnog praga pali se crvena svetleća dioda.

Slika 6: Izgled kontrolnika izolovanosti MKI 211

4.2. Kontrolnik izolovanosti MKI 212

Namena. Kontrolnik MKI 212 je namenjen zaštiti motora i generatora od posledica oslabljene izolacije. Izolovanost namotaja prema kućištu odnosno prema masi motora slabi po njegovom zaustavljanju usled kondenzacije. Da bi zaštitio motor od mogućeg oštećenja izolacije na masu kontrolnik sprečava priključenje motora na mrežu ako mu je otpor izolovanosti manji od određene, zadate, vrednosti.



Slika 7. Blok šema i prikaz vezivanja kontrolnika MKI212 sa električnom instalacijom štićenog motora

Kontrolnik MKI 212 pored te osnovne zaštitne funkcije pruža, putem zvučne opomene, obaveštenje osoblju da je nivo izolovanosti za određeni iznos blizu praga pri kojem je dozvoljeno priključenje motora na mrežu. Osim zvučnog postoje i dva svetlosna signala: zelena svetleća dioda (LED) za signalizaciju da je kontrolnik u radu i crvena LED koja pokazuje da je blokirano priključenje motora na mrežu.

U "luksuzniju" varijantu kontrolnika MKI 212 ugrađen je megaommetar sa koga se može očitati tačna vrednost otpora izolovanosti.

Princip rada i pragovi delovanja. Dok motor nije uključen kontrolnik MKI 212 između statora motora i zemlje utiskuje jednosmerni napon, koji preko otpora izolovanosti motora prouzrokuje tok struje. Jačina ove struje je to veća što je otpor izolovanosti manji.

Pragovi delovanja su odabrani tako da se zvučna opomena javlja kad je otpor izolovanosti manji od 1 MΩ, a priključenje na mrežu blokira kada je otpor izolovanost manji od 500 kΩ. Ovim pragovima se, na zahtev korisnika, mogu dati druge vrednosti.

Blokadu priključenja motora na mrežu kontrolnik MKI 212 obavlja prekidom upravljačkog kola sklopke motora.

Funkcija kontrolnika se može premostiti, ako se prekine plomba i uključi pripadajući plombirani prekidač (S2).

Napajanje kontrolnika MKI 212 je monofazno iz niskonaponske mreže nominalnog napona 220 ili 380V. Za ova dva napona postoje na kontrolniku posebne priključnice.

Slika 8. Izgled i priključci kontrolnika MKI212

4.3 Selektivni kontrolnici izolovanosti električnih mreža MKI 200

Namena. Najveći domet u domaćem razvoju i proizvodnji dostigli su selektivni kontrolniici izolovanosti MKI 200. Oni se od predhodno prikazanih razlikuju i po funkcionalnim i po konstruktivnim karakteristikama. Po funkcionalnim su sveobuhvatni: štite naizmenične i jednosmerne mreže i njihove kombinacije i to na selektivan način. I konstruktivne razlike su velike: osnovna sredstva za rad kontrolnika MKI 200 su mikroračunar, inteligentni displej i komunikacioni interfejs.

Osnovna namena kontrolnika MKI 200 je zaštita izolovanih električnih mreža (IT) od zemljospoja i njegovih posledica, omogućavanje preventivnog održavanja i otkrivanje otcepa na kome je došlo do slabljenja izolacije ili zemljospoja. Kontrola izolovanosti ispod određenog nivoa se signalizira zvučnim i svetlosnim signalom, a pri padu otpora izolovanosti ispod donjeg, opasnog graničnog nivoa daje se komanda za isključenje izolaciono slabog odvoda. Ovde govorimo o "davanju komande" zato što je obično, iz razloga bezbednosti, neophodno prekinuti napajanje električne instalacije ili nekih njenih delova u slučaju kvara na izolaciji. Međutim postoje specijalni slučajevi gde je značajnije nastaviti napajanje nego ga prekinuti, također iz bezbednosnih razloga tj. za očuvanje života ljudi ili dobara. Ovakvi slučajevi javljaju se naprimer u sledećim oblastima: medicina, protivpožarno svetlo, podzemni i površinski kopovi, staklare, industrijske peći, metalurška postrojenja, elektrane, hemijska industrija, fabrike eksploziva i opasnih agensa, ispitna i laboratorijska oprema, napajanje kompjutera, generatori

za sisteme neprekidnog napajanja, upravljačka strujna kola i, u specijalnim slučajevima, mesta izložena opasnosti od požara.

Komanda za isključenje svakog štićenog odvoda se standardno ugrađuje u kontrolnike MKI 200, a korisniku se ostavlja odluka o njenom korišćenju.

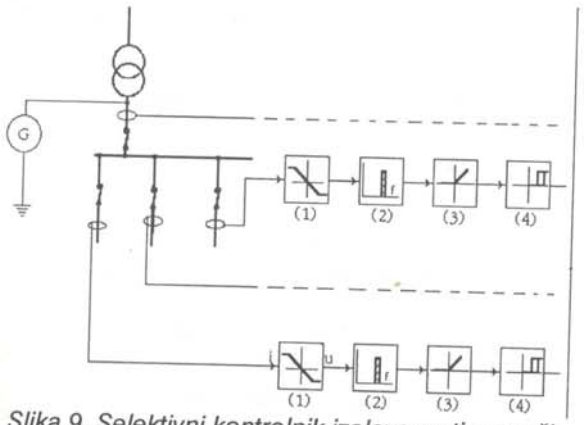
Kontrolnici MKI 200 su namenjeni zaštiti mreža niskog i srednjeg napona. Njihovim uvođenjem se povećava raspoloživost i pouzdanost mreža i upotpunjuju prednosti režima IT.

Selektivnost kontrolnika. Kod složenih električnih mreža sa više otcepa od velikog praktičnog značaja je selektivnost izvršnih dejstava kontrolnika. Ta karakteristika odražava mogućnost da se u slučaju slabljenja izolovanosti ili zemljospoja na jednom otcepu isključi samo taj, a da potrošači na ostalim otcepima nastave rad bez ikakvog prekida.

Princip rada. Kontrola nivoa izolovanosti se zasniva na ubacivanju između mreže i zemlje izvora napona niske učestanosti. Otpor izolovanosti se utvrđuje merenjem struje koja pod dejstvom ovog napona teče od provodnika prema zemlji. Iz vrednosti ovih dveju veličina sračunava se impedansa zemljospoja. Osim jačine struje zemljospoja meri se i fazna razlika između napona i struje, pomoću koje se iz impedanse izdvaja njena rezistivna komponenta. Delovanje kontrolnika oslanja se samo na vrednost rezistivne komponente impedanse zemljospoja.

Merenje se vrši dok je mreža pod naponom, tako da se ne prekida eksploatacija. Ukoliko se želi, kontrolu izolacije je moguće vršiti i pri isključenom odvodu. U tu svrhu je potrebno obezbediti mirne kontakte na rasklopnim aparatima.

Princip merenja je prikazan na slici 11: struja sa sekundara obuhvatnog transformatora, koji se postavlja oko svakog otcepa (što obezbeđuje selektivnost zaštite) pretvara se u napon, filtrira, ispravlja i aktivira rele signalizacije odnosno zaštite.



Slika 9. Selektivni kontrolnik izolovanosti u mreži naizmenične struje

(1) pretvarač struje u napon i pojačavač
(2) filter propusnik niske učestanosti
(3) ispravljač
(4) relejni član (signalizacija, isključenje pripadajućeg prekidača)

Sredstva za omogućavanje prevencije kvara. Kontrolnici MKI 200 su opremljeni inteligentnim digitalnim displejem na kome se uzastopno prikazuju vrednosti otpora izolovanosti svih odvoda koji se štite. Zahvaljujući uvidu u stanje i kretanje otpora izolovanosti mogu se blagovremeno preduzimati odgovarajuće mere na održavanju, kao što je osveženje izolacije, čišćenje, zamena oštećenih mesta ili celih kablova i dr. mere kojima se predupređuje pojava kvara.

Zaštitna misija. Pri padu otpora izolovanosti ispod vrednosti koja se tretira kao kvar u instalaciji kontrolnik upravlja isključenjem prekidača preko koga se napaja odnosni odvod. Da bi zaštita bila valjana svi potrošači moraju biti povezani u jedinstvenu mrežu zaštitnog uzemljenja, koju na jednom mestu treba dobro uzemljiti. I ovaj prag delovanja je podesiv. Isključenje odvoda je praćeno odgovarajućom zvučnom i svetlosnom opomenom. Svetlosna signalizacija o datoj komandi za isključenje odvoda ostaje i posle izvršenog isključenja, sve dok se kontrolnik ne resetuje. Ovakva izvedba omogućuje osoblju održavanja pouzdan podatak da je delovala zemljospojna a ne neka druga zaštita.

Prenos informacija. Sofisticirane verzije kontrolnika izolovanosti sadrže uređaje za prenos informacija o vrednosti otpora izolovanosti i prekoračenju pragova opomene i zaštite. Prenos informacija u dispečerski centar omogućuje dispečerima korišćenje podataka sa kontrolnika za operativno upravljanje mrežom. Serijski interfejs je dvostruk: RS 232 i RS 485. Preko RS 485 se informacije mogu, bez modema, prenositi na udaljenosti do 1200 m.

Izvedba. Kontrolnici MKI 200 smešteni su u standardne okvire prikazane na slici 10. Elektronski elementi su smešteni na kartice dvostrukog Evropa formata. Na čeonom delu kartica su pored svetlećih dioda označene funkcije svake kartice: KN – kartica napajanja, GM – generatorska i merna kartica, P – procesorska i R – relejna kartica.

Priključak na instalaciju je, po sugestiji jednog uglednog korisnika, izveden tako da se kontrolnik može postaviti na postolje ili uza zid.

Slika 10. Kontrolnik izolovanosti MKI 200, pogled na čeone ploče

Rezime karakteristika. Kontrolnik MKI 200 odlikuju:

a) UNIVERZALNOST PRIMENE: naizmenične, jednosmerne i kombinovane mreže različitih naponskih nivoa

b) SELEKTIVNOST: zasebno praćenje izolovanosti svakog otcepa mreže; u slučaju direktnog zemljospoja isključuje se samo deo mreže koji je u kvaru.

c) "INTELIGENCIJA": razlikuje kapacitivnu od rezistivne komponente impedanse izolovanosti, pamti ključne događaje.

d) KOMUNIKATIVNOST: mogućnost prenosa rezultata merenja i delovanja kontrolnika do dispečerskog centra ili drugog upravljačkog mesta.

4.4 Kontrolnik izolovanosti jednosmernog razvoda u trafostanicama i razvodnim postrojenjima MKI 200B

Zadaci kontrolnika. Pod jednosmernim razvodom u trafostanicama i razvodnim postrojenjima podrazumeva se mreža jednosmernog napona 110 ili 220 V i upravljački, merni i signalni uređaji koje ona napaja.

Zadaci kontrolnika su:

-stalno merenje otpora izolovanosti cele mreže i aktiviranje zvučnog signala pri padu otpora izolovanosti ispod zadatog nivoa

- utvrđivanje, *bez isključivanja*, na kom delu mreže je došlo do slabljenja izolovanosti.

Dobra kontrola izolovanosti može da bude podloga za dobro preventivno održavanje i osnova za podizanje raspoloživosti i pouzdanosti rada celog postrojenja.

Dosadašnji kontrolnici. Kontrolnici jednosmernog napona (KJN) koji se sada najčešće koriste sastoje se iz redne veze dvaju voltmetra priključenih između plus i minus krajeva mreže i otpornika vezanog između njihove srednje tačke i uzemljenja. Takvi kontrolnici signaliziraju stanja u kojima se pokazivanja voltmetara značajno razlikuju.

Zaštita kontrolnicima jednosmernog napona ima više nedostataka od kojih su najvažniji:

- znatna zona neosetljivosti na jednovremeno slabljenje izolacije plus i minus kraja instalacije
- traženje mesta kvara putem isključivanja pojedinih otcepa odnosno polja.

Princip rada kontrolnika MKI 200B. Kontrolnik izolovanosti MKI 200B je naizmenični. On u mrežu koja se štiti ubacuje struju 10 Hz i meri njenu vrednost. Na osnovu veličine te struje sračunava se impedansa zemljospoja i, pomoću podatka o faznoj razlici napona i struje, izdvaja njena rezistivna komponenta. Pri tom je kontrola izolovanosti sveobuhvatna i nema zona neosetljivosti.

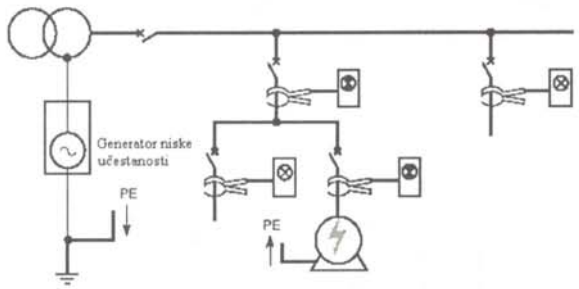
Kad otpor izolovanosti padne ispod zadatog praga kontrolnik aktivira svetlosnu i/ili zvučnu opomenu.

Traženje mesta na kome je došlo do slabljenja izolovanosti obavlja se bez isključivanja napajanja. To se vrši pomoću obuhvatnih mernih klešta i pratećeg prenosnog mernog uređaja. Tako se ovaj kontrolnik sastoji iz dva konstruktivna dela: stacionarnog uređaja koji kontroliše izolovanost celog razvoda i prenosnog dela pomoću koga se nalazi mesto kvara.

Kontrolnik izolovanosti celog razvoda. Za kontrolu izolovanosti *cele mreže* pomoću naizmenične struje snižene učestanosti koristi se bazično rešenje, čija je osnova u sledećem: generator 10 Hz priključuje se između minus kraja instalacije i uzemljenja. Ovaj deo kontrolnika funkcioniše, praktično, kao jednokanalni ranije prikazani kontrolnik MKI 200.

Ovde se kao i kod MKI 200 tačno sračunava rezistivna i kapacitivna komponenta struje zemljospoja odnosno odgovarajuće rezistance i induktanse. Kontrolnik ovog tipa, kao i njegov veliki uzor MKI 200, izvodi se u mikroračunarskoj tehnici.

Prenosni kontrolnik za pronalaženje mesta kvara. Osnovu ovog kontrolnika čine merna klešta i prateći elektronski prenosni uređaj za interpretaciju vrednosti struje koja teče kroz otvor klešta. Signal sa obuhvatnih klešta se vodi na ulazni operacioni pojačavač na kome se struja zemljospoja pretvara u napon. Ovaj se napon zatim ispravlja, filtrira i vodi na analogni merni instrument baždaren u kilo omima.



Slika 11. Lokacija zemljospoja tragom struje niske učestanosti ubačene u izvor instalacije

Prenosni kontrolnik se koristi u unutrašnjem i vanjskom delu postrojenja pa je neophodno da se napaja iz sopstvene baterije. Baterija i filterska elektronska kola smešteni su u kutiju prenosnog instrumenta priključenog na merna klešta (slika 12).

Slika 12. Pokretni deo kontrolnika izolovanosti MKI 200B

5. ISKUSTVA U ZAŠTITI NAPOJNIH I UPRAVLJAČKIH MREŽA

Kontrolnici izolovanosti MKI 200 primenjeni su u zaštiti mreža različitih nominalnih napona. Kao reperezentativne ovde navodimo niskonaponsku mrežu u poslovnoj zgradi koju je Energoprojekt 1997 sagradio na Novom Beogradu, mrežu nominalnog napona 3.000 V za uzletne staze na aerodromu Beograd (1996 god) i mrežu nominalnog napona 6.000 V za rudnik bakra Bor (1998). Kontrolnik izolovanosti MKI 200B je od 1999. "na dužnosti" u Smederevskom Sartidu.

Među navedenim instalacijama najsloženija i za zaštitu najteža bila je instalacija RTB Bor. Njena složenost se ogleda ne samo u visokom naponu, nego pre svega u razuđenosti mreže i u mestu ubacivanja struje niske učestanosti. Kontrolnik je, naime, isporučen RTB Bor za zaštitu instalacije koja se napaja iz razvodnog postrojenja Tilva Roš, a ovo svojih 6 kV dobija preko dva dvostruka kablovska voda iz Elektroistokove trafostanice 110/6kV (slika 13). Iz TSD 110/6 kV napaja se i niz drugih postrojenja tako da struja 10 Hz koju ubacujemo na sabirnice razvodnog postrojenja Tilva Roš odlazi ne samo u štićeno postrojenje nego u celu 6 kV-tnu mrežu, čija velika kapacitivnost prema zemlji prosto "upija" 10 Hz-nu struju. Ta okolnost je nametnula posebne uslove na generator 10 Hz i na programske korake koji moraju uvažiti ove specifičnosti. Među osobenosti kontrolnika za ovu mrežu spada korišćenje veštačkog zvezdišta preko koga se u nju ubacuje 10 Hz-na struja, nekorišćenje izvršnog dejstva zaštite na dovodne kablove i način praćenja otpora izolovanosti za neke odvode. Veštačko zvezdište i druga priključna oprema kontrolnika vidi se sa slike 14.

Slika 13. šema napajanja i razvoda postrojenja 6 kV Tilva Roš (RTB Bor)

Slika 14. Veštačko zvezdište i druga priključna oprema za ubacivanje struje niske učestanosti na 6 kV-ne sabirnice Tilva Roš (RTB Bor) (foto A. Videnović)

Slika 15. Obuhvatni transformatori za kontrolu izolovanosti odvoda u razvodnom postrojenju Tilva Roš (RTB Bor) (foto A. Videnović)

Slika 16. Kontrolnik izolovanosti 6 kV-tnog postrojenja postrojenju Tilva Roš (RTB Bor) (foto A. Videnović)

Dovodni kablovi se ne isključuju ni kad je otpor izolovanosti dovodnog dela mreže niži od donjeg dozvoljenog praga zato što bi to bilo neproduktivno. Kontrolnik, međutim, kontroliše stanje izolovanosti dovodnih kablova zajedno sa ostatkom mreže koju napaja Elektroistok, pa ta informacija, iako je opšta, dakle neselektivna, može, kao upozorenje o stanju stvari, korisno da posluži. Važno je da kontrolnik, zahvaljujući programskim instrukcijama upisanim u njegovu memoriju, uspešno rešava svoj osnovni zadatak: zaštitu mreže RTB Bor u uslovima promenjive izolovanosti ostatka mreže koji se napaja iz Elektroistokove TS 110/6 kV. (Kontrolnik bi, da je, umesto u Tilva Roš, ugrađen u TS 110/6 kV, mogao da kontroliše izolovanost i cele Elektroistokove mreže. Dodatni utrošak ne bi bio veliki; najveći njegov deo otpao bi na obuhvatne transformatore oko odvodnih kablova).

Zadnja spomenuta osobenost odnosi se na način praćenja otpora izolovanosti nekih odvoda. Normalni način praćenja obavlja se, kao što smo ranije istakli, putem merenja amplituda i faza napona i struje niske učestanosti i sračunavanja impedanse, pa zatim rezistanse izolovanosti. U hardverskoj izvedbi kontrolnika ugrađenog u Tilva Rošu postoje mogućnosti da se ovako radi samo za četiri kanala, pa je ta tehnika primenjena na dva dovodna kabla i na odvode 2 (TS Drobljenje 1) i 3 (TS Tilva Roš). Kontrola izolovanosti ostala 4 odvoda (1, 5, 6 i 7) obavlja se samo merenjem amplituda napona i struje i sračunavanjem otpora izolovanosti iz poznate, izmerene, kapacitivnosti tih odvoda. Ova računica je manje precizna i nešto složenija; R je inverzna vrednost kvadratnog korena iz razlike kvadarata odnosa U/I i ωC, gde je ω kružna učestanost niskofrekventnog signala ubačenog u mrežu:

6. NOVE ELEKTRONSKE KOMPONENTE

Gore pomenuta nužda dvostrukog računanja izbegnuta je kod aktuelnih izvedbi MKI200 uvođenjem multipleksora tako da se za proizvoljan broj kanala može da meri i amplitude struje i napona i njihov fazni stav. Multipleklsor uzastopce priključuje merna kola pojedinih kanala na elektroniku za filtriranje, ispravljanje i merenje amplituda i faza, tako da se za sve kanale koristi samo jedan elektronski blok za merenje niskofrekventne struje. Uvođenjem multipleksera znatno je smanjen elektronski hardver kontrolnika višekanalnih mreža.

U aktuelne kontrolnike MKI 200A i MKI 200B ugrađuju se, pored multipleksera, još dve savremene elektronske komponente: fleš memorija i kolo za serijski interfejs RS 485.

Fleš memorija je takvog tipa da predstavlja alternativu za uobičajenu, standardnu programsku memoriju (EPROM) i memoriju za upis i pamćenje podataka (EEPROM ili baterijski podržan RAM).

Elektronsko kolo za interfejs RS 485 omogućuje prenos informacija o radu kontrolnika na razdaljinu do 1200 m, dok je domet standardno korišćenog interfejsa RS 232 samo dvadesetak metara. Uvođenjem kola RS 485 stvorena je mogućnost da se kontrola izolovanosti može da prati sa udaljenog mesta što će, nadamo se, pozdraviti projektanti i dispečeri.

U kontrolnicima MKI 200 zadržan je i interfejs RS 232 kako bi se omogućilo preuzimanje podataka o ponašanju mreže i eventualna promena programa pomoću prenosnog personalnog računara.

6. ZAKLJUČCI

Sistem izolovanih mreža (IT) ima u odnosu na druga dva sistema (TT i TN) prednost tamo gde se zahteva pouzdano, neprekidno napajanje i tamo gde postoji opasnost od požara. Ove prednosti IT sistema dolaze do izražaja ako postoji kontrola izolovanosti kao preduslov za otkrivanje prvog zemljospoja. Kontrola je naročito dobra ako ukazuje na slabljenje izolovanosti i pre nego što dođe do opasnih stanja i, naravno, ako je sveobuhvatna i selektivna.

Familija prikazanih domaćih kontrolnika izolovanosti obuhvata relativno jednostavne kontrolnike koji ubacuju jednosmernu struju i mere bilo otpor izolovanosti motora radi zaštite od proboja pri ponovnom uključenju (MKI 212) bilo radi kontrole izolovanosti niskonaponske naizmenične mreže kao celine (MKI 211) i složene, na mikroračunarskoj tehnici zasnovane, univerzalne kontrolnike izolovanosti MKI 200, kod kojih se kontrola vrši selektivno, a stanje izolovanosti trajno prati i prikazuje. Posebnu odliku kontrolnicima ove klase daje mogućnost pamćenja kritičnih događaja i prenosa informacija o stanju izolovanosti do dispečerskog centra.

Nadamo se da čitaoci dele sa nama zadovoljstvo što smo u ova teška vremena osvojili zaštitne uređaje visoke tehnologije i vrhunskih karakteristika i tako se svrstali u red retkih zemalja koje vladaju ovom tehnikom.

LITERATURA

[1] Roland Calvas, Bernard Lacroix: Earthing systems worldwide and evolutions, "Cahier Technique Melin Gerin, no. 173, prvo izdanje, septembar 1995.

[2] François Jullien, Isabelle Héritier: The IT earthing system (unearthed neutral) in LV, Schneider's Cahier technique no. 178, jun 1999.

[3] Savo Jelić: Prvo domaće rele zemljospoja za dizel-električne lokomotive, "Železnice" 6/1974.

[4] Savo Jelić: Novo rešenje za zaštitu lokomotiva od zemljospoja, JUREMA", Split 1984.

[5] Savo Jelić: Novine u zaštiti lokomotiva od zemljospoja i požara (selektivni kontrolnik kao sredstvo preventivne zaštite), "Železnice" 7-8/1994.

[6] Savo Jelić: Novine u zaštiti od zemljospoja, eksplozija i požara, referat na savetovanju "Standardizacija i atestiranje električne opreme za eksplozivne atmosfere", Beograd 1995.

[8] Savo Jelić, Ivan Vasilić, Lazar Gruić: Selektivni mikroračunarski kontrolnici izolovanosti električnih obrtnih mašina i mreža, "JUŽEL 99", Vrnjačka Banja 6-8 oktobar 1999.

[9] IEC 61557-8: Electrical safety in low voltage distribution systems up to 1,000 V AC and 1,500 V DC - Equipment for testing, measuring or monitoring of protective measures - Part 8: Insulation monitoring devices for IT systems, februar 1997.

Savremeni uređaji na električnim lokomotivama

Dragoslav Pejčić, Darinka Trailović-Kostić, Života Đorđević[1]

Rezime: *Osim nabavke novih sredstava, ŽTP "Beograd" treba u narednom periodu da vrši i rekonstrukciju vodećih serija lokomotiva na JŽ 441 i 461. Rekonstrukcijom glavnog strujnog kola poboljšavaju se karakteristike lokomotive. Ugradnjom osovinskih sklopova sa drugim prenosnim odnosom dobijaju se lokomotive za brzine do 160 km/h. Takođe je potrebno izmeniti i niskonaponsko upravljačko strujno kolo i opremu, u smislu osavremenjavanja i dobijanja pouzdane lokomotive za bezbedan saobraćaj.*

Ključne reči: *Železnica, električne lokomotive, elektronski uređaji.*

1. UVOD

U sistemu električne vuče na železnici najvažniju ulogu na pouzdanost, bezbednost i redovitost železničkog saobraćaja imaju elektrovučna vozila.

Elektro vučna vozila predstavljaju složen tehnički sistem koji je sastavljen od sklopova, agregata i komponenti čija pojedinačna pouzdanost definiše ukupnu pouzdanost rada vučnog vozila. Od vučnih vozila se traži kvalitet, pouzdanost i sigurnost, odnosno osnovni zahtev je da se vučna vozila što bolje, efikasnije i vremenski što duže koriste uz minimalne troškove eksploatacije i održavanja.

Pouzdanost vučnih vozila u sadašnjim uslovima nije na zadovoljavajućem nivou.

ŽTP "Beograd" u svom voznom parku ima električne lokomotive serije 441 i 461. Nabavka ovih lokomotiva je počela pre nepunih trideset godina. Ova činjenica dovoljno govori da su rešenja opreme zastarela i prevaziđena, a naročito u oblasti elektronike. Da bi se od ovih lokomotiva dobile savremene i pouzdane lokomotive neophodno je izvršiti određene modifikacije i rekonstrukcije:

a) na mehaničkom delu lokomotive,
b) na pneumatskom delu lokomotive i
c) na električnom delu lokomotive.

Rekonstrukcijom električnih lokomotiva mogu se dobiti savremena vozna sredstva u cilju smanjenja imobilizacije lokomotiva, smanjenja troškova održavanja, povećanja komfora mašinovođa i lakšeg rukovanja lokomotivom.

2. IZMENE NA MEHANIČKOM I PNEUMATSKOM DELU

Izmene na mehaničkom delu lokomotive omogućiće kretanje lokomotiva do 160 km/h. Ova rekonstrukcija zahteva ugradnju novih reduktora. Takođe se ugrađuju nove šuplje osovine sa monoblok točkovima. Postojeća obrtna postolja biće rekonstrusana, a ogibljenje će biti izvedeno sa ugradnjom novih spiralnih opruga i novih gumeno metalnih elemenata.

U upravljačnici lokomotive biće ugrađen klima uređaj, nove stolice za mašinovođe i novi komandni pult.

Za proizvodnju vazduha u instalaciji biće ugrađen novi vijčani kompresor i sušač vazduha. Predviđa se ugradnja koordinacije pneumatske i električne kočnice, a lokomotiva će imati i elektronski uređaj za protiv kliznu zaštitu.

1 Dragoslav Pejčić, dipl. el. inž., rukovodilac projekta, npejcic@bankerinter.net; Darinka Trailović-Kostić, dipl. maš.inž., glavni inženjer za defektažu i ekspertizu, daca. dtk@bankerinter.net; Života Đorđević, dipl.maš.inž. Pomoćnik Šefa Sekcije; Sekcija za vuču vozova i TKS Niš, Sarajevska 22, Niš.

3. IZMENE NA ELEKTRIČNOM DELU

Izmene ne električnom delu lokomotive podrazumevaju rekonstrukciju:

- glavnog strujnog kruga i vučne opreme,
- pomoćnog pogona i
- niskonaponske upravljačke opreme.

Potrebne rekonstrukcije u glavnom strujnom krugu i pomoćnom pogonu detaljno su opisane na prethodnim simpozijumima.

Na niskonaponskoj upravljačkoj opremi izmene podrazumevaju zamenu releja uređajem za upravljanje, kontrolu i dijagnostiku. Takođe uređaji bezbednosti moraju da budu sposobni da bez ikakvih problema pouzdano rade u svim uslovima rada lokomotive.

4. SISTEM ZA UPRAVLJANJE, KONTROLU I DIJAGNOSTIKU

Na niskonaponskoj upravljačkoj opremi izmene podrazumevaju zamenu releja uređajem za upravljanje, kontrolu i dijagnostiku.

U osnovnoj konstrukciji lokomotive, niskonaponska upravljačka oprema je rešena putem klasičnih elektromagnetnih releja. Veliki broj releja onemogućuje visoku pouzdanost lokomotive. Osim toga zbog rekonstrukcija koje moraju da se obave u glavnom strujnom krugu obavezno mora da se ugradi i nov sistem za upravljanje i kontrolu. Ovaj sistem se sastoji od (slika 1.):

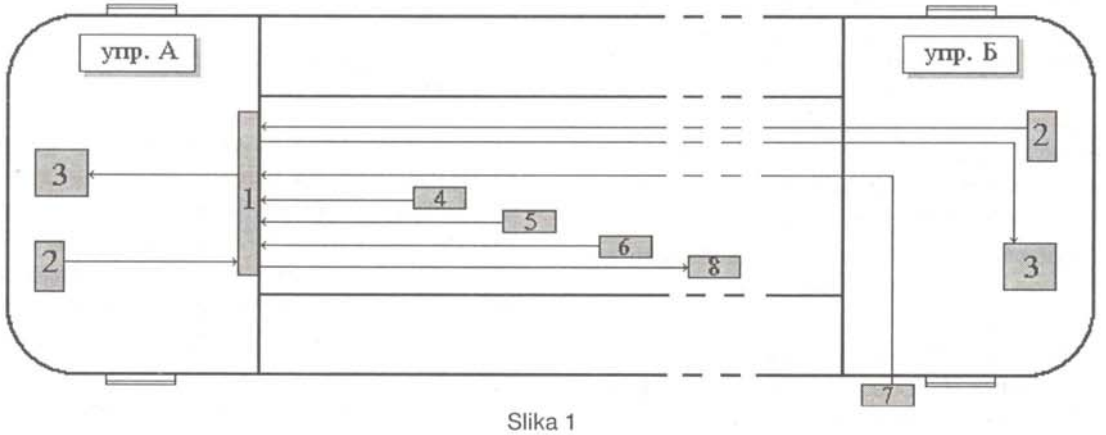
- centralne jedinice,
- monitora za prikaz merenih veličina i za komunikaciju sa mašinovođom,
- mernih davača struje, napona, brzine i temperature,
- opreme za preuzimanje i obradu voznih i dijagnostičkih podataka.

Centralna jedinica (1) se sastoji od mikroračunara, memorije za smeštaj programa, memorije za radne podatke, memorije za čuvanje podataka, sata realnog vremena, interfejsa za vezu sa monitorima i interfejsa za preuzimanje podataka.

Postojeći mehanički kontroleri smera vožnje i vožnje se menjaju beskontaktnim *kontrolerima* (2).

Monitori (3) se ugrađuju u obe upravljačnice i služe da prikažu sve merene veličine i podatke koji se sada očitavaju na instrumentima ili signalnim tablama kvarova i informacija. Osim toga služe i za komunikaciju računara sa mašinovođom.

Merni davači-pretvarači (4, 5, 6, 7) služe za prilagođenje signala sa pojedinih uređaja i aparata lokomotive na potreban nivo i oblik za obradu u centralnoj jedinici. Pretvarači mogu biti: naponski, strujni, temperaturni i davači brzine. Osim toga, u zavisnosti od potrebe, analogni i digitalni. Zato što je sistem modularnog tipa ne postoje posebna ograničenja za ugradnju svih potrebnih mernih davača.



Slika 1
1-centralna jedinica; 2-kontroleri smera i vožnje; 3-monitori; 4-strujni davači; 5-naponski davači; 6-temperaturni davači; 7-davač brzine; 8-izvršni organi

Osnovne karakteristike sistema su:

- upravljanje i regulacija rada lokomotive,
- merenje i zaštita lokomotive,
- dijagnostika lokomotive,
- vožnja lokomotive i voza po unapred zadatom kriterijumu optimizacije.

Odmah po uključenju lokomotive, na osnovu podataka iz mernih davača, u centralnoj jedinici se sakupljaju svi potrebni podaci o stanju same lokomotive. Najpre se vrši testiranje kompletne opreme i uređaja na lokomotivi. Ukoliko je sve u redu, na osnovu komandi koje zadaje mašinovođa putem kontrolera smera i vožnje, podaci se prosleđuju

izvršnim organima lokomotive (8). Na ovaj način omogućuje se potpuna kontrola, obrada i nadzor nad upravljanjem lokomotive. Podatke o radu lokomotive mašinovođa prati na monitoru. Ukoliko bi došlo da nekih smetnji u radu same lokomotive, mašinovođa bi odmah bio o tome obavešten, a osim toga, na monitoru će biti prikazane sve poruke i objašnjenja za dalje aktivnosti prilikom vožnje.

Za svo vreme rada lokomotive beleže se potrebni podaci. U memorijskoj kartici je zapisano šta se sve dešavalo u toku zadnje vožnje, u zavisnosti od kapaciteta memorije i gustine beleženja podataka i šta se dešavalo između dva pregleda (P1, P3). U zavisnosti od potrebe, podaci mogu biti prikazani na monitoru ili iščitani i potom obrađivani na PC računaru u radionici. Na taj način omogućuje se uvid u rad lokomotive, statistika kvarova, analize broja i vrste kvarova, broj defekata i planiranje opravaka.

Sistemski softver obezbeđuje upravljanje svim komponentama sistema. Upravljački softver je zamena za postojeću logiku lokomotive, a softver za dijagnostiku kontinualno beleži sve podatke tokom vožnje i potom ih prikazuje na monitoru ili PC računaru.

Sistem za upravljanje, kontrolu i dijagnostiku u potpunosti zamenjuje klasičnu relejnu tehniku, instrumente, signalizaciju, a omogućava i realizaciju modifikacija:

- zaštita vučnih motora po strujno i naponski najopterećenijem motoru,
- temperaturna zaštita glavne prigušnice i elektro motora glavnog kompresora,
- signalizacija i blokiranje vožnje sa uključenom kočnicom,
- koordinacija rada električne i pneumatske kočnice,
- zaštita birača napona od međupoložaja i eksplozije,
- realizacija ugradnje instrumenata koji do sada nisu postojali na lokomotivi,
- realizacija elektronskog uređaja za mazanje venaca točkova umesto postojećeg,
- realizacija signalnih tabli kvarova i informacija

Sistem omogućuje i nove mogućnosti kao što su automatizacija upravljanja i uvođenje programirane vožnje.

5. UREĐAJI BEZBEDNOSTI

Savremene električne lokomotive moraju da imaju uređaje bezbednosti koji su sposobni da bez ikakvih problema pouzdano rade u svim uslovima rada. Na električnim lokomotivama serije 441 i 461 brzinomerni uređaj je elektromehanički, auto-stop uređaj je zastarele konstrukcije i rešenja, a uređaji budnosti su bili rešeni sa elektromagnetnim relejima. Komisija ŽTP "Beograd" za uređaje budnosti, auto-stop uređaje i brzinomere, je blagovremeno, preduzela mere na projektovanju i izradi elektronskih uređaja bezbednosti. Tako su sada u upotrebi unificirani uređaji budnosti UB-461, UB-441, u fazi eksploatacionih ispitivanja je elektronski brzinomer EB-96, a auto-stop uređaj I-9192 je u završnoj fazi izrade.

a) Unificirani uređaji budnosti UB

Na svim električnim lokomotivama serije 461 ugrađen je unificirani uređaj budnosti UB-461. Na velikom broju električnih lokomotiva serije 441 ugrađen je unificirani uređaj budnosti UB-441, dok se na preostalim, uređaj ugrađuje prilikom ulaska lokomotive u investicionu opravku.

Glavni deo unificiranog uređaja budnosti je elektronski blok budnika EDB-1M i on je smešten u upravljačnici A. Elektronski blok ispunjava sve uslove koji su definisani međunarodnim propisima UIC i standardima JŽS, za ugradnju elektronske opreme na lokomotivi.

Delovi elektronskog bloka uređaja budnosti su:

- kartica stabilizacije napona i izvršnih organa PL-1M,
- kartica filtera PL-2M,
- kartica upravljačke elektronike PL-3M,
- kartica pripreme napajanja PL-4M.

Na kartici PL-3M (kartica upravljačke elektronike - slika 2.) nalazi se kvarcni oscilator i logička elektronika koja ispunjava sledeće funkcije:

- dozvoljeno držanje pritisnutih tastera budnosti 25± 2,5 s (26,2 s),
- ponovno uključenje uređaja budnosti;
- automatsko uključenje uređaja budnosti pri brzini od 10 km/h,
- pri nepravilnom opsluživanju daje komandu za prvu opomenu u obliku trepćućeg svetla u trajanju od 2,5 ± 1 s,
- ako se posle prve opomene, ne preduzmu određene radnje, daje komandu za drugu opomenu u obliku zvučnog signala u trajanju od 2,5 ± 1 s (2,95 s) i po isteku ovog roka,
- daje signale elektropneumatskom ventilu za prinudno zavođenje kočenja voza i elektronskoj sireni, za upozorenje da je stupio u dejstvo uređaj budnosti.

b) Elektronski brzinomer EB-96

Na osnovu projektnog zadatka Komisije ŽTP "Beograd", u institutu "M.Pupin" Beograd načinjen je elektronski brzinomer i on je u fazi eksploatacionih ispitivanja.

Glavni delovi brzinomera su:

- centralna jedinica,
- monitori za prikaz veličina i za komunikaciju sa mašinovođom,
- fleš memorijski moduli,
- davač broja obrtaja (brojač impulsa),
- merni davači i
- oprema za preuzimanje i obradu podataka.

Funkcije elektronskog brzinomera su:

- unos i beleženje podataka o mašinovođi, vozu i lokomotivi,
- merenje brzine kretanja lokomotive u realnom vremenu,
- merenje pređenog put u realnom vremenu,
- praćenje i registrovanje stanja digitalnih ulaznih signala (uređaj budnosti, auto-stop uređaj, glavni prekidač . . .),
- praćenje i beleženje stanja analognih ulaza (napon kontaktnog voda . . .),
- generisanje digitalnih izlaznih signala (za uređaj budnosti, auto-stop uređaj, glavni prekidač, pneumatsku kočnicu . . .),
- prikaz brzine kretanja lokomotive i pređenog puta u realnom vremenu,
- prikaz rada auto-stop uređaja.

Osim što se svi podaci mogu odmah analizirati, predviđeno je iščitavanje tih podataka i njihova kasnija obrada na PC računaru, kao i čuvanje potrebnih podataka.

Ako se ima u vidu da se centralna jedinica sastoji od mikroprocesora, potrebne EPROM i RAM memorije, digitalnih ulaza i izlaza, analognih ulaza i izlaza, kontrolera za serijsku komunikaciju, "FLEŠ" memorijskih modula i da su ostale komponente visoko profesionalne, zaključak je da će ugradnja ovakvog elektronskog brzinomera predstavljati garanciju da su lokomotive pouzdane i bezbedne za saobraćaj u narednom periodu.

c) Auto-stop uređaj

Pored uređaja budnosti, kao drugi uređaj životne kontrole, na lokomotivama je ugrađen auto-stop uređaj.

Za razliku od uređaja budnosti, auto-stop uređaj kontroliše funkcije i budnost mašinovođe samo prilikom prolaska lokomotive (voza) pored glavnih signala koji pokazuju ograničenu brzinu ili zabranjuju dalju vožnju. Ukoliko se ne preduzmu potrebne radnje, dolazi do prinudnog, brzog kočenja voza.

Lokomotivski auto-stop uređaj je podešen za prijem informacija sa pružnih baliza, a preko lokomotivskih prijemnih glava. Informacija se prenosi induktivnim uticajem sa učestanostima: 500 Hz, 1000 Hz i 2000 Hz.

Princip rada auto-stop uređaja se bazira na induktivnom uticaju rezonantnog oscilatornog kola pružne balize, na oscilatorno kolo lokomotivske prijemne glave koje je na istoj učestanosti kao oscilatorno kolo balize. Nailaskom lokomotive iznad aktivne pružne balize, induktivnim putem se detektuje uključena učestanost putem senzorske jedinice koja se nalazi u relejnoj grupi. Signal se nadalje pojača pa se na osnovu stanja kontrole budnosti mašinovođe i brzine kretanja lokomotive i voza automatski preduzimaju određene aktivnosti u auto-stop uređaju.

Stari auto-stop uređaji koji su isporučeni još sa nabavkom električnih lokomotiva, na savremenim lokomotivama biće zamenjeni elektronskim auto-stop uređajem koji je u fazi izrade u Ei FSU Beograd.

Glavni delovi auto-stop uređaja su:

- univerzalni pretvarač napona,
- kontrolnik napona,
- generator učestanosti,
- relejna grupa,
- lokomotivska prijemna glava,
- pneumatska grupa.

Sem prijemne glave i pneumatske grupe, ostali delovi auto-stop uređaja su realizovani u integralno-diskretnoj tehnici i načinjeni su od elektronskih komponenti visoke pouzdanosti što garantuje pouzdan i bezbedan rad kako uređaja tako i lokomotive.

4. ZAKLJUČAK

Prednosti savremenih lokomotiva koje se dobijaju modifikacijom postojećih su:

- veća pouzdanost opreme zbog uvođenja mikroelektronike,
- manji zahtevi za održavanjem, zbog smanjenog prisustva elektromehaničkih delova,
- mogućnost uvođenja programirane vožnje,

- uvođenje većeg broja funkcija u rad lokomotive,
- nove mogućnosti upravljanja,
- unifikacija opreme,
- elektronska oprema je modularne konstrukcije i postoji mogućnost nadogradnje.

Rekonstrukcijom električnih lokomotiva serije 441 i 461 i zamenom mehaničkih delova elektronskim, kao i ugradnjom novih elektronskih uređaja, umesto uređaja zastarelih rešenja, dobijaju se lokomotive koje mogu u narednom periodu u potpunosti ispuniti zahteve savremene železnice.

LITERATURA

[1] Dokumentacija ŽTP "Beograd"
[2] Milićević Z., Aranđelović D., Marjanović V., Pejčić D., *Električne lokomotive JŽ 441*, Zavod za NIPD Beograd, 1997 godine
[3] Vukadinović R., Vojinović D., Savić M., Eksploataciona pouzdanost elektrovučnih vozila ŽTP "Beograd" i predlozi za njihovu modifikaciju i rekonstrukciju, Železničko mašinstvo 1998. godine.

MODERN DEVICE ON ELECTRIC LOCOMOTIVES

Dragoslav Pejčić, Darinka Trailović-Kostić, Života Đorđević

Abstract: *Except supplying new equipment, ZTP "Beograd" needs to do all reconstruction of leading locomotives on JZ 441 and 461, in future. By recenostruction of main circuit, characteristics of engine will ameliorate. Building in wheels with different amplification ratio will make possible to attain a success in speed (160km/h). It is also necessary to change a low-power electric circuit and equipment, for modernizing and making reliable locomotive for save railroad transportation.*

Key words: *railway, electric locomotive, electronic appliance.*

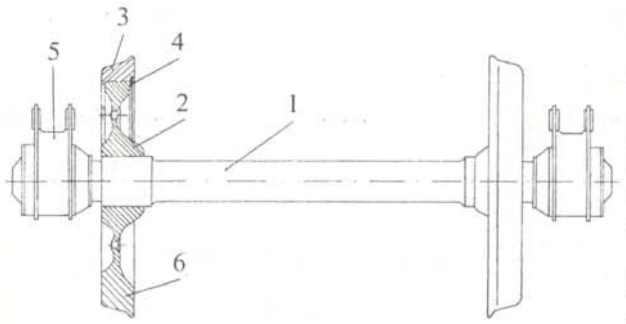
Sistemi i tehnološke šeme održavanja osovinskih sklopova

*Vladimir Aleksandrov**

Rezime *– U radu se govori o značaju osovinskih sklopova za pouzdanost železničkih vozila, o osnovnim neispravnostima i načinima otklanjanja ovih, sistemima za održavanje osovinskih sklopova i o strukturama tehnoloških linija i radionica za remont osovinskih sklopova, posebno sa aspekta uvodjenja savremenih protočnih tehnoloških linija za remont ovih.*
Ključne reči *- železnica, železnička vozila, osovinski sklopovi, radionice i tehnološke linije za remont osovinskih sklopova.*

1. UVOD

Pouzdanost železničkih vozila zavisi u velikoj meri od pouzdanosti osovinskih sklopova (vidi sliku 1). Pouzdanost, pak, osovinskog sklopa zavisi od njegovih kvalitativnih parametara i stanja napona izazvanih raznim opterećenjima.



Slika 1. Osovinski sklop sa mazalicom. 1. Osovina; 2. Telo točka; 3. Obruč točka; 4. Osiguravajući prsten; 5. Mazalica; 6. Monoblok-točak.

Za vreme kretanja vozila osovinski sklop je opterećen sistemom sila promenljivih po intenzitetu i vremenu. Osnovno opterećenje je statičko opterećenje usled mase sanduka vozila i tereta u sanduku. Kod upisivanja kola u krivini na osovinski sklop dejstvuje centrifugalna sila. Kao dopunsko bočno opterećenje javlja se dejstvo sile vetra. Usled sinusoidalnog kretanja osovinskog sklopa po koloseku, na mestu dodira točka sa šinom javlja se sila trenja koja opterećuje točak na savijanje ka spoljnoj strani. Sile trenja kod kočenja izazivaju obrtni moment koji teži da točak obrne oko osovine.

Usled prelaza točkova preko sastavaka šina, usled neravnina šina i defekata na površini kotrljanja točkova dolazi periodično do velikih dinamičkih opterećenja osovina (2-3 puta veća od statičkih).

Sistem vertikanih, bočnih i podužnih sila koje dejstvuju na osovinski sklop, izazivaju složena naprezanja u njegovim elementima. Na naizmenično promenljiva opterećenja osovinskog sklopa usled spoljnih sila, nadovezuju se i naprezanja usled zaostalih napona tehnološke prirode, kod navlačenja točkova, kočnih diskova i ležišta na osovine.

Usled velikih naprezanja osovinskih sklopova u eksploataciji dolazi do pojave neispravnosti, najčešće usled zamora materijala.

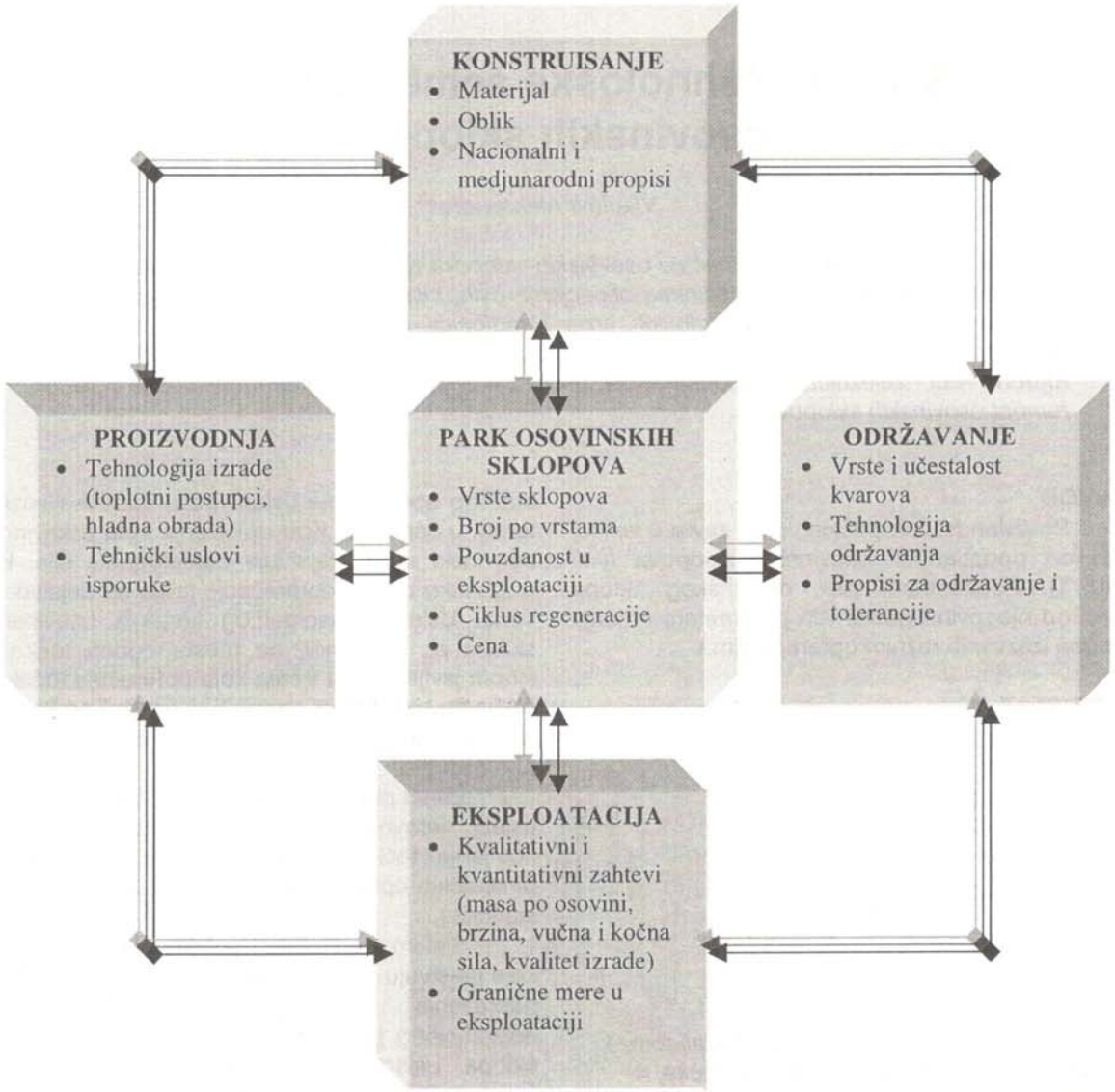
* Vladimir Aleksandrov, dipl. maš. ing., JŽTP "Beograd" – Sektor ZOVS

Pojava defekata i brzina habanja osovinskih sklopova zavisi od uslova eksploatacije, hemijskog sastava i mehaničkih osobina materijala točkova i osovina, karakteristika šina i kočnih papuča, geometrijskih mera osovinskog sklopa, održavanja osovinskih sklopova i dr.

Glavni uticaji na stanje, pouzdanost i efektivnost osovinskih sklopova i njihove medjuzavisnosti, prikazane su na slici 2. Kao što se sa slike vidi, na stanje osovinskih sklopova utiču; konstruisanje, proizvodnja, eksploatacija i održavanje istih.

Sa aspekta ovog rada od posebnog interesa je održavanje osovinskih sklopova, kojim se osovinski sklopovi iz stanja *u otkazu* vraćaju, kad-god je to moguće, u stanje *u radu*.

Postoje uglavnom dve metode remonta osovinskih sklopova: stacionarna i protočna. Organizacija remonta i montaže osovinskih sklopova po protočnoj metodi ima bitnih prednosti u odnosu na stacionarnu. U nastavku rada biće prikazano i opisano nekoliko tehnoloških linija i radionica za remont osovinskih sklopova, sa ili bez zamene njihovih sastavnih elemenata.



Slika 2. Glavni uticaji na stanje, pouzdanost i efektivnost osovinskih sklopova i njihove medjuzavisnosti

2. SISTEMI ODRŽAVANJA OSOVINSKIH SKLOPOVA

Za održavanje osovinskih sklopova u ispravnom stanju neophodni su tehnički plansko-preventivni pregledi i remont ovih. Tehnička kontrola je neophodna radi provere stanja i blagovremenog isključenja iz eksploatacije osovinskih sklopova koji ugrožavaju bezbednost saobraćaja, a takodje radi provere kvaliteta opravljenih i drugih osovinskih sklopova koji se ugradjuju na kola. Remont osovinskih sklopova vrši se sa ili bez zamene elemenata. U radionicama za tekuće opravke kola vrši se obično remont bez zamene elemenata, a u radionicama za investicione opravke kola i u specijalizovanim radionicama za remont osovinskih sklopova - remont sa i bez zamene elemenata. U specijalizovanim radionicama vrši se i kompletiranje novih osovinskih sklopova radi popune parka rezervnih ispravnih osovinskih sklopova.

U tabeli 1 dat je pregled klasifikacije radova kod pregleda i remonta osovinskih sklopova prema načinu otklanjanja defekata. Iz tabele se vidi da se defekti otklanjaju jednim ili sa više postupaka. Prema ovoj tabeli postoje *svega* 14 načina otklanjanja defekata i upravo toliko vrsti remonta.

Kod remonta osovinskih sklopova bez zamene elemenata vrši se obrada profila točkova i obrada rukavaca osovina. Kod obrade sa zamenom elemenata vrši se zamena točkova, osovina, demontaža i montaža, proba labavosti točka.

Klasifikacija radova kod pregleda i remonta je osnova za razradu tehnologije i organizacije remonta osovinskih sklopova.

Tabela 1

Redni broj postupka za otklanjanje defekta	Grupa defekata srodnih prema postupku otklanjanja	Način (postupak) za otklanjanje defekta	Naziv ili oznaka vrste remonta
1.	Ravnomerno i neravnomerno habanje profila točka veće od dozvoljenog, čupanje materijala, ravna mesta, kružna udubljenja, lokalno proširenje oboda točka, ovalnost i ekscentričnost po krugu kotrljanja, nalepnice, razlika prečnika točkova, utrčanost površine kotrljanja, mala debljina venca, oštar i visok venac, podužne naprsline na površini kotrljanja.	Korektura profila, geometrijskih mera i oblika mehaničkom obradom (na primer, struganjem).	Obrada profila točka struganjem.
2.	Debljina venca manja od dozvoljene i oštar venac.	Korekcija profila prethodnim navarivanjem i naknadnom mehaničkom obradom.	Navarivanje i obrada profila.
3.	Raskivanje i izlivanje materijala ka spoljnjoj ivici oboda uz prisustvo dozvoljenog habanja i otsustvo drugih defekata na površini kotrljanja.	Korekcija ivice oboda točka bez potpune obrade profila mehaničkom obradom.	Obrada ivice oboda i dela površine kotrljanja.
4.	Rastojanje izmedju unutrašnjih površina točkova manje od dopuštenog, razlika rastojanja izmedju unutrašnjih površina točkova veća od dopuštene, podužne naprsline na unutrašnjim ili spoljašnjim površinama točkova.	Uspostavljanje mera i kvaliteta površina unutrašnjih ili spoljašnjih ivica oboda točka.	Obrada profila točka sa struganjem unutrašnjih ili spoljašnjih ivica točka.
5.	Naprsline ili drugi defekti na unutrašnjim ili spoljašnjim površinama oboda točka ili diska manji od dopuštenih.	Obrada defekata sa blagim prelazima ka osnovnoj površini.	Lokalna obrada oštećenih mesta.
6.	Podužne naprsline, nagnječenja, risevi, tragovi korozije ne veći od dozvoljenih na rukavcima i prelaznim delovima ka glavčini. Tragovi korozije i pregrevanja, poluprečnici zaobljenja manji od	Obrada rukavaca i prelaznih delova osovine mehaničkom obradom.	Struganje i valjanje rukavaca i prelaznih delova.

	dopuštenih, ovalnost, talasalost, konusnost veća od dozvoljenih rukavaca i prelaznih delova.		
7.	Nagnječenost, tragovi urada, zadori i risevi ne veći od dopuštenih, tragovi korozije na rukavcima i prelaznim delovima osovina sa kotrljajnim ležištima.	Obrada rukavaca i prelaznih delova brušenjem (poliranjem) trakom za poliranje.	Poliranje rukavaca i prelaznih delova.
8.	Lokalne mrežaste brazde, istanjenja, šupljine i risevi na sedištu glavčine, tragovi raslojavanja materijala u vidu belih i tamnih pega.	Mehanička obrada osovine.	Struganje i naknadno valjanje osovine.
9.	Dehbljina i visina naslona rukavca osovina sa kliznim ležištima manji od dopuštenih.	Uspostavljanje mera naslona rukavaca prethodnim navarivanjem i naknadnom mehaničkom obradom struganjem i valjanjem.	Navarivanje naslona rukavca sa naknadnim struganjem i valjanjem.
10.	Ojedenost otvora za centriranje osovine, oštećenje nareza na rukavcu ili na otvorima za zavrtnjeve.	Regeneracija otvora za centriranje i nareza navarivanjem i naknadnom mehaničkom obradom.	Remont čela rukavaca.
11.	Znaci labavosti glavčine točka na osovini.	Ispitivanje na podužno pomeranje propisanom silom u smeru raspresavanja.	Proba na podužno pomeranje.
12.	Rastojanje izmedju unutrašnjih ivica oboda točkova veće od dopuštenog, rastojanje izmedju čela rukavaca i unutrašnjih ivica točkova veće od dozvoljenog.	Raspresavanje točkova sa osovine sa naknadnim napresavanjem.	Raspresavanje i napresavanje osovinskog sklopa.
13.	Poprečne i kose naprsline na obodu točka, naprsline na glavčini i na disku, debljina ili širina oboda manja od dopuštenih, labavost glavčine točka.	Raspresavanje točkova sa osovine i zamena novim ili remontovanim točkovima.	Zamena točkova novim ili remontovanim.
14.	Poprečne ili kose (skoro poprečne) naprsline na bilo kom delu osovine, tragovi vara na osovini, poprečne oznake na srednjem delu osovine, podužne naprsline na srednjem delu osovine ukupne dužine veće od 25 mm, podužne naprsline, zarezi, urezi, šupljine na bilo kom delu osovine veći od dopuštenih, iskrivljenost osovine, kružni žlebovi na srednjem delu osovine sa dubinom većom od 2,5 mm, dužina rukavca kod osovina sa kliznim ležištima veća od dozvoljene.	Raspresavanje točkova sa osovine i zamena osovine novom ili remontovanom koja je u ispravnom stanju.	Zamena osovine novom ili remontovanom.

NAPOMENA: *U slučaju istovremenih defekata na točkovima i osovini prema tačkama 13 i 14, zameniti točkove i osovinu novim ili remontovanim elementima.*

3. STRUKTURA TEHNOLOŠKIH LINIJA I RADIONICA ZA REMONT OSOVINSKIH SKLOPOVA

Strukturne šeme tehnološkog procesa pregleda i remonta osovinskih sklopova prikazana je na slici 3. Redosled izvršavanja osnovnih vrsta radova (maršrutna tehnologija) kod običnog i potpunog pregleda i remonta osovinskih sklopova bez zamene elemenata prikazan je na slikama 3a i 3b, a strukture tehnoloških procesa remonta osovinskih sklopova u odeljenjima kolskih radionica i u specijalizovnim radionicama za remont osovinskih sklopova ili, pak, u radionicama za investicione opravke kola, prikazane su na slikama 3c, 3d i 3e.

U kružićima na slici 3 brojevima su označene vrste radova, a strelicama je uslovno prikazan smer kretanja osovinskih sklopova sa kotrljajnim ležištima (isprekidane linije) i sa kliznim ležištima (pune linije) u procesu izvršenja radova. Brojevi u kružićima imaju sledeće značenje.

1 - prethodni (ulazni) pregled osovinskih sklopova u cilju otkrivanja labavosti elemenata (glavčine točkova), naprslina i drugih neispravnosti.

2 - demontaža mazalica sa kotrljajnim ležištima.

3 - čišćenje i pranje osovinskih sklopova (čišćenje od prljavštine, maziva, boje kod običnog i potpunog pregleda osovinskih sklopova sa kliznim ležištima i kod potpunog pregleda osovinskih sklopova sa kotrljajnim ležištima (3.1), čišćenje od prljavštine i maziva kod običnog pregleda osovinskih sklopova sa kotrljajnim ležištima (3.2).

4 - ultrazvučna defektoskopija sedišta glavčina osovina sa kliznim i kotrljajnim ležištima, a takodje i rukavaca i prelaznih delova osovine ispred glavčina kod osovina sa kotrljajnim ležištima sa kojih nisu skinuti unutrašnji prstenovi ležišta sa kojih nisu skinuti unutrašnji prstenovi ležišta i labirintski prstenovi.

5 - magnetna defektoskopija rukavaca i prelaznog dela osovine ispred glavčine (5.1) i srednjeg dela osovine (5.2).

6 - završni pregled, utvrdjivanje vrste remonta, provera geometrijskih mera osovinskog sklopa.

7 - revizija mazalica sa kotrljajnim ležištima sa skidanjem poklopaca, pregled stanja sklopa mazalice i maziva (7.1), dopuna amzalice mašću i montaža poklopaca (7.2), a u slučaju da je potrebna obrada profila točkova – skidanje zaštitnog lima sa čela rukavca, postavljanje specijalnog zaštitnog elementa sa otvorom za učvršćivanje osovinskog sklopa na strugu za obradu profila točka (7.3), skidanje zaštitnog elementa i montaža zaštitnog lima, dopuna mazalica mašću i montaža poklopaca (ili otvora na poklopcu – 7.4).

8 - obrada profila točka.

9 - obrada rukavaca i prelaznog dela (obrada struganjem i valjanjem kod osovina sa kliznim ležištima – 9.1) i poliranje rukavaca osovina sa kotrljajnim ležištima (9.2).

10 -raspresavanje točkova sa osovine.

11 -obrada struganjem i valjanjem sedišta glavčine točka na osovini.

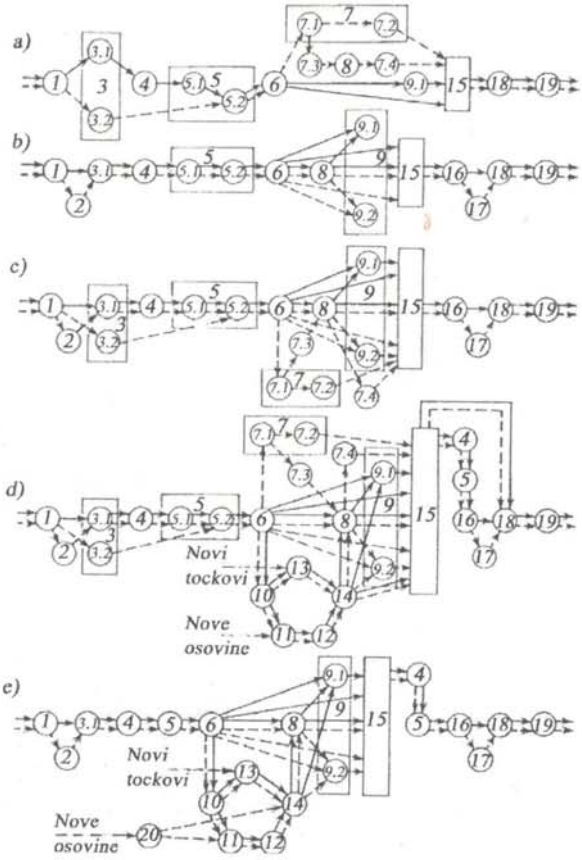
12 -magnetna defektoskopija sedišta glavčine točka na osovini.

13 -obrada otvora glavčina monoblok točkova.

14 -napresavanje točkova na osovinu.

15 -premeravanje geoemtrijskih mera osovinskih sklopova.

16 -obeležavanje osnovnih sklopova.



Slika 3. Strukturne šeme tehnološkog procesa pregleda i remonta osovinskih sklopova.

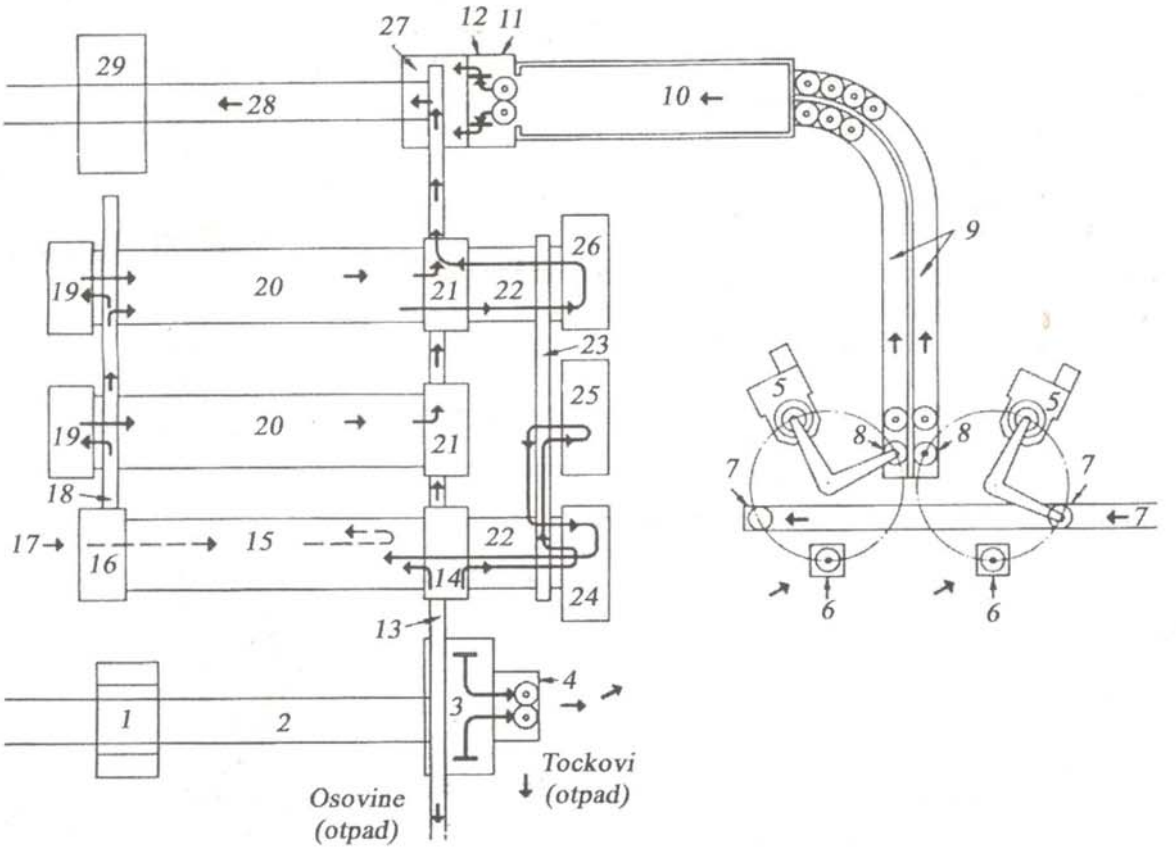
17 -montaža mazalica sa kotrljajnim ležištima.

18 -farbanje osovinskog sklopa.

19 -sušenje osovinskog sklopa.

20 -mehanička obrada osovina.

Na slici 4 prikazana je tehnološka šema radionice za regeneraciju osovinskih sklopova sa monoblok točkovima. U tabeli 2 data je legenda oznaka radnih mesta sa slike 4 i broj radne operacije koja se izvodi na tom radnom mestu, a nazivi radnih operacija sa vrstama radova, tehnološkom i ostalom potrebnom opremom za rad, prikazani su u tabeli 3. Radi lakšeg razumevanja, koristiti paralelno sliku 4 i tabele 2 i 3.



Slika 4. Tehnološka šema radionice za regeneraciju osovinskih sklopova sa monoblok točkovima.

Tabela 2

Red. br.	Radno mesto Naziv	Broj radne operacije prema tabeli br.3
1.	Mesto za demontažu unutrašnjih prstenova ležišta i labirintskih prstenova	1.1
2.	Ulazno medjuskladište osovinskih sklopova	-
3.	Hidraulična presa za raspresavanje točkova	1.2
4.	Mesto za odlaganje i premeravanje točkova	2.1
5.	Mašina za obradu otvora glavčine točka	2.2
6.	Stovarište za ponovno upotrebljive točkove	-
7.	Dopremanje novih točkova sa skladišta	-
8.	Mesto za odlaganje obradjenih točkova	2.3
9.	Transporter sa valjcima	-
10.	Prolazna peć	2.4
11.	Radni sto za primopredaju točkova	-
12.	Uredjaj za okretanje točkova	-
13.	Člankasti transporter I	-
14.	Radni sto za snimanje radova sa magnetnom defektoskopijom i sa uredjajem za predaju ka višespratnom skladištu i ka strugu za grubo struganje	3.2+3.1
15.	Višespratno skladište	-
16.	Uredjaj za predaju delova na člankasti transporter II	-
17.	Ulaz novih osovina	-

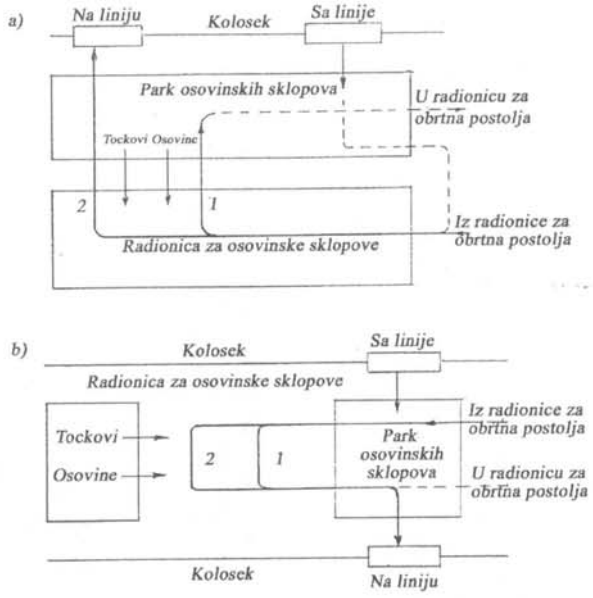
Tabela 2 (nastavak)

18.	Člankasti transporter II	-
19.	Strug za finu obradu osovina sa dva suporta	3.6

20.	Medjuskladište	-
21.	Uredjaj za pretovar sa skladišta (20) na člankasti transporter I	-
22.	Dvospratno skladište	-
23.	Člankasti transporter III	-
24.	Strug za prethodno struganje sa uredjajem za zagrevanje i metalizaciju	3.3+3.5
25.	Kabina za skidanje stare farbe i korozije mlazom čeličnih kuglica	3.4
26.	Dvosuportna mašina za brušenje (glačanje) rukavaca	3.7
27.	Napresavanje točkova na osovinu	4.
28.	Izlazno skladište na koloseku sa duplim šinama	-
29.	Mesto za preuzimanje osovinskih sklopova sa uredjajem za ispitivanje sile napresavanja	5

Radionice za remont osovinskih sklopova imaju različit raspored odeljenja. Radionice za osovinske sklopove mogu biti samostalni objekti ili u sklopu radionice za remont kola.

Veliki broj raznih kombinacija rasporeda odeljenja radionica za remont osovinskih sklopova uslovljava formiranje različitih oblika maršrutnih linija kretanja osovinskih sklopova u procesu njihovog remonta i formiranja, a koje mogu biti pravolinijske, izlomljenje (cik-cak), u obliku petlje, linije koje se ukrštaju i dr. Od velikog broja varijanti rasporeda odeljenja izdvajaju se dva tipa koji, ne narušavajući princip protočnosti, obrazuju takve forme maršrutnih linija kretanja osovinskih sklopova kod kojih se obezbedjuje maksimalna direktna protočnost i minimalni transportni put.



Slika 5. Maršrutne linije osovinskih sklopova kod remonta.

Prvi tip rasporeda karakteriše se linijskim rasporedom odeljenja sa aspekta tehnološkog redosleda obavljanja radova. U tom slučaju formira se pravolinijska otvorena maršruta kretanja osovinskih sklopova (vidi sliku 5a) sa bočnim položajem parka osovinskih sklopova.

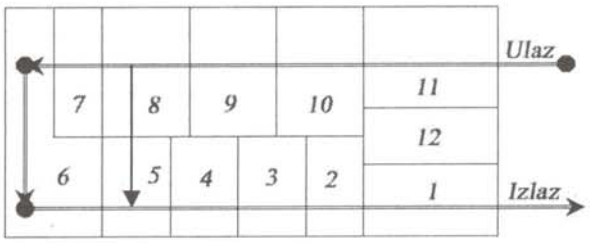
Drugi tip rasporeda uslovljava poluzatvorenu maršrutu kretanja osovinskih sklopova u obliku slova "U" (vidi sliku 5b) sa čeonim položajem parka osovinskih sklopova. Oba navedena tipa rasporeda moguća su kod bilo kog položaja parka osovinskih sklopova u odnosu na kolsku radionicu, pri čemu se formiraju mala i velika grana maršrutne linije kretanja osovinskih sklopova. Grana (1), vidi sliku 5, odgovara protočnoj liniji na kojoj se vrši remont osovinskih sklopova bez zamene elemenata, a grana (2) sa zamenom elemenata. Za radionice za remont osovinskih sklopova u kolskim radionicama karakteristična je grana (1), a za radionice za remont osovinskih sklopova u specijalizovanim radionicama, karakteristične su obe grane (1 i 2) maršrutne linije. Uporedjujući oba tipa vidimo da je drugi tip racionalniji, jer ima manji transportni rad. Na slici 6 prikazan je raspored odeljenja drugog tipa. Na šemi je prikazan i raspored obavljanja tehnoloških operacija. Na ulazu u radionicu (U) nalazi se odeljenje za demontažu mazalica sa kotrljajnim ležištima (11), zatim slede odeljenja: za pranje i čišćenje osovinskih sklopova (10), ulazne kontrole i defektoskopije (9), odeljenje za električno navarivanje (8), za obradu profila točkova i rukavaca osovina (5), raspresavanja (7), formiranja (napresavanja - 6) osovinskih sklopova, izlazne kontrole i defektoskopije (4), bojenja (3), sušenja (2), montaže mazalica sa kotrljajnim ležištima (1), remonta i kompletiranja mazalica (12). Ovakav raspored omogućava najmanji transportni rad zahvaljujući poluzatvorenoj maršrutnoj liniji kretanja i približavanja ulaza (U) i izlaza (I) osovinskih sklopova iz remonta.

Tabela 3.

Radni proces		Vrsta radova		Tehnološka oprema			Ostala sredstva za rad
	Br.	Operacija	Cilj	Kom	Uredjaji za rad	Transportna sredstva	
Zona demontaže	1. 1.1	Demontaža	Skidanje unutrašnjih prstenova ležišta i labirintskih prstenova	1	Radni sto za demontažu	Ulazno skladište	Indukcioni uredjaj
	1.2		Raspresavanje točkova	1	Hidraulična presa	Osovine: Transportna traka ka radnom mestu 3.1 Točkovi: Prenosni uredjaj ka radnom mestu 2.1	
Zona obrade točkova	2. 2.1	Obrada točkova Premeravanje i snimanje radova	Utvrdjivanje dalje upotrebljivosti točka	1	Mesto za odlaganje i merenje	Viljuškar	Merni alat i kalibri
	2.2	Bušenje	Obrada otvora glavčine točka	1	Bušilica ili karusel strug		Merni alat i kalibri
	2.3	Ispitivanje	Merenje otvora i upisivanje mera	1	Mesto za odlaganje	Transport sa valjcima	Merni alat i kalibri Merna lista
	2.4	Predgrevanje	Pripreme za toplo navlačenje	1	Peć		
Zona obrade točkova	3. 3.1	Obrada osovina Defektaža	Otkrivanje riseva i naprslina	1	Uredjaj za magnetoskopiju	Člankasti transporter sa komandama za zaustavljanje traka na odredjenom mestu i logičkim povezivanjem sa skladištima priključenih radnih mesta	
	3.2	Premeravanje i snimanje radova	Premeravanje = utvrdjivanje geometrijskih mera Snimanje radova = odredjivanje vrste i obima radova, na primer: detaljan pregled, utvrdjivanje potreba za metalizaciju sedišta glavčina i rukavaca, utvrdjivanje potreba za obradu rukavaca struganjem i glačanjem.	1	Mesto za merenje sa uredjajima za preuzimanje i predavanje na mestu skladištenja nakon završenih radnih operacija 3.3 i 3.6, kao i nakon operacija 3.8 i 4		Merni alat i kalibri Merna lista
	3.3	Gruba obrada struganjem	Obrada oštećenih površina (riseva)	1	Strug		Merni alat
	3.4	Čišćenje mlazom čeličnih kuglica	Priprema površina za metalizaciju	1	Kabina za čišćenje Kabina za metalizaciju		Brizgalj ka

Tabela 3. (nastavak)

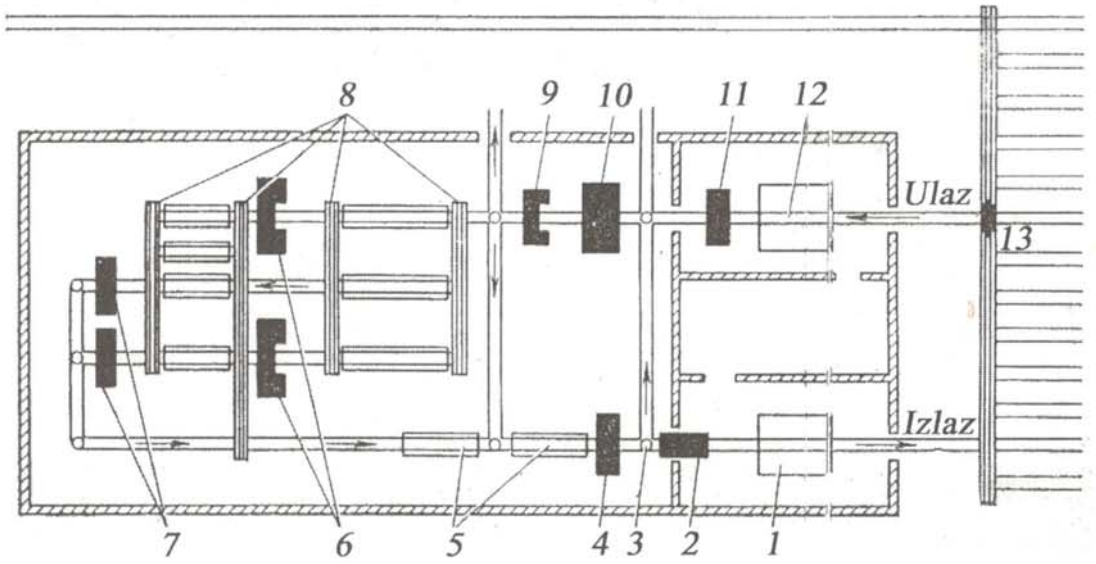
	3.5	Metalizacija	Metalizacija površina sedišta glavčina i rukavaca	1	Uredjaj za metalizaciju ugradjen na strugu 3.3		Uredjaj za predgrevanje (50°C) Žica za metalizaciju
	3.6	Obrada struganjem	Obrada sedišta glavčina i rukavaca	2	Dvosuportni strug za finu obradu		Merni alat i kalibri
Zona obrade točkova (nastavak)	3.7	Brušenje	Brušenje rukavaca	1	Dvosuportna mašina za brušenje	Člankasti transporter sa komandama za zaustavljanje traka na odredjenom mestu i logičkim povezivanjem sa skladištima priključenih radnih mesta	
	3.8	Ispitivanje	Premeravanje obradjenih površina i upisivanje rezultata	1	Mesto za ispitivanje		Pribor za merenje Merna lista
Zona montaže i ispitivanja	4.	Montaža	Napresavanje točkova na osovinu	1	Mesto za montažu		
	5.	Ispitivanje	Preuzimanje gotovih osovinskih sklopova	1	Uredjaj za ispitivanje sile napresavanja	Izlazno skladište	Instrumenti i kalibri



Slika 6. šema rasporeda odeljenja u radionici za remont osovinskih sklopova i šema kretanja sklopova kroz radionicu.

Odeljenja za mehaničku obradu osovina raspolažu izvesnom autonomijom u radionicama za remont osovinskih sklopova, koja po pravilu, zauzimaju posebno mesto u radionici. Važan dopunski zahtev za razmeštaj odeljenja za osovine je obezbedjenje pouzdanog približavanja izlaza tehnološke linije obrade osovina odeljenjima za formiranje osovinskih sklopova.

Obezbedjenje optimalnog rasporeda opreme u realnim uslovima nije uvek moguće. Medjutim, kod rasporeda odeljenja i opreme na proizvodnoj površini radionice za remont osovinskih sklopova treba nastojati da se postigne najveća direktna protočnost i najmanji transportni rad sa osovinskim sklopovima i njihovim elementima u procesu remonta i formiranja.



Slika 7. Dispozicija tipske radionice za remont osovinskih sklopova.

Na slici 7 prikazana je šema jednog od najracionalnijih rasporeda opreme radionice za remont osovinskih sklopova u okviru kolske radionice, gde je:

12 - radno mesto za demontažu mazalica sa kotrljajnim ležištima;
11 - mašina za pranje osovinskih sklopova;
10 - probnica za premeravanje osovinskih sklopova;
9 - uredjaj za magnetnu i ultrazvučnu defektoskopiju;
6 - portalni strugovi za obradu profila točkova;
7 - strugovi za obradu struganjem i valjanjem rukavaca osovina i prelaznih delova rukavaca;
4 - uredjaj za izlaznu kontrolu (defektoskopija, premeravanje i označavanje) osovinskih sklopova;
2 - mesto za bojenje i sušenje osovinskih sklopova;
1 - radni sto za montažu mazalica sa kotrljajnim ležištima;
14 - odeljenje za remont i kompletiranje ležišta i sklopova mazalica;
13 - park osovinskih sklopova;
3 - okretnice;
8 - uredjaji za poprečni transport osovinskih sklopova;
5 - skladište osovinskih sklopova.

Raspored opreme prikazan na slici 7 omogućava protočni remont osovinskih sklopova, koji ulaze u radionicu preko ulaza (U), prolaze demontažu, pranje i ulaznu kontrolu (pregled, defektoskopiju, premeravanje). Dalje se put osovinskih sklopova račva u tri smera: prvi - ka mašinama (strugovima) za obradu profila točkova i rukavaca osovina, drugi - ka izlaznoj kontroli, farbanju, sušenju i montaži mazalica sa kotrljajnim ležištima i izlaze iz radionice preko izlaza (I) i treći - ka bočnom izlazu iz radionice u slučaju da je potrebna zamena elemenata osovinskog sklopa ili njegovo izbacivanje iz eksploatacije. U radionicama za remont osovinskih sklopova u okviru radionica za remont kola, postoje dve protočne linije osovinskih sklopova: jedna za osovinske sklopove koji se podvrgavaju pregledu (običnom i potpunom), a drugi za osovinske sklopove koji se podvrgavaju pregledu i remontu bez zamene elemenata.

4. ZAKLJUČAK

Onim što je rečeno u ovom radu nije, takoreći, ni načeta ukupna problematika održavanja osovinskih sklopova. Zbog ograničenog prostora rada samo su *na preskok* obradjene neke od mogućih (i to najjednostavnijih) sistema i tehnoloških šema održavanja osovinskih sklopova. Postoje, itekako, savremeniji sistemi, odnosno automatizovane radionice za remont osovinskih sklopova koje omogućavaju visoku produktivnost rada uz minimalne troškove remonta. No, kako su naše železnice i njihov obim rada mali u odnosu, čak i na neke susedne, a da ne govorimo o razvijenim železničkim upravama u Evropi i svetu, možda bi smo mogli biti zadovoljni i sa *klasičnim* radionicama za remont osovinskih sklopova o čemu će biti reči u jednom od sledećih radova autora ovog rada. Inače, *radoznaliji* čitaoci i čitaoci

koji se profesionalno bave i ovim, ili isključivo ovim poslovima (remont osovinskih sklopova) mole se za strpljenje još malo, dok iz štampe ne izadje već planirano i odobreno izdanje posebne stručne knjige (priručnika) sa preko 500 stranica i otprilike toliko slika pod naslovom ***Održavanje osovinskih sklopova*** od autora ovog članka.

LITERATURA

(1) Aleksandrov V.: *Železnička kola*, ŽELNID, Beograd, (2000).
(2) Aleksandrov V.: *Održavanje železničkih vozila*, ŽELNID, Beograd, (2000).
(3) Aleksandrov V.: *Održavanje osovinskih sklopova (priručnik pred objavljivanjem)*, ŽELNID, Beograd, (2000).
(4) Bogdanov F.A. i dr.: *Ekspluatacija i remont kolesnih par vagonov*, "Transport", Moskva, (1985).
(5) Bornemann K.: *Wogenradsatz - Unterhaltung Woher - Wohin*, "Hestra-Verlag", Dermstadt, (1976).

SYSTEMS AND TECHOLOGICAL SCHEMES OF AXLE-SET MAINTENANCE

Vladimir Aleksandrov, B. Sc. Mech. Eng, Railway Transport Enterprise "Beograd", Rolling Stock Maintenance Department , Belgrade

Abstract – *The paper is treating the significance of axle-sets from the point of view of railway vehicles safety, basic faults and ways of faults removal, maintenance systems of axle-sets and structures of technological lines and workshops for overhaul of axle-sets, particularly based on the aspect of introduction of modern continous technological lines for thereof overhaul.*

Key words – *Railways, Railway vehicles, Axle-Sets, Workshop and technological lines for axle-set overhaul.*

Strategija smanjenja emitovanja izduvnih gasova kod dizel vozila na železnici

Luka Čupković, Milutin Minić, Nenad Mirčevski, Jelena Živanović[1]

Rezime: *U radu se razmatra problematika emitovanja izduvnih gasova, njihov štetan uticaj na zdravlje i primena novih tehnologija za smanjenje emitovanja i donošenje standarda za ovo područje*

1. Uvod

Iako železnica kao transportni sistem najmanje zagadjuje prirodnu i životnu sredinu, danas se u svetu intenzivno istražuju i proučavaju posledice eksploatacije železničkog saobraćaja, pravci razvoja aktivnosti i tehničko-tehnološka nova rešenja za smanjenje buke (rad motora, točak/šina, k-kočni umetci i sl.), vibracija, kao i zagadjenosti koje izazivaju izduvni gasovi dizel motora vučnih vozila na železnici. U radu se navode primene novih tehnologija kojima se doprinosi redukciji emisije gasova, zakonske regulative kojima se odredjuju dozvoljene granične vrednosti emitovanih gasova, kao i predloženi novi standardi, čijom bi se primenom postigao najveći stepen redukcije emisije, primenjujući nove tehnologije kojima se kontroliše emisija gasova.

2. Zagađenje atmosfere okoline koje izazivaju vozila sa dizel motorima

Za vreme rada dizel motora železničkih vozila izduvni gasovi izazivaju sve veće smetnje ištetni su po zdravlje ljudi. Sumnja se da su čestice koje se emituju kancerogene.

Pisanjem o zagadjenosti u dnevnim glasilima u svetu se stvara negativan "imidž" o železnici. Posebno se žale stanovnici u naseljima kroz koja prolaze vozovi, kao i stanovnici koji žive u blizini stanica i depoa. Posebno dolazi do veoma visoke koncentraciještetnih gasova kada vozovi sa dizel vučnom saobraćaju kroz tunele, rad motora na manevri i praznom hodu ili kada se vrši održavanje ili remont pruga u tunelima koristeći dizel-vuču. Zbog toga se nameću striktna ograničenja za vozila, koja se koriste za radove u tunelima. Izduvni gasovi osim čađi sadrže: O_2, H_2O, CO, CO_2, SO_2, SO_3 i NO_x.

Kvalitet goriva je odlučujući za određivanje koncentracije izduvnih gasova, pa se u EU vode aktivnosti o Direktivama koje se odnose na kvalitet goriva.

U cilju smanjenja emitovanjaštetnih gasova pokrenuta je inicijativa preko UNIFE za iznalaženje tehničkih mogućnosti i potencijala za ograničenje zagađenosti kroz razvoj novih tehnologija za motore kao i mogućnosti redukovanja emitovanja gasova kroz primenu alternativnih goriva (gas ili tečni gas).

Interesantno je napomenuti da je Siemens izvršio rekonstrukciju stare nemačke lokomotive BR 360 koja je proizvodena još 1955. godine. Na lokomotivu je ugradjen Caterpillar motor snage 472 KW. Ovaj motor je na prirodni gas sa elektronskim upravljanjem, čime se kontroliše regulacija smese i osigurava formiranje optimalne smeše vazduh/prirodni gas.

UIC Komitet "Tehnika i istraživanje" - C5/C12 zadužila je ERRI da izradi projekat o problematici zagađenosti izduvnim gasovima i da se predlože koje su to maksimalne dozvoljene vrednosti za izduvne gasove.

EU još nije objavila Direktivu o železničkim vučnim vozilima.

1 Mr Luka Čupković,dipl.maš.inž., ŽTP Beograd 6/III; Milutin Minić,dipl.maš.inž., Republički inspektor za železnički saobraćaj, Nemanjina 22-26 , Beograd; Nenad Mirčevski,dipl.maš.inž., ŽTP Beograd, Nemanjina 6/III; Jelena Živanović,dipl.maš.inž., Zajednica JŽ, Nemanjina 6/III, Beograd.

U SAD Američka agencija za čovekovu sredinu (EPA) utvrdila je granične vrednosti emitovanja gasova i njihova će primena biti obavezna.

U Nemačkoj je Savezna agencija za čovekovu sredinu (UBA) izradila sličan nacrt zakona, čije su vrednosti date za primenu od 2005 godine u tabeli 1.

Prvi niz odredbi EPA standarda odnosi se na nove lokomotive koje su proizvedene u periodu stupanja na snagu standarda pa do 2004 godine.

Prema odredbama USEPA u središtu pažnje je redukcija NO_x.

Sadašnje dizel lokomotive koje su u upotrebi za teretnu vuču ograničene su emisijom od oko 18,1 g/kWh, a za nove dizel lokomotive EPA će zahtevati smanjenje za oko 50% u odnosu na postojećešto iznosi oko 8,7 g/kWh.

Za dizel lokomotive koje će biti proizvedene posle 2005 godine biće potrebno smanjiti emisiju NO_x za oko 65% ili na vrednost od 7,4 g/kWh.

Asocijacija Američkih železnica (AAR) podržala je predlog, da se lokomotiva smatra da je "nova", ako je novoproizvedena ili rekonstruisana (ugrađen novi dizelmotor ili rekonstruisan dosadašnji), s tim da se za rekonstruisane dizel lokomotive zahteva redukcija NO_x na 10,7 g/kWh.

Procena je ARR da će program rekonstrukcije koštati preko milijardu USA dolara.

Tabela 1. Granične vrednosti kod dizel motora (u lokomotivama) ili indeks za merenje koncentracije dima po Bochu

Institucija	HC g/kWh	CO g/kWh	NO_x g/kWh	čestice g/kWh	Indeks po Bochu
UIC Objava 623	0.8	3	12		1.6 ö2.5
Zakon EPA	0.4	2	7.4	0.27	
Predlog UBA	0.3	1	3		<1
EU(off-road-vozila)	1	3.5	6	0.2	

3. Načini za ostvarivanje postavljenih zahteva

Prema dosadašnjim istraživanjima i razvoju u General Motors' Electro Motive Division utvrđeno je da usporenje ubrizgavanja goriva u cilindre dizel motora proizvodi manju emisiju NO_x prosečno za oko 35% pri punom broju obrtaja EMD dizel motora, dok je potrošnja goriva povećana za svega oko 1 do 2%.

Niska temperatura post-hlađenja (kroz smanjenje temperature u cevovodu) doprinela je da se redukuje emisija NO_x za 20%. Elektronsko ubrizgavanje goriva, kao visoka tehnologija kojom se postiže podešavanje promenljivih kaošto su posthlađenje, vreme ubrizgavanja ili stepen kompresije, doprinose optimizaciji potrošnje goriva i smanjenju emisije pri promenljivim uslovima opterećenja.

Autor Prudian iz "Kalifornia lokomotive" ističe: "Elektronsko ubrizgavanje goriva utiče na smanjenje emisije gasova jer daje precizniju kontrolu rada motora .Ono kontroliše stvaran rad svakog klipa i vrši vremenska podešavanja u radu. Regulacija se vrši pri svakoj rotaciji. Ono može regulisati najekonomičniji rad."(4)

Redukcija emisije gasova postiže se i primenom goriva sa malom količinom sumpora, tako da je postignuto redukovanje emisije SO_2 sa normalnog nivoa od 1,50 do 1,54 g/kWh na svega 0,04 g/kWh.

Standardi koje predlaže Evropska železnička unija (UIC) su mnogo oštriji od EPA standarda, ova razlika je velika.Tako predlog za UIC standard za čestice iznosi 0,25 g/kWh, a EPA 0,60 g/kWh,što je veće za 2,4 puta, tabela 2.

Ovakva razlika ako bi se usvojila na UIC isključila bi nove lokomotive USA sa Evropskog tržišta.

Tabela 2. Predloženi UIC standardi za motore snage veće od 560 kW i poređenje sa EPA standardima

Institucija	Datum primene	NO_x g/kWh	CH g/kWh	CO g/kWh	čestice g/kWh
UIC	1.1.2003.	9.5 ili 9.9	0.8	3.0	0.25
EPA	1.1.2002.	9.9	0.74	3.0	0.60
UIC	1.1.2008.	6.0	0.5	2.0	0.20
EPA	1.1.2005	7.4	0.4	2.0	0.27

Posle usaglašavanja jednog test ciklusa (ISO 8178F) UIC ad-hoc grupa predložila je UIC Komitetu "Tehnika i istraživanje" -C5/C12 emisione granice, tabela 3.

Grupa eksperata ERRI "Emissions" predložiće novu UIC Objavu 624 koja će biti razmatrana na UIC SC 5A - Podkomisiji za vučna vozila u januaru 2001. godine.

Tabela 3. Najnoviji predlog emisionih granica za gasove novih dizel motora

Insti-tucija	Datum primene	Snaga motora kW	Brzina motora °/min	NO_x g/kWh	CO g/kWh	HC g/kWh	čestice g/kWh	Dim u Boch
ERRI	do 31.12.2002.	nema	nema	12	3	0.8		1.6
Faza 1	1.1.2003. do 31.12.2007.	>560	>1000	9.5	3	0.8	0.25	
			<1000	9.9				
		<560	nema	6	2.5	0.6		
Faza 2	od 1.1.2008.	>560	nema	6	2	0.5	0.20	
		<560	nema	4.5			0.15	

Tabela 4. Poređenje opterećenja i emisije NO_x za železnicu i drum

Vrsta transporta	Izmerena snaga po 1000 kg robe kW	Izmerena količina NO_x g/kWh	Količina NO_x po1000kg robe g/h
Drum	4.5	5.0	22.5
Železnica	0.5	9.9	5.0
Odnos drum/železnica	9.0	0.5	4.5

4. Poređenje emisije pri izvršenju transporta

Za poređenja koja su izvršena između drumskog i železničkog transporta sa aspekta poređenja motorskog opterećenja i emisije NO_x primenjeni su standardi ISO8178 i ISO8178F.

Tako je EURO III motor snage od 250kW korišten za vučenje 30000 kg robe ili 11.7 kW/1000 kg robe. Motor je reprezentovan određenim test standardom EC 91/542/EEC i emituje izmerenu emisiju oko 5 g/kWh.

Dizel lokomotivski motor snage 2000kW koristi se za vučenje 1200000 kg robe ili 1.7 kW/1000 kg robe. Dizel motor emituje emisiju u dozvoljenim granicama prema UIC za 2002. godinu.

Motor emituje izmerenu emisiju od oko 9.9 g/kWh. Uporedni izmerene vrednosti prikazane su u tabeli 4.

Iz tabele se vidi da je iskorištena energija za drumski saobraćaj 9 puta veća od energije na železnici.Železnica za prevoz iste količine robe emituje samo 22% od emisije na drumovima.

Ovo pokazuje da je železnica "čistija"od drumskog prevoza u pogledu emisije gasova dizel motora, što bi trebalo imati u vidu u daljnoj preraspodeli transportnog rada sa stanovišta zaštite okoline.

ZAKLJUČAK

U Svetu se pridaje veliki značaj redukciji emisije gasova motora sa unutrašnjim sagorevanjem. Donešeni su i još se pripremaju oštriji kriterijumi za emisiju izduvnih gasova. Novi motori koji se proizvode moraće zadovoljiti postavljene zahteve koji su rigorozniji od dosadašnjih. Ovoj problematici na JŽ treba dati poseban značaj kod nabavke novih motora.

U pripremi je nova Objava UIC u kojoj će biti propisane granične vrednosti emisije izduvnih gasova za nove motore kao i metode za merenje.

LITERATURA

[1] UIC Railway Energy Efficiency Conference, Paris, 10 May 2000

[2] Mark P.Stehly: Lokomotive Emission Production Strategies for EMD 645E3B, Diesel Engines, Burlington Northern and Santa Fe Railway Company

[3] Seminar UIC-a: Smanjenje emitovanja izduvnih gasova kod Dizel vozila i lokomotiva, Paris 1998

[4] Progressive Railroading–Transit Extra, March 1995.

[5] D.Stošić: Tržišno ispitivanje o inovacijama vuče u pogledu efikasnog korišćenja energije, ZJŽ, Beograd 1999.

[6] L.Čupković: Izveštaj sa SC5A–Vučna vozila, Homologacija dizel motora, ZJŽ, Beograd 1999.godine.

MOTIVE POWER EMISSION REDUCTION STRATEGIES ON RAILWAYS

Luka Čupković, Milutin Minić, Nenad Mirčevski, Jelena Živanović

Summary: *This paper is considering problem emissions Reduction exhaust gas, this harmful influence on health, applications new technologies for Reductions emissions and bringing standards for this domain.*

Key words: *Engines, Emissions, Standards limits, Reductions, temperature*

Uticaj pojava otkaza tokom radnog veka vučnog vozila na izbor sistema prenosa snage

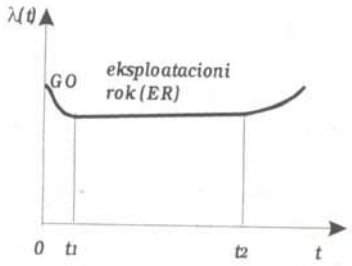
(za sistem dizel - električnog i električnog prenosa)

Slobodan Stefanović, Stojan Stamenković

1. UVOD

Pojave otkaza (kvarova) u toku trajanja u radu delova sistema prenosa mogu se prikazati grafički (slika 1.):

oznake: $\lambda(t)$-intezitet pojava stanja u otkazu, t-vreme trajanja delova sistema prenosa, Go-generalna opravka, ER-eksploatacioni rok delova sistema prenosa



Slika 1. Grafički prikaz veka trajanja delova sistema prenosa snage vučnog vozila

Ovaj prikaz (slika 1.) je funkcija inteziteta kvarova u zavisnosti od veka trajanja i rada sistema prenosa snage. Na ovom grafičkom prikazu interval od *0-t1* predstavlja interval početnih kvarova koji nastaju u periodu uhodavanja (ako je izvršena generalna opravka onda se prati period uhodavanja u garantnom roku), interval od *t1-t2* je interval normalnog veka trajanja (period eksploatacije sistema prenosa snage) kada je neispravnost stalna i taj period odgovara eksploatacionoj raspodeli λ=const., a period od *t2* je interval starenja i istrošenja tj. period amortizacije.

U proizvodnji sistema prenosa snage (kao i pri izvršenoj generalnoj opravci), njihovih sklopova i delova trebalo bi da se nastoji da period (*t1*) bude što manji, sa što manjim vrednostima otkaza. Na to najviše može da utiče proizvođač najpovoljnijim tehničkim rešenjima i primenom odgovarajućih materijala.

Period do (*t2*) treba da bude što duži, sa što manjim vrednostima otkaza. Perod od (*t2*) takođe treba da je što duži, ali sa blagim rastom broja otkaza.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE STEPENA POUZDANOSTI

Uobičajeno je da se stepen pouzdanosti vučnih vozila karakteriše trajnošću, radom bez neispravnosti i prikladnošću popravke delova sistema prenosa snage (kada dođe do njih). Vučna vozila sa stanovišta pouzdanosti predstavljaju specifične sisteme jer se odlikuju visokim stepenom popravljivosti i velikom učestanošću intervencija.

Kao pokazatelj informacije pouzdanosti, koristi se brzina pojava stanja u otkazu (λn), odnosno intezitet otkaza i to za period normalne upotrebe (period od *t1* do *t2*).

Pouzdanost sistema prenosa snage kao i samog vučnog vozila zavisi od njegove složenosti. Ako treba tačno da se odredi pouzdanost sistema

Mr Slobodan Stefanović dipl. inž. maš., Kordinator mašinskog održavanja, Centar za istraživanje i razvoj D.P. Nitex, Niš, ul. Ratka Pavlovića br. 58.
Dr Stojan Stamenković dipl. inž. maš., Mašinski fakultet u Nišu, ul. Beogradska 14.

prenosa snage, onda se mora raspolagati tačnim podacima otkaza sastavnih komponenata. Dijagram kvarova predstavlja funkciju broja kvarova u toku vremena ili pređenog puta.

Veliki deo analize pouzdanosti zasnovan je na statističkom proučavanju, kod kojeg se od jednog do drugog sklopa sistema prenosa snage priprema dijagram kvarova u odnosu na vreme u toku radnog ciklusa vozila njegovih komponenata i delova.

Razlog za izaradu ovakvih ciklusa je da se njihovim poznavanjem i primenom matematičke raspodele verovatnoće može izvršiti merenje i predviđanje brzine nastajanja kvarova vozila, uređaja ili delova na bazi podataka dobijenih iz eksploatacije ili sa ispitivanja. Statistička kontrola je i cilj istraživanja i to: projektovanja, proizvodnje i ispitivanja. To je danas jedini put koji vodi do puzdanosti.

Na pouzdanosti sistema prenosa snage a samim tim i vučnog vozila utiče veoma veliki broj faktora. Ovi faktori mogu da se podele na one koje utiču na smanjenje i na one koje utiču na povećanje pouzdanosti.

Faktori koji utiču na smanjenje pouzdanosti su:

1. Objektivni faktori: temperatura, vlaga, pritisak, padavine, primese (pesak, opiljci i sl.), radijacije, biološki faktori, prelazne pojave-procesi, starenje, istrošenje i sl.
2. Subjektivni faktori: ugrađeni nepouzdani elementi, nenormalni režim rada, nedostaci u konstrukciji vozila, nedostaci u koncepciji projektovanja sistema prenosa snage, greške u tehnologiji izrade, greške u eksploataciji sistema prenosa snage, slab kvalitet tehničkog održavanja sistema prenosa snage.

Faktori koji utiču na povećanje produktivnosti:

1. Povećanje stepena regeneracije sistema prenosa snage: optimalni sistem remonta, optimizacija uslova rada na održavanju i remontu, dobra obučenost kadrova za održavanje i remont, standardizacija i unifikacija delova sistema prenosa snage, automatizacija obavljanja što većeg broja kontrola.
2. Povećanje rada bez otkaza: profilektika i prognoziranje ponašanja sistema prenosa snage, statistička kontrola ponašanja sklopova, uređeja i delova sistema prenosa snage, ispitivanje sklopova pre ugradnje u sistem prenosa snage, zaštita od ekstremnih temperatura, amortizacija udara sistema prenosa snage (amortizacija na vibracije i oscilacije), olakšanje rada vučnog vozila.

3. POKAZATELJ POUZDANOSTI SISTEMA PRENOSA SNAGE

Analizom je obuhvaćen pokazatelj pouzdanosti sistema prenosa snage, i to broj defekata komponenata sistema prenosa snage u vremenu uhodavanja - period od *0-t1 (slika 1.)* (vreme uhodavanja posle izvršene generalne opravka).
Analiza je izvršena za dizel- električni (DEL) i električni (EL) sistem prenosa snage.

U poslednjih deset godina, kupljena su samo dva vučna vozila (serije J.Ž. 412/416) te stoga analizu otkaza u periodu uhodavanja konstrukcije (period od *0-t1*) nije moguće detaljno sprovesti. Iz tog razloga se analizira broj defekata komponenata vozila posle ivršene generalne opravke u periodu od dve godine na vučnim vozilima serija J.Ž. 645, 661, 666, 441, 461.

Tabela 1. Broj kvarova delova sistema prenosa snage posle izvršene generalne opravke na vučnim vozilima J.Ž. 645, 661, 666 u periodu od dve godine (priod od 01.01.96 do 31.12.97 god.)

R.B.	Oznaka vozila na J.Ž.	Naziv dela u sistemu prenosa snage na kome se analizira kvar							Suma broja defekata
		Dizel motor	Glavni generator	Vučni motor	Osovinski reduktor	Kolski slog	Pomoćni pogoni	Ostala oprema	
1.	645-013	-	-	-	-	-	1	-	1
2.	661-132	-	-	-	-	1	-	-	1
3.	661-143	2	-	-	-	-	-	-	2
4.	661-158	1	-	-	-	-	-	-	1
5.	661-162	1	-	-	1	1	-	2	5
6.	661-227	1	-	-	-	-	-	-	1

7.	661-236	-	-	-	1	2	-	1	4
8.	661-251	-	-	-	-	-	1	-	1
9.	666-002	-	-	-	-	-	1	-	1
10.	666-004	2	-	-	-	-	1	-	3
Σ		7	-	-	2	4	4	3	20
Broj kvarova po vučnom vozilu (%)		0,7	-	-	0,2	0,4	0,4	0,3	

Tabela 2. Broj kvarova delova sistema prenosa snage posle izvršene generalne opravke na vučnim vozilima J.Ž. 441, 461 u periodu od dve godine (priod od 01.01.96 do 31.12.97 god.)

R. B.	Oznaka vozila na J.Ž.	Naziv dela u sistemu prenosa snage na kome se analizira kvar									Suma broja defekata
		Krovna oprema	Glavni transformator	Glavni prekidač	Vučni motor	Osovinski reduktor	Kolski slog	Pomoćni pogon		Ostala oprema	
								U	EM		
1.	441-009	3	-	-	1	-	1	1	2	9	15
2.	441-010	1	-	-	2	1	5	-	2	1	12
3.	441-011	1	1	-	6	-	5	1	2	2	18
4.	441-029	1	-	-	1	1	6	-	2	4	15
5.	441-031	3	-	-	1	-	3	-	1	1	9
6.	441-040	-	1	-	7	-	8	1	1	-	18
7.	441-066	1	-	-	4	-	6	3	4	4	22
8.	441-086	4	1	1	4	-	2	5	3	8	28
9.	441-316	1	1	-	1	-	3	-	4	1	11
10	441-422	-	-	1	3	-	1	4	3	6	18
11.	441-513	1	-	-	-	-	4	2	-	2	9
12.	441-518	2	-	1	2	2	5	-	3	7	22
13.	441-522	3	-	2	4	-	5	-	1	3	18
14.	441-748	2	-	1	1	-	1	5	-	2	12
15.	461-007	-	-	-	-	-	1	1	-	1	3
16.	461-014	-	-	-	1	1	-	-	-	-	2
17.	461-019	-	1	-	-	-	1	-	-	1	3
18.	461-020	-	1	-	-	-	-	2	1	2	6
19.	461-022	1	1	-	3	1	-	1	1	1	9
20.	461-029	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
21.	461-036	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1
22.	461-039	-	-	1	1	1	1	-	-	3	7
23.	461-042	-	-	-	-	-	-	-	-	1	1
24.	461-045	-	-	1	-	-	-	-	-	1	2
25.	461-122	-	1	-	2	2	1	-	-	1	7
26.	461-129	-	-	-	1	1	-	1	-	-	3
27.	461-139	-	-	-	-	-	-	2	-	1	3
Σ		24	8	8	45	11	59	57		63	275
Broj kvarova po vučnom vozilu (%)		0,88	0,296	0,296	1,66	0,407	2,185	2,11		2,33	

U-upravljanje, EM-elektromotor.

Na osnovu podataka iz prikazanih tabela T-1. i T-2., može se izvršiti ukupna analiza broja kvarova delova po vrstama sistema prenosa snage (za dizel -električni i električni sistem prenosa) posle izvršene generalne opravke.

Tabela 3. Broj kvarova (defekata) delova sistema prenosa snage(za DEL i EL sistem prenosa) po vučnom vozilu posle izvršene generalne opravke u periodu od dve godine.

R.B.	Naziv elementa u sistemu prenosa snage	Broj kvarova na sistemima prenosa snage po vučnom vozilu (%)	
		DEL	EL
1.	Dizel motor	0,7	-
5.	Glavni generator	-	-
6.	Vučni motor	-	1,66
7.	Glavni transformator	-	0,296
8.	Glavni prekidač	-	0,296
9.	Krovna oprema	-	0,88
10.	Osovinski reduktor	0,2	0,407
11.	Kolski slog	o,4	2,185
12.	Pomoćni pogoni	0,4	2,11
13.	Ostala oprema	0,3	2,33

Za prenos snage od pogonskog agregata do kolskih slogova, srednje vrednosti kvarova po vozilu J.Ž. za analizirane sisteme, posle izvršene generalne opravke u periodu uhodavanja je izraženo formulom:

$$\xi = \frac{\text{procentni broj kvarova po vucnom vozilu}}{\text{n [suma ukupanog broja elemenata u sistemu prenosa snage]}} (\%\ \text{otkaza})$$

Dizel električni prenos:

$$\xi_{DEL} = \frac{0,7+0,2+0,4+0,4+0,3}{5} = 0,4(\%\ otkaza)$$

Električni prenos:

$$\xi_{EL} = \frac{1,66+0,296+0,88+0,407+2,185+2,11+2,33}{8} = 1.27\ (\%\ otkaza)$$

4. ZAKLJUČAK

Upoređivanjem srednjih vrednosti kvarova po vučnom vozilu J.Ž. posle izvršene generalne opravke (u periodu od dve godine) konstatuje se, da je dizel- električni prenos snage povoljniji iz razloga pojava najmanjeg broja defekata po vučnom vozilu u odnosu na električni sistem prenosa, što mu daje prednosti pri izboru najoptimalnijeg sistema prenosa snaga.

LITERATURA:

1. Kovač K., Metodologija utvrđivanja kvaliteta, pouzdanosti i sigurnosti železničkih vučnih vozila, Zavod za novinsko- izdavačku i propagandnu delatnost J.Ž., Beograd, 1987.
2. Knorr - Bremse GMBH, Bremstecnische Begriffe und Werte fur Schienenfahrzeugen, Munchen 1976.
3. N.I. Panov, Toplovozi, Moskva 1976.
4. Pravilnik o održavanju železničkih vučnih vozila J.Ž., Beograd, 1988.
5. Stefanović S., Magistarski rad, Mašinski fakultet, Niš, 2000.
6. Katalozi Holding kompanije "MIN", R.J.Lokomotiva.
7. Pravilnici ŽTP Beograd o eksploataciji i remontu vučnih vozila za period 1996 - 1997 god.

Verovatnoća realizacije preostalog veka posle uočene pukotine

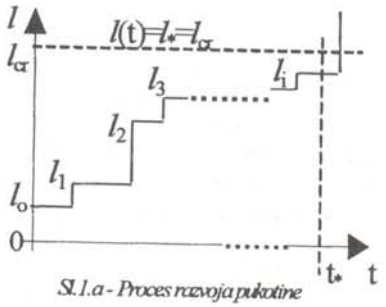
Radoje Lišanin, Nadežda Šubara

Rezime: *U oblasti zamora kod strukturnih elemenata železničkih vozila i uopšte, tačno prognoziran pouzdani vek daje mogućnost definicije vremena bezotkaznog rada, što je osnovni podatak za određivanje raspoloživosti i efikasnosti voznog parka i celovite organizacije procesa eksploatacije i održavanja. Prognoziranje dužine pukotine u toku vremena je polazni podatak za definiciju tehničko-tehnoloških i konstruktivnih metoda za njenu sanaciju, sprečavanje daljeg rasta, ili zamenu oštećenog elementa. To znači povećanje operativne raspoloživosti uz velike uštede u procesu eksploatacije, kontrole i održavanja.*

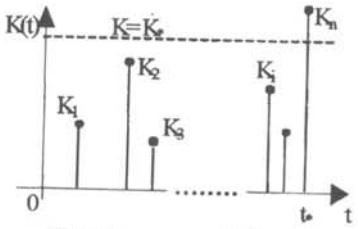
Ključne reči: *Železnička vozila, pouzdani vek, preostali vek, raspoloživost.*

1. UVOD

Matematički model za određivanje verovatnoće realizacije prognoziranog preostalog veka mora da podržava mehanički model koji opisuje promeljivost parametara koji definišu promene stanja u materijalu elementa sa identifikovanom pukotinom i njenog rasta do kritične veličine koja uzrokuje granično stanje. Razmatra se dakle element konstrukcije sa pukotinom podvrgnut dejstvu slučajnog diskretnog protoka napona σ_i (i = 1,2 ..n) koji uzrokuje porast pukotine l (t) i promenu po vremenu naponskog stanja oko vrha pukotine K(t). Cilj je određivanje verovatnosnih karakteristika momenta vremena t tako da promenljivi proces naponskog stanja oko vrha pukotine K(t) ne premaši opasnu vrednost K* (pukotinska žilavost K_{Ic} ili K_C sl.1.a i sl.1.b.).



Sl.1.a - Proces razvoja pukotine



Sl.1.b - Proces promene KIN u zoni pukotine

2. VEROVATNOĆA REALIZACIJE PREOSTALOG VEKA POSLE UOČENE PUKOTINE

Matematički model se može skoncentrisati na određivanje apsolutnog maksimuma procesa promene K(t). Međutim, proces analitičke realizacije je otežan sa porastom dužine pukotine l(t) jer uzrokuje nestacionarnost procesa K(t), čak i kod stacionarnih procesa napona σ(t).

Ako se uzme da je $F_i(K)$ - funkcija raspodele koeficijenata intenziteta napona oko vrha pukotine (KIN) pri i - tom naponu, tada se funkcija raspodele apsolutnog maksimuma procesa K(t), koja je odgovarajuća uslovima iz kojih su proizašla r razornih opterećenja u vremenu opterećivanja t, može opisati relacijom u obliku:

$$F_*(K/r) = \prod_{i=1}^{i=r} F_i(K) \qquad (1.)$$

Bezuslovna funkcija raspodele apsolutnog maksimuma nestacionarnog procesa K(t) ima oblik:

* prof. dr Radoje lišanin, dipl. maš. Inž., mr Nadežda Šubara, dipl.maš.inž., Institut "Kirilo Savič" Beograd, Vojvode Stepe 51. tel. 469-322, lok. 156.

$$F_*(K,t)=\sum_{r=0}^{r=\infty}\prod_{i=1}^{i=r}F_i(K)\cdot P(r,t) \qquad (2.)$$

gde je: $P(r, t)$ - verovatnoća opstanka za vreme t, adekvatna vrednosti iz koje su proizašla tačno r opterećenja.

Nestacionarni proces $K(t)$ uzrokuje višestruke teškoće kod praktične realizacije relacije (2.) i zato se prema teoriji verovatnoće pribegava njenoj transformaciji prema Laplasu u oblik:

$$F_*(K,t)=\begin{cases}0, & \text{za } K<K_0\\ 1-\frac{1}{t}\int_0^t\{1-F_x(K)\}dx & \text{za } K\geq K_0\end{cases} \qquad (3.)$$

gde je: $F_*(K)$ - funkcija raspodele koeficijenata intenziteta napona u zoni pukotine KIN do momenta vremena t = x;

K_0 - početni nivo.

Vrednost integrala u suštini definiše srednju vrednost vremena opterećivanja do razaranja:

$$\int_0^t\{1-F_x(K)\}dx=\bar{t}$$

Tražena verovatnoća opstanka ili pouzdanost $P(K < K^*, t)$ tako da proces promene $K(t)$ za neko vreme t na kraju procesa (predviđenog veka) ne premaši opasnu vrednost K^* sada se može definisati relacijom:

$$P\{K<K_*,t\}=F_*(K_*,t) \qquad (4.)$$

a kumulativna funkcija raspodele preostalog veka $F(T)$ relacijom:

$$F(T)=1-F_*(K_*,T) \qquad (5.)$$

Analizom relacija (3., 4. i 5.) može se zaključiti, da se problem proračuna verovatnoće realizacije preostalog veka elemenata strukture sa pukotinom skoncentriše na određivanje funkcije raspodele koeficijenata intenziteta napona u zoni pukotine KIN do prognoziranog vremena.

Rešavanje problema može se analizirati za slučaj kada se KIN definiše relacijom:

$$K=\sigma\cdot\sqrt{\ell}\cdot f(\ell) \qquad (6.)$$

Kinetička jednačina za određivanje pukotine $l=\alpha K^n$ u konkretnom slučaju transformiše se u oblik

$$\frac{d\ell}{dN}=\alpha\cdot\sigma^n\sqrt{\ell^n}\cdot f^n(\ell) \qquad (7.)$$

gde su: α i n - parametri otpornosti materijala na pukotine;

N - broj ciklusa napona.

Razdvajanjem promenljivih i integracijom diferencijalne jednačine (7) dobija se relacija za dužinu pukotine u obliku:

$$\ell=\frac{1}{J(\ell_0/\ell)}\alpha\sum_{i-1}^{i=N}\sigma_i^n \qquad (8.)$$

Ovde je vrednost integrala $J(l0/l)$ definisana relacijom:

$$J(\ell)=\int_{\ell_0}^{\ell}X^{-n/2}\cdot f^{-n}(X/\ell_*)dX \qquad (9.)$$

Ukoliko je poznata raspodela vrednosti delujućeg napona σ_i, postoji mogućnost određivanja verovatnosnih karakteristika procesa promene dužine pukotine po vremenu $l(t)$.

U prvom približavanju, kada se suma maksimalnih slučajnih veličina napona σ_i može zameniti sa soodvetnim srednjim vrednostima u relaciji za određivanje dužine pukotine (8.) , tada će i funkcija $l(t)$ biti potpuno determinisana, (uz dovoljnu tačnost za praktične proračune).

Ovim pristupom su verovatnosne osobine procesa KIN u potpunosti određene sa verovatnosnim osobinama procesa promene po vremenu delujućeg napona $\sigma(t)$.

Sada se u suštini otvara mogućnost za određivanje i odgovarajuće funkcije kumulativne raspodele $F_t(K)$ procesa promene KIN prema relaciji:

$$F_t(K)=F_\sigma\frac{K}{\sqrt{\ell(t)}\cdot f[\ell(t)]} \qquad (10.)$$

gde je: $F_\sigma(\sigma)$ - poznata funkcija kumulativne raspodele delujućih napona;

$F_{t(K)}$ - funkcija kumulativne raspodele procesa promene KIN.

Zahtevane verovatnosne karakteristike procesa promene koeficijenata intenziteta napona po vremenu $K(t)$ usled dejstva napona $\sigma(t)$ dobijaju se kada se relacija (10.) ugradi u odnosne jednačine: - (3.) koja definiše $F^*(K)$ - funkciju raspodele koeficijenata intenziteta napona u zoni pukotine KIN do momenta vremena (t); - (4.) za određivanje verovatnoće opstanka $P(K < K^* ,t)$ tako da proces promene $K(t)$ za neko vreme (t) ne premaši opasnu vrednost K^* i u jednačinu (5.) za određivanje kumulativne funkcije raspodele veka $F(T)$,

U cilju povećanja tačnosti rešavanja relacije (9.) koja definiše dužinu pukotine l, bitno je analizirati verovatnosne karakteristike sume:

$$A=\alpha\sum_{i=1}^{i=N}\sigma_i^n$$

Ovim je omogućeno da se pomoću metoda teorije verovatnoće, dužina pukotine l razmatra kao funkcija slučajnog argumenta A tj. $l = f(A)$.

Za normalni zakon raspodele argumenta (A) srednje vrednosti ($\bar{A}$) i disperzije (s^2) verovatnoća raspodele dužine pukotine za N - ti ciklus napona se može opisati relacijom:

$$f(\ell,N)=\frac{1}{s\sqrt{2\pi}}\cdot\frac{dJ(\ell)}{d\ell}e^{\left\{-\frac{[J(\ell)-\bar{A}]^2}{2s^2}\right\}} \qquad (11.)$$

Odgovarajuća integralna funkcija kumulativne raspodele ima oblik:

$$F(\ell,N)=\Phi\left\{-\frac{[J(\ell)-\bar{A}]}{s^2}\right\} \qquad (12.)$$

gde je:

$$\Phi(z)=\frac{1}{\sqrt{2\pi}}\cdot\int_{-\infty}^{z}e^{\left(-\frac{t^2}{2}\right)}dt \qquad (13.)$$

tablična funkcija integrala verovatnoće.

Kvantitativno rešenje proračuna pouzdanosti (verovatnoće nerazaranja) elemenata konstrukcije sa posledicom smanjenja nosivosti prikazan je na sl. 2.

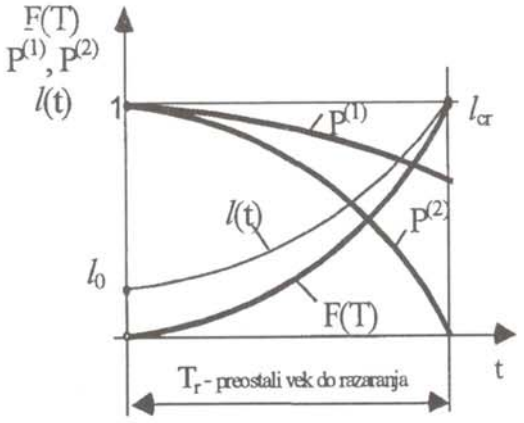
gde je:

$P^{(1)}$- kriva promene pouzdanosti bez uzimanja u obzir porast postojeće početne zamorne pukotine dužine l_o;

$P^{(2)}$ - kriva promene pouzdanosti uzimanjem u obzir promenu dužine zamorne pukotine po vremenu delovanja napona,

$F(T)^{(2)}$ - kriva preostalog veka uzimanjem u obzir promenu dužine zamorne pukotine po vremenu delovanja napona,

l (t) - kriva promene dužine pukotine po vremenu delovanja napona.



Sl. 2. Promena pouzdanosti, dužine pukotine i preostalog veka sa vremenom

ZAKLJUČAK: Izvršena analiza za određivanje verovatnoće realizacije prognoziranog preostalog veka elemanata konstrukcije šinskih vozila u oblasti zamora, otvara značajnu mogućnost praktične primene dobijenih rezultata i istovremeno povećava značaj postojećih podataka iz eksploatacije. Ovde je bitna najpre tačna definicije veka bezbednosti (do pojave vidljive pukotine) što dakako utiče na konstruktivna rešenja kako pri projektovanju novih, tako i prilikom rekonstrukcije postojećih struktura.

Odrediti lokaciju gde se mogu očekivati pukotine, njihove veličine po vremenu i trenutnu pouzdanost, znači kontrolisati ne samo proces održavanja već i proces eksploatacije. Preostali verovatni vek, ili vreme rada sa pukotinom, ovim pristupom se može definisati prema zahtevanoj pouzdanosti i istovremeno se može kontrolisati. Matematički model sa druge strane, iako komplikovan, može se programski realizovati na računaru i biti lako dostupan zaiteresovanim u svakom trenutku. Imajući u vidu raspoložive softverske pakete, značajna mogućnost je ugradnja u informacioni sistem održavanja koji je baza podataka informacionom sistemu planiranja eksploatacije.

LITERATURA

[1] - Mr Nadežda Šubara, "Konstruktivne i tehnološke metode za povećanje veka elemenata konstrukcije šinskih vozila" Magistarska teza, Mašinski fakultet, Beograd, 1997.

[2] - Milovanović M., Lišanin R., Šubara N., Vek pri projektovanju elemenata konstrukcije šinskih vozila, XXII Majski skup održavalaca, Banja Vrujci, 30.10.1999. god..

[3] - Stan Butler, School of Mechanical Engineering, University of Bath,UK, Jose Maria Minguez Rodriguez "Implications of Fracture Mechanics in engineering design", Enginering Fracture Mechanics vol.42, N§2, pp.339-346, 1992, Great Britain.

[4] - Александар Сергеевич Гусев, "Сопротивление усталости и живучесть конструкций при случайных нагрузках", Машиностроение, Москва, 1989.

AUTORI RADA: prof. dr Radoje Lišanin, dipl.maš.inž, mr Nadežda Šubara dipl.ing. Institut "KIRILO SAVIĆ" Beograd, Vojvode Stepe 51.

Abstract: *In field of fatique railway vehicle's structur elements, exactly settled reliable age gives opportunaty for define undenial work time, which is a base reference for reilability and rolling stock efficiency determinating. The langht of crack in time process prognosis is start data for definition of tehnical-tehnological and structure methods for it's recovery, futher grovth prevention, or accidence element replacement. It means operational reilability increment with large saves in service, control and maintance.*

Key vords: *Railway vehicles, reilability , residual age, availability.*

Automatska pritvrdna kočnica na elektromotornom vozu serije JŽ 412/416

Vojislav Danojlić, Zoran Momčilović[1]

Apstrakt: *Na elektromotornim vozovima serije 412/416 duži niz godina egzistira nerešen tehnički problem koji se odnosi na dva primenjena sistema pritvrdne kočnice na ovoj seriji. Na elektromotornom vozu 412/416-023/024 uspešno je ispitan potpuno nov sistem sa 14 kočnih cilindara BCR 6" – PS, na osnovu čega je doneta odluka da se i na ostalim vozovima serije 412/416 primeni ovaj sistem koji u značajnoj meri dopinosi povećanju bezbednosti saobraćaja i snižava materijalne troškove*

Ključne reči: *- opruga, pritvrdna, automatska, kočnica*

Osnovne karakteristike i podela elastičnih elemenata

Funkionisanje opruga i elastičnih elemenata uopšte zasniva se na velikom deformacionom radu koji se ostvaruje delovanjem sile ili sprega.

Poseban oblik i materijal visoke čvrstoće od kojeg se opruge izrađuju omogućuju da se pod dejstvom sile ostvare velike deformacije, odnosno akumuliše rad u vidu potencijalne energije. Ova energija se može koristiti u različite svrhe: za ostvarivanje sile ili sprega u kraćem ili dužem vremenskom intervalu (udarna sila u mehanizmu za okidanje naoružanja, spreg u satnom mehanizmu i sl.

Cilindrične zavojne opruge

Izrađuju se navijanjem hladno vučene ili brušene žice ili vruće valjanih štapova okruglog ili pravougaonog preseka uglavnom od čelika. Zavojne opruge za manja opterećenja i deformacije (malih mera) izrađuju se navijanjem hladno vučene ili brušene žice u hladnom stanju. Opruge većih mera (približno $d \geq 10$ mm) izrađuju se oblikovanjem u vrućem stanju vruće valjanih profila od čelika Č.2133, Č.2124, Č.2330, Č.2331, Č.2332, a izrazito napregnute opruge (velika amplituda i broj promena napona) - od čelika Č.4230, Č.4830 i Č.4831. Posle vrućeg oblikovanja opruge se termički obrađuju (poboljšavaju), a zatim obrađuju sačmom, odnosno delovanjem mlaza čeličnih kuglica, čime se znatno poboljšava dinamička izdržljivost. Potrebna dužina žice za navijanje opruge srazmerna je aktivnom broju zavojaka z_a ($l' = D\pi z_a$). Oslanjanje pritisnih opruga vrši se preko 0,75-1 zavojaka sa svake strane, koji su posle navijanja opruge poravnati, te je potrebna dužina žice $l = D\pi(z_a + 1{,}5 \ldots 2)$. Dužina žice za vučnu oprugu može se izračunati po sličnom obrascu jer su krajevi oblikovani u vidu kuka ukupne dužine l_H ($l = D\pi z_a + 1{,}5 \ldots 2$)

Razmak između zavojaka, odnosno korak pritisnih opruga treba da je izabran tako da se pri punom opterećenju navojci ne dodiruju. Navojci vučnih opruga su prednapregnuti – pritisnuti jedan uz drugi. To se postiže prednaprezanjem žice pri navijanju u hladnom stanju, te funkcija sile u zavisnosti od deformacije ima obllik $F = F_0 + cf$, gde je F_0 – sila usled prednaprezanja. Termičkom obradom izgubili bi se prednaponi ($F_0 = 0$)

Autor: Vojislav Danojlić, dipl.maš.ing. i Zoran Momčilović,dipl.maš.ing., Sektor za održavanje voznih sredstava ŽTP Beograd, Nemanjina 6, 11000 Beograd, tel/fax: 011/361 81 94 / 361 68 09

Odstupanje mera i oblika opruga, kao i karakteristika koja određuje elastična svojstva materijala mogu dovesti do odstupanja krutosti i napona u opruzi. DIN standardom propisana su odstupanja mera, oblika i krutosti, odnosno sile potrebne za ostvarenje deformacije opruga od hladno vučene žice finog, srednjeg i grubog kvaliteta, a takođe su definisana i odstupanja za vruće oblikovane opruge.

Konstrukcija pritisnih opruga sa zavojcima okruglog poprečnog preseka

Pritisne opruge se rade sa zazorom δ_0 između zavojaka, čime se obezbeđuje mogućnost dobijanja potrebnog ugiba.

Karakteristika opruge može biti nepravilna (nepravolinijska) u završnom delu sažimanja opruge usled sudara zavojaka.

Da bi se obezbedila pravolinijska karakteristika, P_z ne treba da prelazi $(0{,}8–0{,}9)P_g$

Kako bi se izbegao dodir zavojaka, zazor δ_p između zavojaka pri maksimalnom radnom opterećenju P_z mora da bude približno jednak 0,1d.

Da bi se stvorio siguran oslonac, čeoni zavojci na dužini od ¾ – 1 zavojka podvijaju se prema susednom zavojku (po GOST-u 1452–53 zazor između krajeva oslonih zavojaka i radnih zavojaka ne sme da prelazi ¼ δ_0), poravnavaju se a zatim i bruse da bi se na dužini ¾ zavojka obrazovala naležuća površina. Radi olakšanja ove operacije, krajevi opruga većih prečnika prethodno se istegnu.

Posle obrade, debljina slobodnog kraka zavojka mora da iznosi ¼ visine poprečnog preseka zavojka. Podvijeni zavojci praktično se ne deformišu (mrtvi zavojci).

Rad akumulisan u opruzi – **deformacioni rad** proporcionalan je sili, odnosno spregu i deformaciji

$$A=\int_0^f Fdf; \qquad A=\int_0^\varphi Td\varphi; \qquad A=\int_0^\varphi Md\varphi; \qquad (1)$$

a ako su karakteristike elastičnosti opruga pravolinijske

$$A=\frac{1}{2}Ff; \qquad A=\frac{1}{2}T\varphi; \qquad A=\frac{1}{2}M\varphi; \qquad (2)$$

Krutost opruge je sila *F*, moment torzije *T* ili savijanja *M* potreban za ostvarenje jedinične deformacije

$$c=\frac{dF}{df}; \qquad c_\varphi=\frac{dT}{d\varphi}; \qquad c_\varphi=\frac{dM}{d\varphi}; \qquad (3)$$

Zavisnost sile i deformacije definiše karakteristiku elastičnosti opruge koja može biti pravollinijska (c=const.), progresivna i degresivna ($c \neq$ const). Ova zavisnost može biti različita pri opterećivanju i rasterećivanju opruge, tj. akumulusana energija može biti veća od oslobođene. Karakteristika elastičnosti se može menjati različitim kombinovanjem opruga u slogove.

Osnovna podela opruga je prema vrstama njihovog naprezanja koja se javljaju pri deformisanju: opruge izložene savijanju, opruge izložene uvijanju i opruge izložene složenim naprezanjima. Za svaku vrstu od ovih opruga postoje različiti izrazi za izračunavanje krutosti, napona i deformacionog rada.

Proračun opruga izloženih na pritisak ili istezanje

- *F_1 – Sila u početnom stadijumu deformacije opruge (N)*
- *F_2 – Sila u opruzi pri radnoj deformaciji opruge (N)*
- *h – radni hod opruge (mm)*
- *v_0 – Najveća brzina pomeranja pokretnog kraja opruge pod dejstvom opterećenja ili rasterećenja opruge (m/s)*
- *N – Izdržljivost opruge (broj ciklusa do razaranja opruge)*
- *D – Spoljni prečnik opruge (mm)*
- *Specifični inercioni zazor pritisnute opruge*

$$\delta=F_2/F_1; \qquad (4)$$

gde je za pritisnute opruge I i II klase $\delta=0{,}05\ldots0{,}25$, za opruge koje su podvrgnute istezanju $\delta=0{,}05\ldots0{,}10$, za jednožilne opruge III klase $\delta=0{,}10\ldots0{,}40$

- Sila u opruzi pri maksimalnoj deformaciji F_3 *(N)*

$$F_3=F_2/(1-\delta) \qquad (5)$$

- d – prečnik žice (mm)
- z_1 – čvrstoća vijka (N/mm)
- f_3 – maksimalna deformacija jednog vijka (mm)
- τ_3 – maksimalno specifično naprezanje (uzima u obzir krivinu vijka), N/mm^2
- V_{kr} – Kritična brzina pritisnute opruge (m/s)

$$V_{kr}=(\tau_3)(1-F_2/F_3)/\sqrt{2G\rho}; \qquad (6)$$

gde je $\sqrt{2G\rho}=35{,}8$

- G, modul (N/mm^2)
- $G=8\ 10^4$ – za čelične opruge
- p-gustina materijala (g/mm^3)
- $\rho=8\ 10^{-3}$ – za čelične opruge

- z (N/mm) – čvrstoća opruge

$$z = \frac{F2 - F1}{h} = \frac{F2}{\omega 2} \quad (7)$$

- $n = z_1/z$ – broj radnih vijaka
- $n_1 = n + n_2$ – puni broj vijaka
- n_2 – broj oslonih vijaka
- $D_0 = D - d$ – srednji prečnik (mm)
- $c = D_0/d$ – indeks opruge
- $\omega_1 = F_1/z$ – početna deformacija (mm) (8)
- $\omega_2 = F_2/z$ – radna deformacija (mm) (9)
- $\omega_3 = F_3/z$ – maksimalna deformacija (pri potpunom sabijanju pritisnute opruge ili pri ispitivanju opruge rastezanja) (mm) (10)
- $H_3 = (n_1 + 1 - n_3)d$ – visina opruge pri maksimalnoj deformaciji (mm) (11)

  n_3 – broj brušenih vijaka
- $H_3 = H_0 + \omega_3$ – za opruge koje se rastežu (12)
- $H_0 = H_3 + \omega_3$ – visina opruge u slobodnom stanju (13)
- $H_0 = (n_1 + 1)d$ – za opruge koje se rastežu (14)

  $H_1 = H_0 - \omega_1$ – visina opruge pri početnoj deformaciji (15)

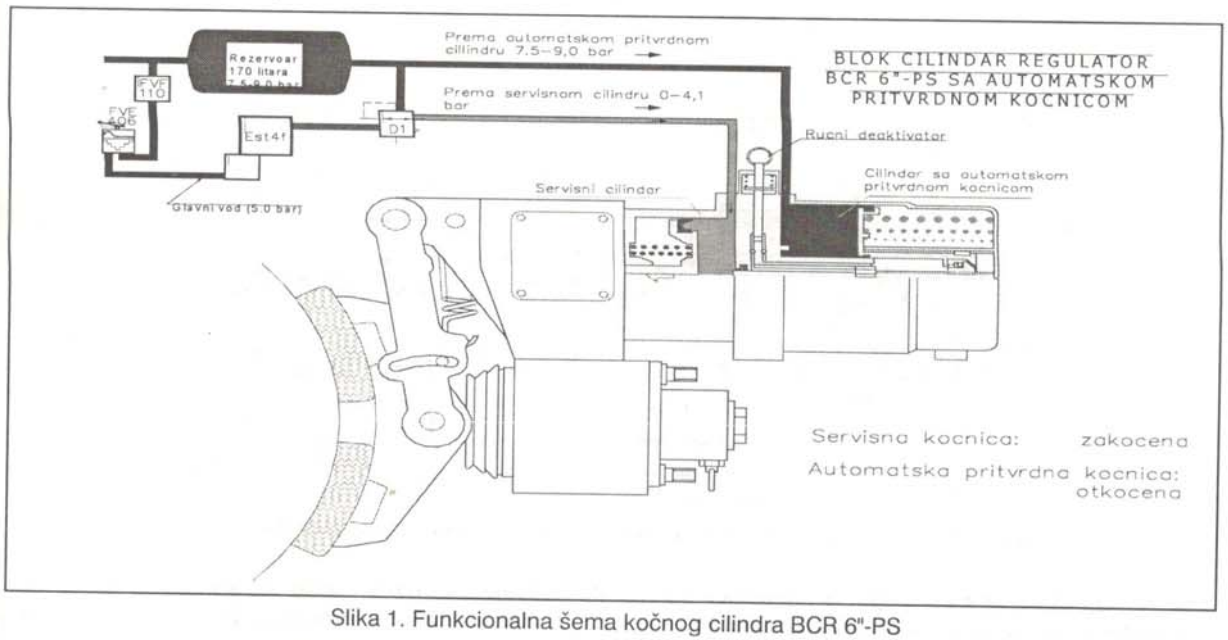
  $H_1 = H_0 + \omega_1$ – za opruge koje se rastežu (16)
- $H_2 = H_0 - \omega_2$ – visina opruge pri radnoj deformaciji (17)
- $H_2 = H_0 + \omega_2$ – za opruge koje se rastežu (18)
- $p = f_3 + d$ – korak opruge (mm) (19)
- $p = d$ – za opruge koje se rastežu
- $L \approx 3{,}2\, D_0\, n_1$ – dužina rastegnute opruge (mm) (20)
- $Q = 19{,}25\, 10^{-6}\, D_0\, d^2\, n_1$ – masa opruge (kg) (21)
- $W = 0{,}758\, D^2\, H_1$ – zapremina opruge (mm^3) (22)
- $z = F_1/\omega_1 = F_2/\omega_2 = F_3/\omega_3 = (10000\, d^4)/D_o^3$ n – čvrstoća (N/mm) (23)
- $\tau_3 = (K\, 8\, F_3\, D_0)/\pi\, d^3$ – napon (N/mm^2) (24)
- $K = \frac{4c-1}{4c-4} + \frac{0.615}{c}$ (25)

- Frekvencija sopstvenih oscilacija (min^{-1}) se određuje pri velikoj frekvenciji opterećenja

- $\nu_0 = 2{,}145\, 10^7\, d/nD^2$ (oscilacija/min) (26)
- Provera otpornosti na rezonansu
- ν_0/ν - (27)

- Automatska pritvrdna kočnica za elektromotorne vozove serije 412/416.

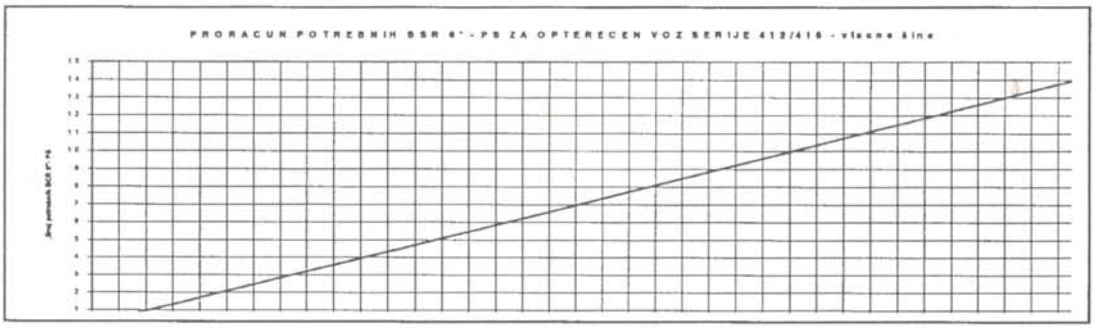
Na slici 1, dat je funkcionalni prikaz kočnog cilindra BCR 6"-PS sa automatskim pritvrdnim cilindrom za EMV serije 412/416. Sa ove slike se može videti da se napajanje "servisnog" i cilindra za automatsku pritvrdnu kočnicu obavlja iz pomoćnog rezervoara voza. Na taj način je ostvarena potpuna automatika dejstva opružne sile kada u pomoćnom rezervoaru nema sabijenog vazduha. Kako bi se omogućilo transportovanje voza kada u pomoćnom rezervoaru nema sabijenog vazduha, predviđen je ručni deaktivator koji mehanički deblokira pritvrdnu kočnicu.



Slika 1. Funkcionalna šema kočnog cilindra BCR 6"-PS

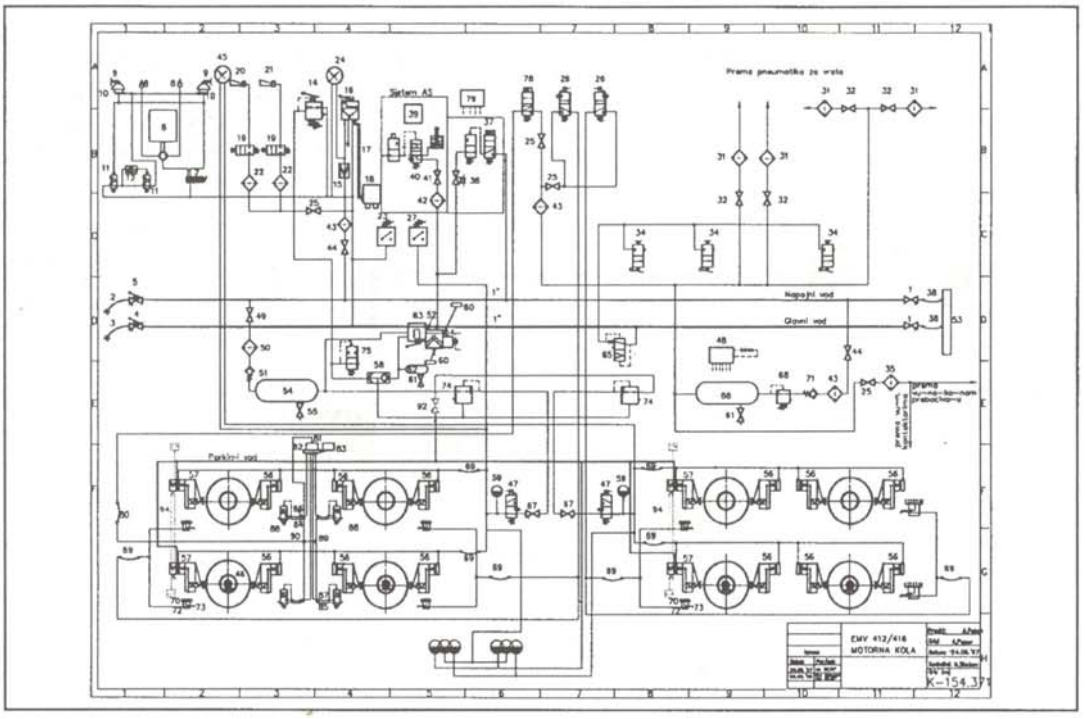
Proračunom je ustanovljeno da je na elektromotornom vozu neophodno ugraditi 14 blok cilindar regulatora BCR 6"-PS kako bi ovaj voz pod maksimalnim opterećenjem i nepovoljnim atmosferskim uslovima bio obezbeđen od samopokretanja na padu od 35‰. Uzimajući u obzir raspored podkolske opreme i mase kola odlučeno je da se na svaka motorna kola postavi po četiri, a na svaku prikolicu po tri blok cilindar regulatora BCR 6"-PS.

Računski broj potrebnih BCR 6"-PS u zavisnosti od nagiba pruge, za maksimalno opterećen elektromotorni voz serije 412/416 dat je na slici 2.



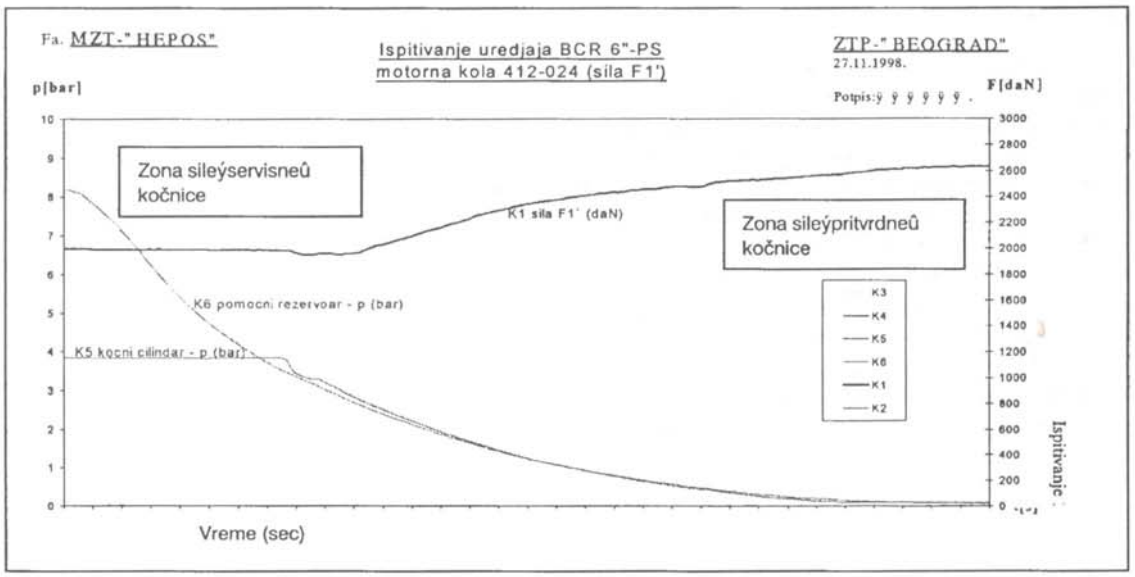
Slika 2.

Pneumatska šema motornih kola sa sistemom automatske pritvrdne kočnice data je na slici 3. U cilju jednostavnijeg održavanja kočni cilindri za automatsku pritvrdnu kočnicu postavljeni su na mestima "spoljnih" kočnih blokova. Na bočnim stranama motornih kola i prikolica postavljeni su indikatori koji pokazuju stanje zakočenosti kako "servisne" kočnice, tako i automatske pritvrdne. Slavina br. 92 služi za proveru rada pritvrdne kočnice, a da pri tome nije neophodno prazniti pomoćni rezervoar.

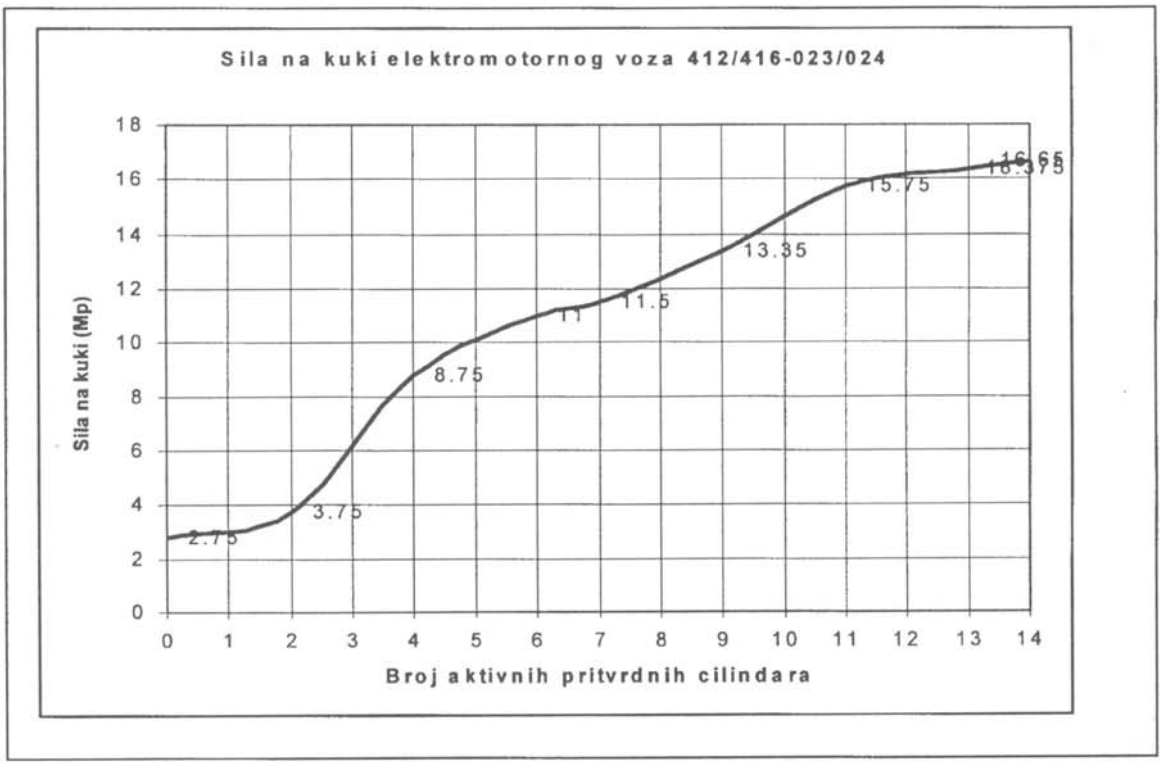


Slika 3. – Principijelna pneumatska šema motornih kola sa automatskom pritvrdnom kočnicom

Na slici broj 4 prikazano je ponašanje automatske pritvrdne kočnice kada je simulirano otkazivanje rada "servisne" kočnice. Sa ove slike jasno se vidi da sila kočne papuče na točak F1 (kriva K1) nikada ne pada ispod projektovane vrednosti. Kriva K5 predstavlja promenu pritiska u "kočnom" cilindru, a kriva K6 promenu pritiska u pomoćnom rezervoaru, odnosno pritvrdnom cilindru.



Slika 4 – Dijagram promene sile kočne papuče na točak u zavisnosti od pritiska u kočnom cilindru i pomoćnom rezervoaru, odnosno pritvrdnom cilindru



Slika 5 – Dijagram sile na vučnoj kuki elektromotornog voza 412/416-023/024 u zavisnosti od aktivnog broja pritvrdnih cilindara

Na slici 5 data je zavisnost sile na kuki elektromotornog voza 412/416 koja je potrebna da se pokrene voz a da je pri tome aktiviran određen broj pritvrdnih cilindara. Sila na kuki je ostvarivana preko mernih kola i vučnom dizel električnom lokomotivom serije 661. Izmerene veličine odgovaraju vrednostima sila dobijenim računskim putem. Stoga se proračun i ovo merenje mogu smatrati merodavnim za donošenje zaključka, bez postavljanja voza i merenja na padu od 35‰.

ZAKLJUČAK:

Laboratorijska ispitivanja kočnih blok cilindar regulatora BCR 6"-PS, ispitivanja automatske pritvrdne kočnice sa mernim kolima, ispitivanja na pruzi i osamnaestomesečna eksploataciona ispitivanja ove vrste kočnice na elektromotornom vozu 412/416-023/024 pokazala su tehnoekonomsku opravdanost primene ovog sistema na svim vozovima serije 412/416.

Pozitivna iskustva stečena sa ovim sistemom na vozu 412/416-023/024 nameću potrebu projektovanja i uvođenja ove vrste kočnice i na ostala vučna vozila ŽTP-a "Beograd". Pri tome je potrebno voditi računa o specifičnostima kočnih sistema na pojednim serijama vozila sa ciljem iznalaženja optimalnog tehničkog rešenja.

LITERATURA

[1] Ognjanović M. – Inženjersko-mašinski priručnik, knjiga 2, Beograd 1992.

[2] Ničiporčik S.N. – Detali mašin, Minsk 1981.

[3] MZT »Hepos« – tehnička dokumentacija

[4] Danojlić V. – Istraživanje, razvoj i proračun, Beograd, 1998.

Koordinirani rad elektrodinamičke i elektropneumatske kočnice na elektromotornom vozu serije JŽ 412/416

Vojislav Danojlić

Elektromotorni vozovi seriije 412/416 poseduju ugrađene sisteme za elektrodinamičko,, elektropneumatsko i čisto pneumatsko kočenje voza. Koordinacija elektrodinamičkog i elektropneumatskog kočenja na ovom vozu nije izvedena na nivou najnovijih tehničkih sazanja iz ove oblasti. Uvođenjem mikroprocesorke tehnike u sistem kočnice ovog voza, značajno bi se unapredio sistem upravljanja i optimizacije ove dve vrste kočnice, a troškovi eksploatacije, komfor za putnike i drugi materijalni troškovi održavanja značajno bi se snizili.
Ključne reči: *Koordinacija, kočnica, brzina, usporenje*

Stručna služba ŽTP-a »Beograd« 01.08.1990-te godine, postavila je Riškom elektrotehičkom i Riškom vagonostroiteljnom zavodu zahtev za projektovanje i izradu sistema za koordinirani rad elektrodinamičke i elektropneumatske kočnice na elektromotornim vozovima serije 412/416.

Postavljeni su sledeći tehnički zahtevi:

- Sistem koordinacije elektrodinamičke i elektropneumatske kočnice treba da obezbedi prvenstveno korišćenje elektrodinamičke kočnice pri normalnim uslovima eksploatacije i stanju opreme elektromotornog voza.
- Zaustavni put pri naglom kočenju maksimalno opterećenog voza ne sme preći 1000m pri brzini od 120 km/h.
- Sistem treba da funkcioniše prema sledećem algoritmu:

U režimu elektrodinamičkog kočenja kada se upravljanje elektrodinamičkom kočnicom realizuje preko kontrolera mašinovođe (ručica produžnog kočnika Oerlikon FVE 406 nalazi se u nultom položaju) u potpunosti se ostvaruje algoritam upravljanja elektrodinamičkom kočnicom, kakav je na vozovima koji ne poseduju sistem za koordinaciju.

U režimu kočenja voza kada se upravljanje kočnicom realizuje preko ručice produžnog kočnika Oerlikon FVE 406 ostvaruju se sledeće funkcije:

a). Rastavlja se vučni strujni krug voza.

b). Sklapa se strujno kolo elektrodinamičkog kočenja pri brzini >30 km/h

c). Struja kočenja se ravnomerno reguliše na motornim kolima od minimalne do maksimalne vrednosti pomeranjem ručice produžnog kočnika između 2-ge i 10-te pozicije.

d). Između 10-te i 18-te pozicije produžnog kočnika struja kočenja na motornim kolima je maksimalna, a pritisak u kočnim cilindrima prikolica je u skladu sa položajem ručice produžnog kočnika.

- Kod nestanka napona u kontaktnoj mreži ili neispravnosti sistema za koordinaciju pri zadatom koordiniranom kočenju mora nastupiti adekvatno zadato elektro-pneumatsko kočenje voza.
- Uređaj treba pouzdano da radi u temperaturnom opsegu –30°C do +40°C

Ovaj sistem je ispitan u Avgustu 1996-te godine od strane Saobraćajnog fakulteta u Beogradu i

Autor: Vojislav Danojlić, dipl.maš.ing. Sektor za održavanje voznih sredstava ŽTP Beograd
Kancelarija 504, III sprat, Nemanjina 6, 11000 Beograd, tel/fax: 011/361 81 94 / 361 68 09

komisije ŽTP-a »Beograd«, pri čemu su dobijeni rezultati u narednim tabelama i dijagramima:

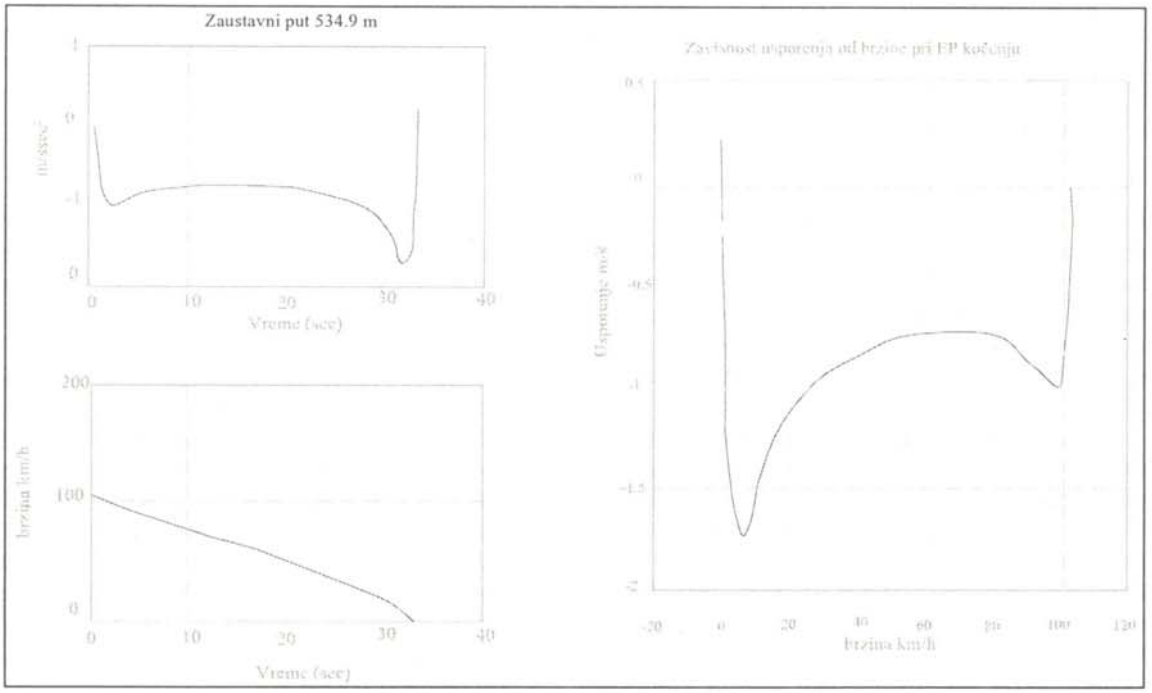
I) Rezultati zaustavnih puteva i vremena kočenja na deonici pruge Zemun-Sremska Mitrovica dati su u tabeli broj 1.

Tabela 1

Red. br.	Brzina (km/h)	Vrsta kočenja	Zaustavni put (m)	Trajanje kočenja (s)	km pruge	Napomena
1	105	Elektro-pneumatsko	**534,9**	**32,5**	77+700	-
2	105	Čisto-pneumatsko	**565,8**	**34,0**	71+500	-
3	100	Elektrodinamičko	**787,8**	**49,0**	67+500	Upravljanje kontrolerom m-vođe
4	100	Koordinacija	**487,1**	**28,0**	37+500	Upravljanje prod. kočnikom m-vođe

II). Kraća zapažanja dobijenih rezultata sa merenja:

II.1. Elektropneumatsko kočenje elektromotornog voza je prikazano na slici 1.

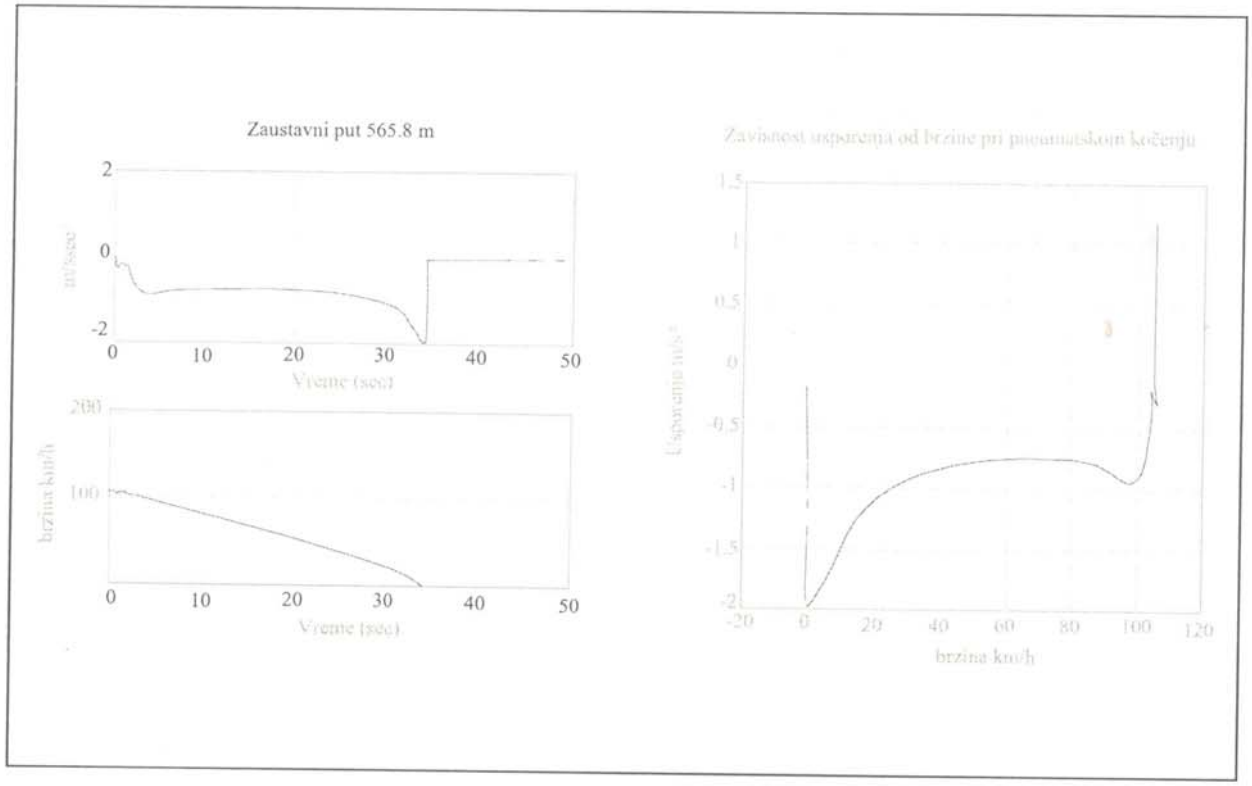


Slika 1. Elektropneumatsko kočenje

Snižavanje brzine voza se odvija sa usporenjem koje se kreće u granicama 0,7-1,75 m/s². Kriva usporenja ima »gladak« oblik.

Upravljački napon na elektropneumatskom ventilu rasporednika varira u granicama 100 – 115 V

II.2. Čisto pneumatsko kočenje elektromotornog voza je prikazano na slici 2.

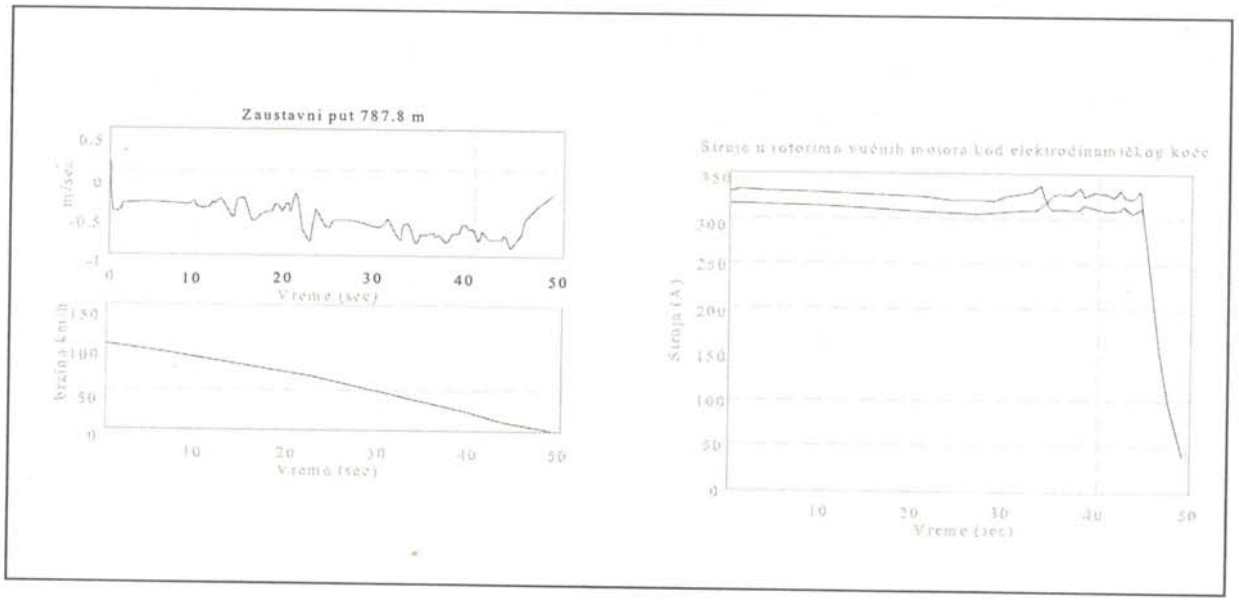


Slika 2. Čisto pneumatsko kočenje

Snižavanje brzine voza se odvija sa usporenjem koje se kreće u granicama 0,7-2,0 m/s^2. Kriva usporenja ima »gladak« oblik.

Pritisak u kočnom cilindru je u normalnim granicama. Vreme punjenja kočnog cilindra je u propisanim granicama.

II.3. Elektrodinamičko kočenje elektromotornog voza je prikazano slici 3.

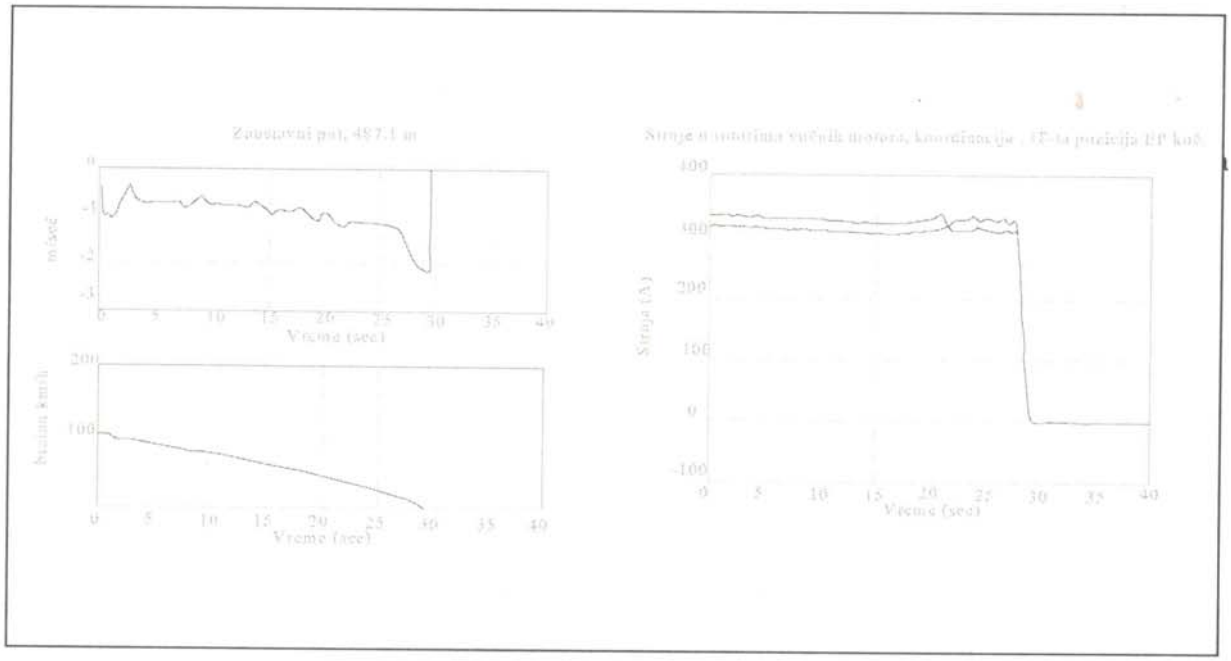


Slika 3. Elektrodinamičko kočenje

Snižavanje brzine voza se odvija sa srednjim usporenjem koje se kreće u granicama 0,4–0,7 m/s^2 pri čemu se javljaju značajne oscilacije usporenja u celom opsegu kočenja voza.

Automatska promena vrste kočenja se normalno odvija (pri 20 km/h)

II. 4. Koordinirano elektrodinamičko i elektropneumatsko kočewe elektromotornog vza (18-ta pozicija produžnog kočnika). je prikazano na slici 4.

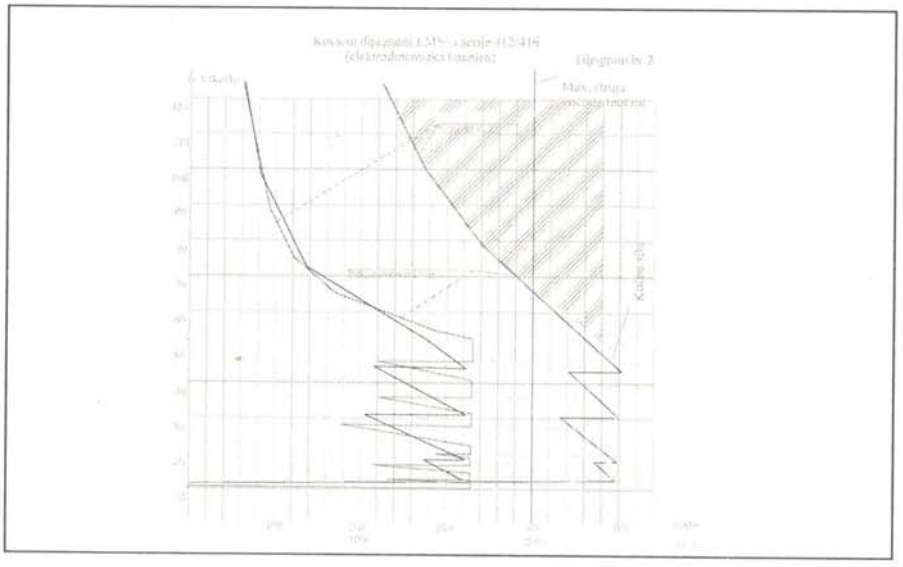


Slika 4. Koordinirano elektrodinamičko i elektropneumatsko kočenje

Snižavanje brzine voza se odvija sa srednjim usporenjem koje se kreće u granicama 0,4 -2,2 m/s^2 pri čemu se javljaju značajne oscilacije usporenja u celom opsegu kočenja voza.

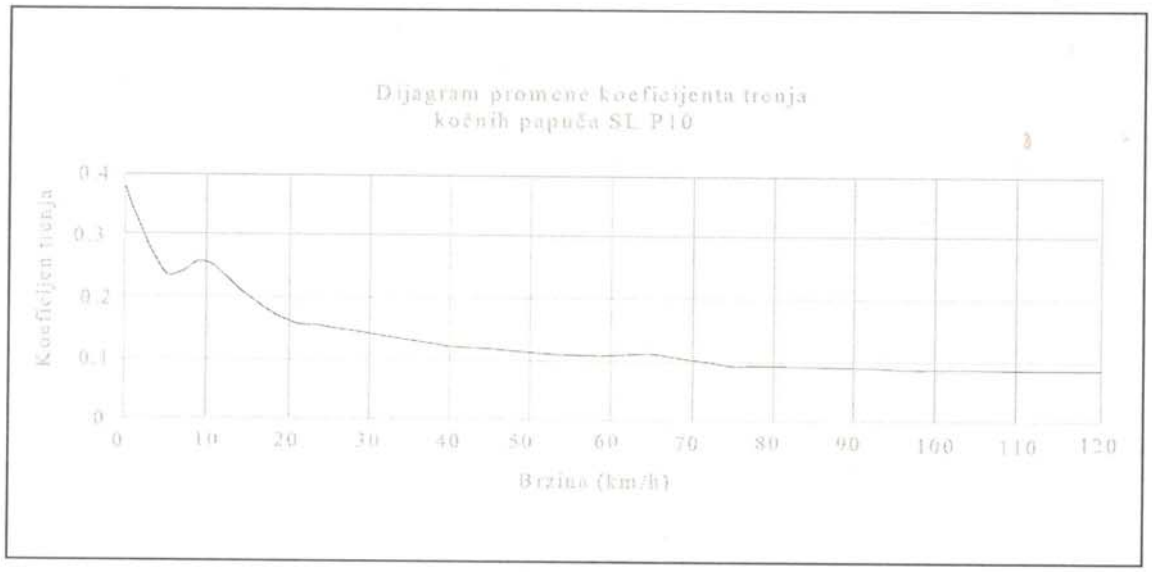
Zaustavni put pri ovoj vrsti kočenja je najmanji.

Obzirom da je na elektromotornom vozu serije 412/416 ugrađen sistem za elektrodinamičko kočenje voza čija je kočna karakteristika prikazana na slici 5,



Slika 5. Kočna karakteristika (elektrodinamičko kočenje)

a da se za frikcioni materijal kočnih papuča koristi sivi liv SL P10 čija je karakteristika koeficijenta trenja u zavisnosti od brzine prikazana slici 6,



Slika 6. Karakteristika koeficijenta trenja kočnih papuča

mogu se objasniti razlozi velikih varijacija usporenja u toku kočenja elektromotornog voza. Posledice visokih vrednosti usporenja voza, naročito u području najnižih brzina su:

-Visoka naponska stanja u elementima obrtnog postolja (ram postolja, nosači kočnih blokova, elementi kočnih blokova itd) koja dovode do plastičnih deformacija i havarija pojedih detalja i visokih materijalnih troškova,

– Veliko trošenje kočnih papuča i točkova voza i povećana opasnost klizanja točkova,

– Visoka opterećenja na elementima međukolskih kvačila

– Snižen komfor za putnike.

Shodno zaključku (tačka br.5) od 18.08.1996. godine iz Elaborata o tipskom ispitivanju sistema za koordinaciju rada elektrodinamičke i elektropneumatske kočnice, koji je ugrađen na elektromotornom vozu serije 412/416-101/102, (elaborat sačinio Saobraćajni fakultet Univerziteta u Beogradu), potrebno je sačiniti projektni zadatak za izvođenje sistema koordinacije na svim elektromotornim vozovima podserije "000". U zaključku elaborata, predlaže se za ostale elektromotorne vozove serije 412/416-000, izrada novog domaćeg uređaja za koordinaciju rada elektrodinamičke i elektropneumatske kočnice primenom rešenja, zasnovanog na savremenom elektronskom konceptu koji neće imati sledeće nedostatke koje ima rešenje RVR:

1. U pogledu ugrađenih elemenata automatike (magnetni pojačivači, relei itd.) i načina ostvarivanja funkcija upravljanja, uređaj ne predstavlja savremeno tehničko rešenje u poređenju sa savremenim i pouzdanijim elektronskim rešenjima.

2. U pogledu ostvarenja optimalne funkcije koordinacije elektrodinamičke i elektropneumatske kočnice, sistem "RVR"-Riga ne uzima u obzir promenljivost kočne sile elektrodinamičke i pneumatske kočnice tokom usporavanja voza pri kočenju. Kao rezultat nesavršenosti primenjenog rešenja "RVR"-Riga, pri naglom kočenju voza u području niskih brzina, ostvaruju se usporenja voza, koja prelaze vrednost od 2 m/s^2.

3. Primenjeni sistem koordinacije "RVR"-Riga, ne zadovoljava u pogledu trenutnog odziva na zadato kočenje (pozicije produžnog kočnika 1-10), jer nije uzeto u obzir vremensko kašnjenje, potrebno za sklapanje električne šeme elektrodinamičkog kočenja. Ovo izaziva neugodan osećaj mašinovođi koji upravlja vozom, iako to ne utiče na ostvarenje zaustavnog puta zadatim propisima o zaustavnom putu.

4. U koordinaciji elektrodinamičke i elektropneumatske kočnice sistema "RVR"- Riga, ne ostvaruje se optimalna (ravnomerna) regulacija

kočne sile na prikolicama kod dejstva pneumatske kočnice.

Na dužinu zaustavnog puta kod kočenja voza utiču sila kočne papuče na točak, materijal kočne papuče, prečnik točka, broj putnika u vozu, karakteristika elektrodinamičke kočnice, stanje šina itd. te je potrebno uzeti sve ove faktore u obzir kod projektovanja kočnice.

Sa priloženih dijagrama može se videti promenljivost koeficijenta trenja kočnih papuča i kočne karakteristike elektrodinamičke kočnice u zavisnosti od brzine kretanja voza. Ako se tome doda stalna promena opterećenja od putnika, razlika u masama motornih kola i prikolica, promena prečnika točkova i stanja šina, može se zaključiti da je optimalna primena ugrađenih sistema za kočenje nemoguća bez primene savremene mikroprocesorske tehnike.

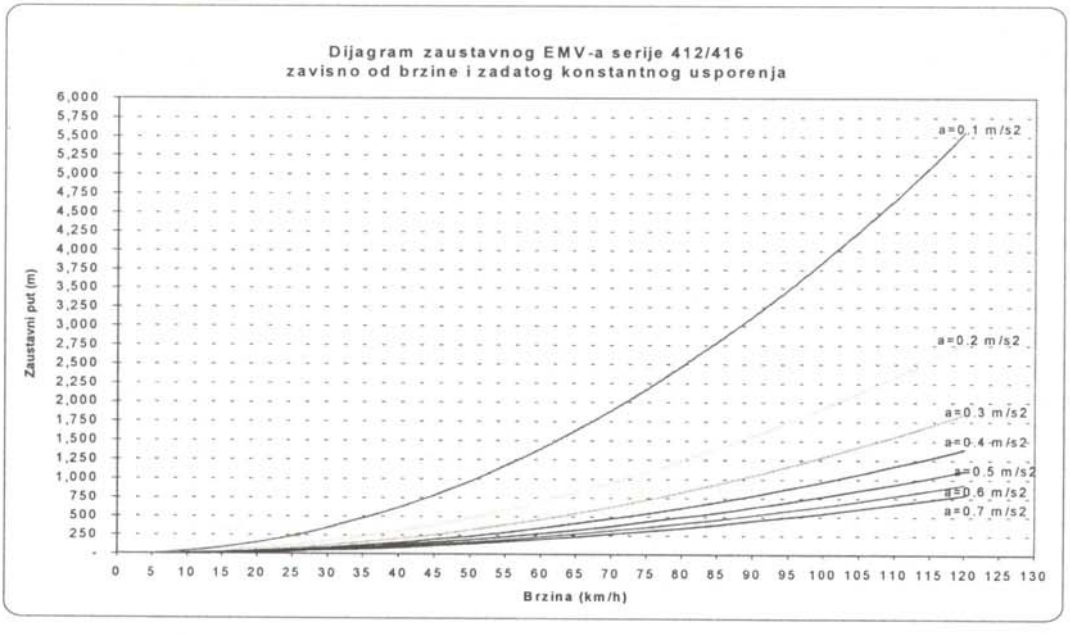
Sa stanovišta ugrađene opreme elektromotorni voz serije 412/416 ima prednosti u odnosu na druge serije vučnih vozila za uvođenje mikroprocesorske tehnike u sistem kočnice. Korišćenjem postojećih davača brzine, osovinskih davača protivklizne zaštite, elektropneumatskih menjača pritiska (EPMP) na rasporednicima motornih kola i prikolica ovo savremeno tehničko rešenje, najekonomičnije se može primeniti na elektromotornom vozu.

Osnovni princip rada ovog tehničkog rešenja treba da je sledeći:

1) Željeno usporenje voza se zadaje preko ručice produžnog kočnika ili posebne ručice.
2) Podatak o zadatom usporenju ulazi u računar.
3) Zavisno od traženog usporenja računar određuje vrstu kočenja (elektrodinamičko, ili kombinovano elektrodinamičko i elektropneumatsko). Prednost se uvek daje elektrodinamičkoj kočnici. Samo ukoliko nije dovoljna snaga elektrodinamičke kočnice za traženo usporenje, vrši se »dopunjavanje« elektropneumatskom kočnicom (dopunjavanje elektropneumatskom kočnicom – šrafirana površina na slici 5)

Diferenciranjem podataka o brzini dobijenih sa davača brzinomera »Hasler« računar prati realizaciju željenog usporenja i vrši korekcije u sistemu ugrađenih kočnica na vozu, uvek dajući prednost elektrodinamičkoj kočnici.
4) U slučaju defekta računara, nestanka napona u kontaktnoj mreži ili neispravnosti elektrodinamičke kočnice, elektropneumatska i čisto pneumatska kočnica moraju normalno da rade.

Na slici 7 prikazane su krive zaustavnog puta elektromotornog voza za različite vrednosti konstantnog usporenja voza pri kočenju. Sa ove slike se može videti da se traženi zaustavni put može realizovati sa znatno nižim usporenjem voza pri kočenju, pod uslovom da je to usporenje stalno u celom opsegu brzine voza.



Slika 7. Krive zaustavnog puta za razne vrednosti zadatog konstantnog usporenja

ZAKLJUČAK:

Primenjena elektrodinamička i elektropneumatska kočnica na elektromotornom vozu serije 412/416 uz određena tehnička poboljšanja i primenu mikroprocesorske tehnike daju mogućnost da se na ovom vozu primeni savremeni koncept koordiniranog rada ova dva sistema kočnice. Na taj način bi se eliminisali tehnički problemi koji se sada manifestuju na obrtnim postoljima i kočnom sistemu ove serije a upravljanje kočnicom pojednostavilo i komfor putnika povisio.

LITERATURA

[1] Kostić D.– Elaborat o tipskom ispitivanju koordinacije elektrodinamičke i elektropneumatske kočnice, Beograd 1997
[2] MZT »Hepos« – tehnička dokumentacija
[3] RVR "Riga" – tehnička dokumentacija elektromotornih vozova serije 412/416
[4] Izveštaj sa ispitivanja kočnih papuča SL P10 - Rumunija
[5] Danojlić V. – Istraživanje, razvoj i proračun, Beograd 2000.

Održavanje železničkih vozila sa aspekta planiranja materijala i rezervnih delova i upravljanje zalihama

Mr Rajko Mijanac, dipl. inž.[1]

Rezime: Železnički saobraćaj je složen sistem, pa i njegovo funkcionisanje zahteva određeni nivo organizacije rada i saobraćaja. Organizacija rada i saobraćaja je u funkciji tehničke opremljenosti. Sredstva za izvršenje prevoza po svojoj strukturi su u suštini ista (kola i lokomotive) ali su po nameni vrlo raznolika, što zahteva posebne uslove pri organizaciji saobraćaja. Postojeće stanje u oblasti održavanja železničkih vozila karakteriše visok stepen imobilizacije, duge rokove zadržavanja vozila u opravci, odsustvo tipizacije i visoke cene opravki. U radu je prikazan metodološki pristup održavanja i snabdevanja materijalima i rezervnim delovima, sadašnji način održavanja železničkih vozila uvrštenih u park JŽ kao i održavanje vozila u razvijenim evropskim zemljama.

1. UVOD

Železnički saobraćaj kao grana u složenom saobraćajnom sistemu ima zadatak da pruži saobraćajnu uslugu, koja se sastoji u promeni mesta putnika i stvari. Svojim poslovanjem u procesu prevoza i određenom organizacijom saobraćaja železnički saobraćaj se mora postaviti tako da zadovolji potrebe savremenog putnika i prevoza roba u savremenoj privredi.

Osnovna karakteristika železničkog saobraćaja kao transportne organizacije je u tome što svojim transportnim kapacitetima može da prevozi velike količine robe i veliki broj putnika na velikom odstojanju i to u relativno kratkom vremenu. On je u svom razvoju transportnom funkcijom odlučujuće delovao na razvoj niza privrednih grana a samim tim je uticao na razvoj privrede u celini.

Organizacija rada i saobraćaja na železnici je u funkciji tehničke opremljenosti. Odvijanje železničkog saobraćaja zahteva čvrst red vožnje i pridržavanje određenih propisa i uputstava u cilju sigurnog i bezbednog prevoza.

Sredstva za izvršenje prevoza po svojoj strukturi su u suštini ista (kola i lokomotive), ali su po nameni vrlo raznolika, što zahteva posebne uslove pri organizaciji saobraćaja.

Ono što železnički saobraćaj izdvaja od ostalih saobraćajnih grana su njegove tehničko-tehnološke prednosti kao što su:

– prevoz putnika i materijalnih dobara odvija se nezavisno od uticaja vremenskih uslova;

– zahvaljujući velikoj snazi vučnih vozila železnički saobraćaj sigurno i bezbedno obavlja masovni prevoz putnika i materijalnih dobara;

– udobnost putovanja, velike brzine i učestalost vozova;

– cene prevoza u odnosu na ostale saobraćajne grane su znatno niže.

Zadnje decenije karakteristične su za železnički saobraćaj jer se prišlo usavršavanju transportnog procesa povećanju brzina i uvođenjem automatizacije.

Naredni period u razvoju železničkog saobraćaja biće karakterističan po uvođenju automatizacije u procesu saobraćaja koja se primenjuje i uvodi u sledećim oblastima eksploatacije: integralno upravljanje procesom saobraćaja, automatsko upravljanje kretanja vozova na pruzi, automatizacija ranžirnih stanica, obrada inženjerskih,

[1] Mr Rajko Mijanac, dipl. inž., Viši predavač Više železničke škole, Beograd

ekonomskih i naučno-istraživačkih radova putem računara u cilju stvaranja adekvatne organizacije rada i saobraćaja.

Železnički saobraćaj je proizvodno-funkcionalna integracija sa optimalnim upravljanjem i teritorijalno raspoređenim resursima kao što su pruge, kola, vučna vozila i kadrovski potencijal.

Karakteristika tako složenih sistema je da tehnologija rada i tehnološka disciplina moraju biti jedinstveni u celom sistemu.

2. ZNAČAJ I CILJEVI ODRŽAVANJA ŽELEZNIČKIH VOZILA

Održavanje železničkih vozila počinje od prvog dana uvođenja železničkih vozila u javni železnički saobraćaj. Sa povećanjem železničkog saobraćaja, povećanjem brzine i povećanjem komfora javljaju se i zahtevi za povećanje pouzdanosti i bezbednosti u železničkom saobraćaju. To uslovljava usavršavanje železničkih vozila i povećanje zahteva da se kroz proces održavanja železničkih vozila, od početka do kraja svoga veka, održe na nivou koji obezbeđuje maksimalno sve ove uslove. Ovakav zahtev nije samo uslovljen konkurencijom ostalih vidova saobraćaja već i zakonskim propisima. Konkurencija ostalih vidova saobraćaja je sigurno doprinela bržem razvoju železničkog saobraćaja ne samo u pravcu povećanja pouzdanosti i bezbednosti već i na povećanju ekonomičnosti. Ova ekonomičnost u železničkom saobraćaju se razvijala u više pravaca: na promeni sistema vuče od parne ka dizel i na kraju na električnu vuču kao najekonomičniju, na povećanju korisne nosivosti kola, na boljem iskorišćavanju athezije modernih vučnih vozila i na sniženju troškova održavanja svedeno na jedinicu rada. Ovakvi uslovi u železničkom saobraćaju zahevaju da se i pored sniženja troškova održavanja, kvalitet održavanja železničkih vozila stalno povećava. Da bi se sve to moglo i ostvariti nužno se nameće, i pored obezbeđenja savremene opreme, rezervnih delova i obučenosti radnika da se sprovode i savremena organizacija održavanja železničkih vozila. Kao prvo železnica je uvela propise o održavanju železničkih vozila na jedinstven način (Pravilnik 241) kojim se reguliše redosled i nivo održavanja svih železničkih vozila koja izlaze na pruge železničkog javnog saobraćaja. Organizacija održavanja železničkih vozila nije organizovana jedinstveno već je to prepušteno železničkim transportnim organizacijama tako da nisu korišćene sve mogućnosti specijalizacije i koncentracije održavanja na nivou mreže Jugoslovenskih železnica.

Održavanje ima zadatak da obezbedi železnička vozila u ispravnom stanju za pouzdan, bezbedan i ekonomičan rad u eksploataciji.

Odredbe železničkih propisa za održavanje železničkih vozila odnose se na sva železnička šinska vozila uvrštena u park JŽS, i to: Vučna vozila, vučena vozila i vozila za železničke svrhe.

Redovno održavanje ima preventivan karakter, zato se radovi održavanja unapred predvi-đaju, na osnovu iskustva da bi se što više sprečilo ispadanje vozila u toku eksploatacije usled kvarova.

Organizacija održavanja ima za cilj da se radovi održavanja izvode planski, da zadržavanje vozila van eksploatacije bude što kraće i da se u održavanju primenjuje savremena tehnologija kako bi kvalitet radova bio što bolji.

Održavanje železničkih vozila proističe iz osnovne postavke bezbednosti i pouzdanosti železničkih vozila u eksploataciji.

Bezbednost železničkih vozila u železničkom saobraćaju je relativno velika jer je broj usmrćenih putnika za oko 100 puta manji nego u drumskom saobraćaju. Bezbednost železničkih vozila se praktično posmetra, ne samo kroz broj usmrćenih putnika, već kroz broj vanrednih događaja. Radi upoređivanja nivoa bezbednosti iz godine u godinu ili čak između saobraćajnih grana treba vanredne događaje svesti na iste pokazatelje.

Analizom vanrednih događaja u železničkom saobraćaju utvrđeno je da je 59% vanrednih događaja prouzrokovano uticajem tehničkih faktora, a 41% usled ljudskog faktora. Modernizacijom železnice odnosno tehničkih sredstava koja sve više zamenjuju ljude u saobraćaju, uticaj ljudskog faktora na broj vanrednih događaja opada, a uticaj tehničkih sredstava raste.

Obzirom na značaj železničkih vozila i važnost pouzdanosti i bezbednosti u saobraćaju železnička vozila se podvrgavaju stalnom nadzoru, kontroli organa fabričke kontrole i kontroli organa JŽ u toku redovnih opravaka, kontroli organa JŽ na probnim vožnjama što daje dosta velike garancije da će se vozila uz negu i kontrolne preglede u toku eksploatacije održati pouzdanim do sledeće redovne opravke.

2.1. Održavanje železničkih vozila u razvijenim evropskim zemljama

Održavanje železničkih vozila kod železničkih uprava UIC-a (međunarodna unija železnica) obavlja se u remontnim radionicama, koje ulaze u sastav ovih Uprava, pri čemu zavisno od zemlje, o kojoj se radi, može biti usmerena na:

– specijalizovane radionice ili

– radionice opšteg tipa.

Vodeće zemlje Evrope, sa gledišta železničkog saobraćaja: Francuska, Savezna Republika Nemačka, Velika Britanija i Italija usmeravaju svoje remontne radionice na specijalizovani tip održavanja železničkih vozila, dok ostale zemlje uglavnom imaju opšti tip radionica.

Specijalizovane radionice za održavanje železničkih vozila usmerene su na jedan tip vozila dok opšte radionice rade više tipova vozila ili kao što je slučaj kod malih železničkih uprava koje rade sve tipove vozila.

Nesumnjiva prednost u održavanju železničkih vozila je u stvaranju specijalizovanih radionica kako u pogledu rokova, kvaliteta, obezbeđenja rezervnih delova, agenata, tako i u pogledu ekonomičnosti rada. U ovim radionicama je, uglavnom, uveden industrijski remont železničkih vozila.

U ostalim, manje razvijenim zemljama, još uvek preovlađuje opšti tip radionica za održavanje u kojima se vrši industrijska opravka svih tipova vozila, sa tendencijom grupisanja pojedinih tipova prema godinama gradnje ili prema pojedinim tipovima vozila.

Oprema, alati i postrojenja kod specijalizovanih radionica su savremeni a radna snaga je obučena za obavljanje pojedinih operacija na delovima i sklopovima, što doprinosi povećanju kvaliteta i smanjenju vremena zadržavanja vozila u opravci.

Kod radionica opšteg tipa, oprema, alati i merni instrumenti su usklađeni sa potrebama mada postoje i zastarele opreme. Radna snaga je uglavnom specijalizovana sprovođenjem posebnih obuka od strane železničkih uprava prema posebno definisanom programu.

Održavanje železničkih vozila u razvijenim zemljama karakteriše: visok nivo organizacije, postojanje specijalizovanih radionica, stalna nabavka savremene opreme i alata, obuka kadrova na nivou železničkih uprava, kao i planiranje i praćenje održavanja savremenim metodama uz korišćenje jedinstvenog informacionog sistema.

2.2. Analiza stanja održavanja železničkih vozila na jugoslovenskim železnicama

Usporena tehničko-tehnološka modernizacija dovela je do neracionalne podele rada među remonterima što ima za posledicu minimalnu koncentraciju i specijalizaciju po vrstama železničkih vozila.

Veći broj radionica, u odnosu na potrebe JŽ, rezultat je nekoordiniranog razvoja u prošlosti, budući da zajedničke koncepcije razvoja nije bilo do 1988. godine kada je ona usaglašena na nivou JŽ, samo za vučna vozila. Ovo ima za posledicu nedovoljnu opremljenost radionica i nizak tehnološki nivo, kao i pojavu viška kapaciteta. Na nivou JŽ, u proteklih petnaestak godina izostala je racionalna podela rada po remonterima u pravcu njihove specijalizacije po pojedinim tipovima i serijama vozila. Održavanje više serija vozila kod jednog remontera, kao i odsustvo odgovarajuće specijalizacije radne snage sprečavalo je i sprečava formiranje specijalizovanih tehnoloških linija za remont voznih sredstava. Ovim su izostali i neophodni uslovi za razvoj industrijskog remonta, sa posledicama nezadovoljavajućeg kvaliteta remonta i visokog stepena imobilizacije voznih sredstava. Izostala je primena sistema agregatne zamene i specijalizacije remontera, što se, nepovoljno odražava na kvalitet i cenu održavanja, na vreme zadržavanja kola u opravci i na rentabilnost remonta.

Većina remontera raspolaže građevinskim objektima dovoljnog kapaciteta i u zadovoljavajućem stanju, sa aspekta građevinskih kriterijuma.

Međutim većina objekata nije u dovoljnoj meri usklađena sa tehnološkim procesom održavanja savremenih voznih sredstava. Proizvodne i pomoćne radionice nisu optimalno raspoređene u odnosu na zahteve tehnološkog procesa. Kolosečna situacija kod većine remontera nije zadovoljavajuća što je naročito izraženo kod remontera vučnih vozila.

Remontna dokumentacija, koja postoji kod remontera, po obimu i kvalitetu ne zadovoljava u potpunosti, dok se u nekim slučajevima remonteri i ne pridržavaju ove dokumentacije, već se u većoj meri oslanjaju na iskustvo ili postupak prilagođavaju svojim tehnološkim mogućnostima.

Remonteri se snabdevaju rezervnim delovima na više načina: uvoz, sopstvena proizvodnja, kooperacija, trgovačka mreža i isporuka od strane naručioca remonta. Veliki broj serija i tipova vozila usložava problematiku obezbeđenja rezervnih delova. Odsustvo odgovarajućeg informacionog sistema i savremenih metoda planiranja minimalnih stokova rezervnih delova kod ŽTP-a i remontera dovodi do neracionalnog angažovanja finansijskih sredstava, ili do nestašice rezervnih delova određenog asortimana. Nedostatak finansijskih sredstava za uvoz rezervnih delova ima za posledicu uzimanja rezervnih delova sa jednih kola i ugrađivanje na druga kola u cilju završetka redovne opravke, što znatno utiče na kvalitet remonta. I pored toga, nestašica rezervnih delova je osnovni uzročnik dužeg zadržavanja železničkih vozila u opravci u odnosu na ugovoreni rok. Isto tako prisutan je problem izraženog odsustva tipskih i serijskih ispitivanja rezervnih delova. Sve ovo u znatnoj meri negativno utiče na rokove i kvalitet remonta, kao i na troškove održavanja.

Kvalifikaciona struktura radnika kod svih remontera nije zadovoljavajuća, razmeštaj visokokvalifikovanih kadrova nije racionalan, jer se većina visokokvalifikovanog kadra nalazi van materijalne proizvodnje. Niska akumulativnost ove delatnosti i neadekvatan sistem nagrađivanja osnovni su uzroci velike fluktuacije radne snage i pomeranja stručnih kadrova u administraciju.

3. PLANIRANJE, NABAVKA I ZALIHE MATERIJALA I REZERVNIH DELOVA

Kod održavanja železničkih vozila pojavljuje se materijal za opravku oštećenih pojedinih sklopova (opravka oštećenih delova donjeg postolja), za proizvodnju pojedinih delova (kovanjem, livenjem, mašinskom obradom, zavarivanjem), za

opravku istrošenih delova (navarivanje, metalizacija, nanošenje materijala hemijskim postupcima) i rezervni delovi potrebni za zamenu oštećenih ili istrošenih delova.

Normativ materijala i rezervnih delova mora da sadrži količinu materijala i rezervnih delova koji ulazi u jedinicu proizvoda.

Pod jedinicom proizvoda se podrazumeva vrsta pregleda ili opravke za jedno vozilo određene serije. U okviru normativa treba obuhvatiti i otpadak repromaterijala ili neupotrebljivih delova koji se javlja pri obradi jedinice proizvoda.

Normativ materijala i rezervnih delova se radi sa ciljem, da se pri izradi plana proizvodnje može lakše uraditi specifikacija materijala i rezervnih delova, radi njihove nabavke. Izvršenjem kompletne tehničke pripreme i obezbeđenjem potrebnog materijala i rezervnih delova može se reći da je plan proizvodnje materijalno obezbeđen.

Normativ materijala i rezervnih delova koristi se u toku proizvodnje i za kontrolu utroška materijala i rezervnih delova i time se ocenjuje da li postoji ušteda ili povećana potrošnja.

Normativ materijala i rezervnih delova, ukoliko je dobro određen, važi dok se ne promene uslovi koji su postojali u momentu postavljanja normativa. Promene uslova mogu nastupiti sa izmenom konstrukcije, racionalizacijom proizvodnje, promenom uslova eksploatacije, promenom tehnoloških postupaka, i izmenama stanja na tržištu materijala i rezervnih delova.

U evidenciji normativa materijala i rezervnih delova registruju se sve promene normativa sa datumom od kada su izmene izvršene.

Normativ materijala i rezervnih delova se radi na osnovu iskustva, odnosno na osnovu statističkih podataka o utrošku materijala i rezervnih delova po seriji vozila za svaku vrstu redovnog održavanja. Prva specifikacija repromaterijala i rezervnih delova radi se na osnovu preporuke proizvođača železničkih vozila. Smatra se da prva rezerva materijala i rezervnih delova zadovoljava za redovno održavanje železničkih vozila kod putničkih kola i vučnih vozila u vrednosti od jednog vozila.

Na osnovu dosadašnjih iskustava ova vrednost materijala i rezervnih delova kod lokomotiva može biti i veća, ali ne veća, za veći broj vozila, od vrednosti dve jedinice. Ukoliko proizvođač nije u mogućnosti da preporuči specifikaciju materijala i rezervnih delova, prva specifikacija materijala i rezervnih delova se radi na osnovu iskustvenih normativa za slična vozila.

4. PROBLEMI VEZANI ZA ODLUČIVANJE PRI UPRAVLJANJU ZALIHAMA MATERIJALA

U mnogim savremenim preduzećima, koja u proizvodnom procesu koriste nekoliko hiljada vrsta materijala, javlja se problem odlučivanja pri snabdevanju materijalom.

Problemi odlučivanja o snabdevanju materijalom, prema oblasti pojavljivanja mogu da se svrstaju u tri područja i to:

– problemi odlučivanja vezani za razvrstavanje materijala prema značaju za ekonomiju snabdevanja,

– problemi utvrđivanja optimalnog režima snabdevanja za značajnije kategorije materijala,

– problemi vezani za upravljanje zalihama u skladu sa optimalnim režimom snabdevanja i tekućim zahtevima proizvodnje.

Primenu upravljanja zalihama po metodi ABC razvio je H. Ford Diki (H. FORD DICKIE) u GENERAL ELECTRIC COMPANY. Po ovoj metodi svi materijali razvrstavaju se u grue A, B, C, i svakom artiklu se poklanja onoliko pažnje koliki je njegov značaj za ekonomiju poslovanja.

Razvrstavanje celokupnog asortimana materijala na grupe A, B i C zavisi od niza faktora i kriterijuma vezanih za preduzeće ili za tržište. Ovi kriterijumi mogu se razvrstati u tri grupe i zavise od:

I Vrednosti godišnje potrošnje (količinska, vrednosna i procentualna),

II Kritičnosti nabavljanja,

III Učestalosti proizvodne potrošnje.

Svaka od navedenih grupa se u datoj analizi razvrstava na najmanje 3 podgrupe. Prva grupa se u početnoj fazi razvrstava na 10–20 podgrupa, da bi se na kraju svela na tri podgrupe. Kombinacijom svih ovih kriterijuma razvrstavanja dobija se najmanje 27 karakteristika (a može i više) koje su specifične za svaku vrstu materijala. Iz ovoga se može zaključiti da ovo predstavlja osnovni problem i zahteva veoma odgovoran i savestan rad grupe stručnih ljudi i dobrih poznavalaca problematike nabavke. Poseban problem predstavlja prva grupa kriterijuma tj. razvrstavanje materijala na grupe A, B i C po vrednosti godišnje potrošnje. Naime, teško je odrediti granice između grupa A, B i C i usvojiti procente ukupnog broja vrsta materijala i procente ukupne vrednosti potrošenog materijala. Za ova razvrstavanja postoje različite preporuke raznih autora iz razvijenih zemalja.

Razvrstavanje materijala na grupe A, B i C ima za cilj:

– da omogući uobičajeno početno klasifikovanje svih vrsta materijala u određen broj grupa, kako bi se na svaku od njih primenili posebni postupci i specifična politika snabdevanja,

– da ostavi mogućnost za korigovanje, pri prelasku na automatsku obradu podataka, saznanjima koja su svojstvena čoveku i ne mogu da se obuhvate automatizmom računara,

– da omogući povremeno korigovanje prethodnih zaključaka i klasifikacija, kako bi se sistem

prilagođavao promenama koje nastaju, na asortimanu materijala, cenama i uslovima nabavke.

4.1. Problem utvrđivanja optimalnog režima zaliha i snabdevanja materijalom

Pri razmatranju problema optimalnog režima snabdevanja zaliha materijala neophodno je voditi računa o sledećem:

a) Pored unapred poznatog i definisanog plana proizvodnje i određenih standardnih utrošaka materijala, može doći do pojave slučajnih odstupanja u količinama materijala i ona se svode na pojavu:

– razlike između knjigovodstvenog i stvarnog stanja zaliha materijala,

– razlika između planiranog i stvarnog ritma trošenja materijala (usled odstupanja izvršenja proizvodnje od plana, ili usled odstupanja stvarnih utrošaka od jediničnog standarda, kao i zbog drugih subjektivnih grešaka),

– razlike između prosečnog i stvarnog vremena čekanja na pristizanje poručenog materijala.

Da bi se pristupilo optimalizaciji snabdevanja i zaliha, potrebno je preciznije definisati i utvrditi moguće razlike koje nastaju ili mogu da nastanu u procesu proizvodnje.

b) Određivanje i usaglašavanje kriterijuma optimalnosti vezano je na određen način za utvrđeni cilj. Ako se pođe od postavke, da zalihe treba da omoguće nesmetanu proizvodnju uz najmanje moguće troškove zaliha, onda je potrebno odrediti minimum ukupnih troškova snabdevanja i zaliha i to za:

– troškove proporcionalne broju porudžbin,

– troškove proporcionalne prosečnoj veličini zaliha.

Svi vidovi zaliha se finansiraju iz obrtnih sredstava preduzeća. Obzirom da su obrtna sredstva deficitarna veoma je značajno njihovo racionalno korišćenje. Nabavkom veće količine materijala ili rezervnih delova podiže se nivo zaliha što ima za posledicu povećanje troškova skladištenja i vezivanja obrtnih sredstava.

Optimizacija zaliha i serija obrađena je kroz matematičke modele koji se zasnivaju na različitim pretpostavkama i ograničenjima ali primenjuju slične kriterijume optimalnosti.

4.2. Problemi vezani za upravljanje zalihama u skladu sa optimalnim režimom snabdevanja i tekućim zahtevima proizvodnje

Proces upravljanja snabdevanjem iziskuje kontrolu stanja zaliha, svih ulaza i izlaza, radi prilagođavanja procesu naručivanja prema potrebama proizvodnje. Pri tome se, sa gledišta upravljanja procesom snabdevanja, materijali pojavljuju u sledećim oblicima.

– potreban materijal (u obliku standarda za svaki proizvod, odnosno u obliku plana za utvrđenu količinu proizvodnje),

– naručen materijal, kome još nije istekao predviđeni rok dostave,

– naručen materijal čija je dostava zakasnila,

– stigao i još nepreuzet materijal,

– preuzet materijal van magacinskog prostora,

– neispravan materijal za vraćanje isporučiocu,

– preuzet materijal smešten u određen magacinski prostor,

– trebovan materijal po standardu potrošnje,

– trebovan materijal iznad standarda potrošnje,

– neispravan materijal, ili neodgovarajući materijal vraćen iz proizvodnje,

– suvišan materijal vraćen iz proizvodnje (uštede u utrošku materijala),

– utrošen materijal u proizvodnji,

– neproizvodni utrošci materijala (kao rastur, kalo, lom, oštećenje i sl.).

Za svaki od ovih pojavnih oblika, mogu se postaviti pitanja:

– u kojim intervalima je potrebno vršiti kontrolu zaliha, odnosno kontrolu količina u pojedinim pojavnim oblicima radi utvrđivanja, da li su u skladu sa zahtevima proizvodnje,

– s prethodnim pitanjem je povezan i problem određivanja dozvoljenih granica odstupanja, odnosno granica do kojih se može ugroziti neometano odvijanje proizvodnje,

– do koje mere je proces snabdevanja u svim njegovim fazama i pojavnim oblicima moguće raditi ručnim postupcima i kada bi tu ulogu mogao preuzeti računar, tj. koje operacije bi morale da se obavljaju na računaru (postojanje zajedničke baze podataka, korišćenje direktnih veza za pretraživanja u bazi podataka proizvođač – remonter – nabavna služba sa zajedničkom bazom podataka).

Ovo ukazuje, da treba razviti i usavršiti ceo sistem kontrole i upravljanja zalihama materijala po metodi ABC sa primenom i korišćenjem zajedničke baze podataka do najnižeg organizacionog nivoa u preduzeću.

5. OSNOVNI PREDUSLOVI ZA UVOĐENJE METODE ABC

Metoda ABC predstavlja savremen sistem planiranja i upravljanja zalihama materijala. Za realizaciju i praktičnu primenu ove metode neophodno je izvršiti određenu pripremu i stvoriti uslove za njeno sprovođenje. U tom cilju, pre uvođenja metode ABC, potrebno je:

– Izvršiti propis svih utrošenih materijala u prethodnoj godini (po količini i vrednosti) i utvrditi količinu i vrednost zaliha materijala;

– Utvrditi količine nekurentnih i viškova materijala na zalihama;

– Izvršiti internu standardizaciju materijala;

– Izraditi sistematske kataloge (nomenklaturu materijala i šifriranje);

– Izvršiti novo šifriranje materijala;

– Definisati sistem cena materijala (planske i stvarne ili standardne i stvarne)

– Utvrditi normativ vremena nabavke materijala;

– Utvrditi normative materijala;

– Izvršiti izbor i obuku kadrova nabavne službe;

– Definisati sistem planiranja proizvodnje;

– Definisati sistem i način obrade informacija o materijalu.

5.1. Utvrđivanje zaliha materijala – količinski i vrednosno

Popis i evidencija svih materijala, zaliha materijala obavlja se po usaglašenim metodologijama. Po završetku ove aktivnosti evidentiraju se iskazani viškovi materijala količinski i vrednosno. Nepotrebni materijali, na zalihama skladišta, negativno deluju na poslovanje preduzeća jer vezuju angažovana obrtna sredstva i na taj način umanjuju koeficijent obrtaja. Ovakve materijale treba eliminisati, tj. prodati ili otpisati ukoliko su izgubili upotrebnu vrednost, jer je to jedan od uslova za uvođenje i primenu metode ABC. Za odstranjivanje nekurentnih i viškova materijala zadužena je posebna služba.

Nepotrebne materijale treba svesti u dve grupe i to na:

– nekurentne materijale i

– viškove zaliha.

Ovakvo diferenciranje se obavlja zbog različitih kriterijuma i postupaka tretiranja i prodaje materijala.

Nekurentnim se smatra materijal, koji je za preduzeća izgubio upotrebnu vrednost i nalazi se na zalihi u skladištu materijala.

Viškovima zaliha – smatraju se količine nekog materijala koje su iznad optimalnih, ali za preduzeće još uvek imaju upotrebnu vrednost. Potrebno je da preduzeće utvrdi nekurentne materijale i izvrše njihovo izdvajanje u skladišnoj, knjigovodstvenoj i materijalnoj evidenciji.

LITERATURA

(1) Dr Adramović Ž., dr Todorović J. "Savremene metode održavanja tehničkih sistema u industriji" 1985. godina

(2) Dr Todorović J. "Organizacija održavanja sredstava za rad" (Organizacija i uvođenje preventivnog održavanja), 1986. godina

(3) Dr Durković D. "Eksploatacija vučnih vozila", 1993. godina

(4) Hadžibabić M., Grbić V. "Održavanje železničkih vozila", 1985. godina

(5) Dr Bučevac I. "Održavanje mašina i opreme", 1996. godina

(6) Projekat: "Projektovanje visokoregalnog skladišta", 1981. godina

(7) Projekat: "Upravljanje zalihama 'Goša'", 1985. godina

(8) Mr Mijanac R. "Železnička kola" 2000. godina. Želnid, Beograd

(9) Mr Nikolić V.,Mr. Mijanac "Mehanička Tehnologija" 2000. , Želnid, Beograd.

TKS-OPRUGA

Miroslav Velemir

Zavojna opruga tipa TKS (trapezno-kružni presek opružne žice) za Y 25 obrtna postolja je rešenje proizišlo iz ispitivanja vršenih na nivou UIC sa ciljem smanjenja nivoa buke praznih teretnih kola.

Jedan od zadataka proizvođača zavojnih opruga za obrtna postolja teretnih kola bio je da reše problem neprijatnog kloparanja slobodne unutrašnje opruge Y 25 obrtnog postolja kod praznih ili delimično natovarenih kola.

Rezultat rada na tom projektu je TKS-opruga (ime i proizvod patentirala fa. Langen&Sondermann GmbH).

Jedna ovakva opruga, zbog svoje specifične konstrukcije, ima karakteristiku približnu karakteristici paru standardnih opruga (unutrašnja i spoljašnja) Y 25 obrtnog postolja, pa bi bila njihova zamena.

Ključne reči:

- *opruga, trapezno kružni presek, karakteristika,*
- *obrtno postolje*

1-KONSTRUISANJE OPRUGE

Da bi se konstruisala i proizvela jedna opruga, koja bi bila zamena za standardan par opruga ugrađen u obrtna postolja Y 25, moralo se voditi računa o sledećem:

- karakteristici opruge
- kvalitetu materijala opruge i tehnologiji izrade
- dimenzijama opruge (prostoru za smeštaj opruge)

Karakteristika opruge

U tabeli 1. date su karakteristične veličine standardnih parova opruga za obrtna postolja Y25 za masu po osovini od 20t i 22,5t (Prilog 3, UIC objava 517). Na slici 1 dat je dijagram opružne karkteristike [zavisnost opterećenja opruge (F) i ugiba opruge(f)] standardnog para opruga. Opružna karakteristika je dvostepene. U prvom stepenu, do ugiba opruge od f_j (prelazni ugib), aktivna je samo spoljašnja opruga, a u drugom stepenu i spoljašnja i unutrašnja opruga.

Izbor opruga je vršen na taj način da iste mogu da prime na sebe ogibljenu masu teretnih kola kako u donjoj oblasti opterećenja (prazna i delimično tovarena kola) tako i u gornjoj oblasti opterećenja (delimično i potpuno natovarena kola). Za kola sa masom po osovini od 20 t, "prelazna masa" je oko 25,6 t, a za kola sa masom od 22,5t/os oko 26,7 t.

Iz tabele 1, dobijaju se sledeće karakteristične veličine:

krutost opruge:

c_{a1}=0,4082 kN/mm, c_{a2}=0,7519 kN/mm i

$c_a = c_{a1} + c_{a2}$ =1,160 kN/mm

c_{b1}=0,5076kN/mm, c_{b2}=0,8264 kN/mm i c_b = 1,3340 kN/mm

prelazni ugib

$f_{aj} = H_{a1} - H_{a2}$ = 264-234 = 30 mm

f_{bj} = 26 mm

sila u opruzi pri prelaznom ugibu:

Miroslav Velemir, dipl.maš.ing., Viši stručni saradnik za teretna kola, Zajednica JŽ, Nemanjina 6, Beograd

$F_{aj} = c_a . f_a = 12,25$ kN

$F_{bj} = c_{b1} . f_{bj} = 13,20$ kN

maksimalna statička sila po paru opruga:

$F_{ast} = 45,37$ kN

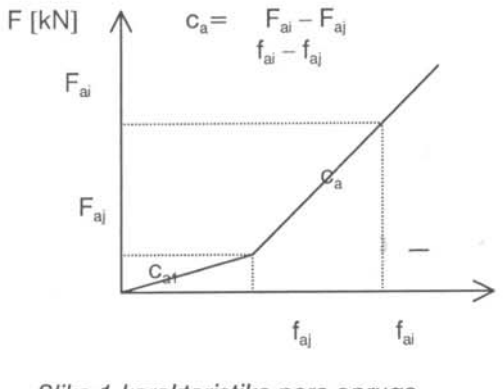
$F_{bst} = 51,5$ kN

maksimalni statički ugib:

$f_{ast} = f_{aj} + \frac{F_{ast} - F_{aj}}{c_a} = 58,6$ mm;

$f_{bst} = 54,7$ mm

Odnosno, ako se za dinamičko (udarno) opterećenje opruge uzme da je za 30% veće od statičkog, onda su: $F_{amax} = 58,98$ kN, $F_{bmax} = 66,95$



Slika 1-karakteristika para opruga

TABELA 1

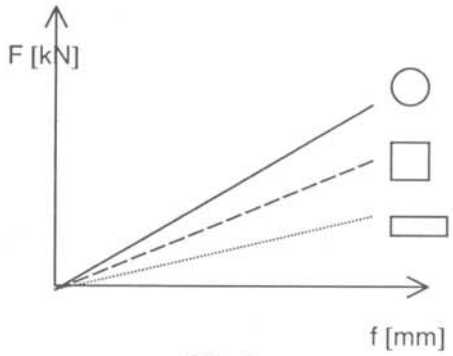
		Obrtna postolja za 20 t/os		Obrtna postolja za 22,5 t/os	
		spoljašnja opruga	unutrašnja opruga	spoljašnja opruga	unutrašnja opruga
Karakteristika	jedinica	a1	a2	b1	b2
Prečnik žice	mm	$d_1=30$	$d_2=24$	$d_1=31$	$d_2=24,4$
Prečnik opruge	mm	$D_1=162$	$D_2=90$	$D_1=163$	$D_2=90$
Ukupan broj zavojaka		6,1	7,5	5,7	7,4
Broj aktivnih zavojaka		4,6	6	4,2	5,9
Visina opruge	mm	$H_1=264$	$H_2=234\pm2$	$H_1=260$	$H_2=234\pm2$
Visina pod opterećenjem od 883 daN	mm	242+1/-3		242 +1/-3	
Specifični ugib	mm/kN	2,45	1,33	1,97	1,21

Ako imamo na umu osnovne formule[3] cilindričnih zavojnih opruga (Tabela 2), jasniji će nam biti način razmišljanja konstruktora dok je reševao ovaj problem. Očito je da je krutost opruga, napravljenih od istog materijala i po istoj tehnologiji, promenljiva u zavisnosti od njenih geometrijskih karakteristika (d,D,Za). Daljom analizom, uzimajući površinu poprečnog preseka okrugle opružne žice kao osnovu za izradu opruga kvadratnog i pravougaonog poprečnog preseka ($d^2\pi/4=b^2=b.h$) dobijaju se opruge čije su karakteristike date na slici 2.

TABELA 2.

	Kružni presek žice d	Pravougaoni presek žice h b
Krutost opruge c [kN/mm]	$\frac{d\,G}{8\,z_a\,K^3}$	$\frac{b^2h^2G}{z_a\,D^3\kappa''}$
Napon uvijanja τ [kN/mm^2]	$\frac{\kappa\,8FD}{\pi d^3}$	$\frac{\kappa'\,FD}{bh\sqrt{bh}}$
Deformacioni rad A [kNmm]	$\frac{z_a\,Dd^2\pi^2\tau^2}{16G\kappa''}$	$\frac{z_a\,Dbh\kappa''\tau^2}{2G(\kappa')^2}$

Gde su: d[mm] - prečnik žice
D [mm] - prečnik opruge
z_a - broj aktivnih zavojaka
K=D/d
G [kN/mm^2] - modul klizanja
κ – faktor povećanja napona usled zakrivljenosti zavojaka
κ' i κ'' – faktori uticaja oblika preseka opružne žice na napon i deformaciju
F[kN] - sila u opruzi



Slika 2.

Najveću krutost ima opruga napravljena od okrugle žice, pa opruga od kvadratne žice i na kraju opruga od pravougaone žice.

Polazeći od gore poznatih činjenica, a znajući karakteristične veličine, odnosno opružne karakteristike standardnih parova opruga, konstruktor je trebao "samo" da konstruiše jednu jedinu oprugu sa opružnom žicom od kombinacije raznih poprečnih preseka sa ciljem dobijanja tražene progresivne karakteristike.

TKS-opruga je jedno takvo rešenje. U tabeli 3 date su karakteristične veličine TKS-opruge.

TABELA 3.

Karakteristika	jedinica	
Prečnik žice	mm	d=38 [1]
Prečnik opruge	mm	D=156
Ukupan broj zavojaka		6,0
Broj aktivnih zavojaka		4,5
Visina opruge	mm	H_o=260
Visina pod opterećenjem od 883 daN	mm	242
Specifični ugib	mm/kN	0,939 ±8% [2]

[1] krajnji zavojci su trapeznog preseka
[2] progresivna karakteristika opruge

TKS-opruga se razlikuje od obične zavojne opruge svojom posebnom konstrukcijom poprečnog preseka žice, koji nije konstantan, već promenljiv. Oba kraja žice TKS opruge su valjanjem oblikovana u trapezni poprečni presek, dok je sredina opruge od žice kružnog preseka. širina zaravljenih krajeva opruge (sa trapeznim poprečnim presekom) odgovara prečniku opružne žice tako da prečnik opruge (D) ostaje konstantan celom dužinom opruge.

Efekat ove posebne konstrukcije oba kraja opruge je da su pri praznim i delimično opterećenim kolima (do "prelazne mase" od oko 27 t) aktivni samo krajevi opruge (zavojci sa trapeznim presekom), tako da je karakteristika opruge blago progresivna. Kad je "prelazna masa" kola postignuta i premašena, aktiviraće se i deo opruge sa kružnim presekom žice, povećaće se krutost opruge, pa će karakteristika opruge biti strmija.

Zbog kontinualnog primicanja krajeva opruge jedan drugom, ne dolazi do naglog skoka krive karakteristike opruge, kao što je to slučaj kod standardnog para opruga.

Kvalitet materijala opruge i tehnologija izrade

TKS-opruga je napravljena od čelika za poboljšanje, legiranog hromom, vanadijumom itd., Č.4830 (prema JUS C.B9.021) odnosno po DIN-u 50 Cr V 4. To je materijal koji se koristi za izrazito dinamički opterećene opruge (velika amplituda i broj promena napona).

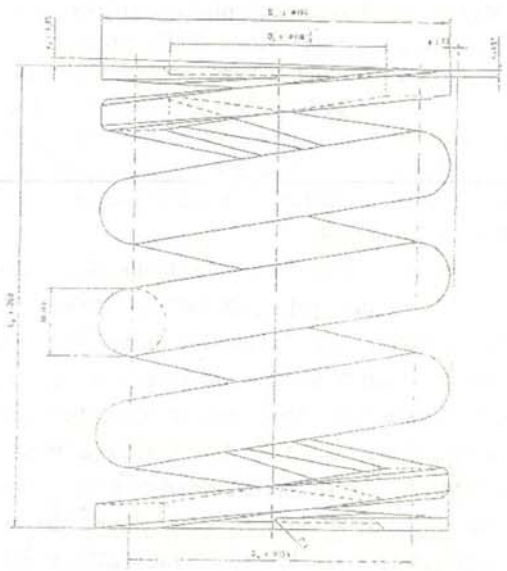
Opruga je vruće oblikovana od žice kružnog preseka ∅38 mm. Nakon oblikovanja vršeno je kaljenje u ulju. Na kraju se opruga bombarduje sa čeličnim kuglicama (sačmarenje) radi dobijanja kompaktnije strukture površinskog sloja, tu su najveći naponi uvijanja, jer kuglice smanjuju njegovu nehomogenost, delimično eliminišu mikrošupljine i naprsline itd.

Opruga je zaštićena premazom Zn-fosfata.

Opruga je proizvedena u skladu sa UIC objavom 822.

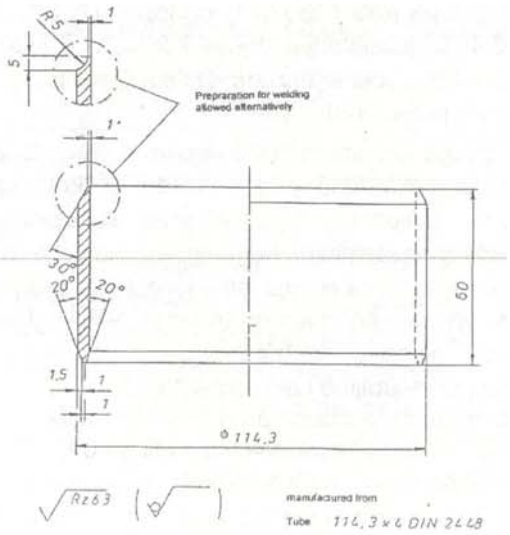
Dimenzije opruge

Glavne dimenzije TKS opruge su prikazane na crtežu (sl.3).



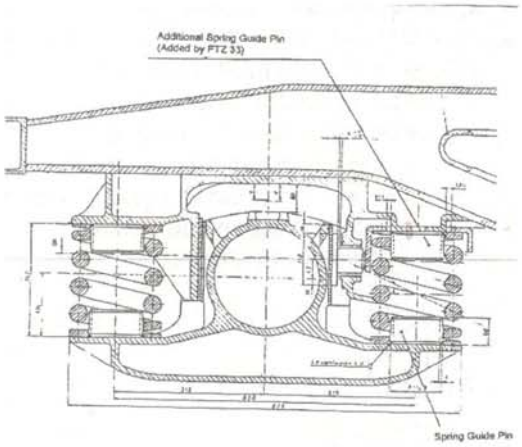
Slika 3

Visina neopterećene opruge i spoljašnji prečnik opruge odgovara dimenzijama spoljašnje opruge za obrtno postolje Y 25 L,. za masu od 22,5 t/os. Zbog prečnika opruge D=156 i prečnika žice d=38 mm, smanjen je unutrašnji prečnik opruge sa 132 na 118 mm, pa postojeća vođišna čaura ne odgovara, tj. pre ugradnje TKS-opruge mora se umesto postojeće zavariti nova, manjeg spoljašnjeg prečnika (sl.4).



Slika 4

Na slici 5 je dat presek veze rama obrtnog postolja sa kućištem ležišta, sa TKS-oprugama, gde se vidi mesto ugradnje nove vođišne čaure. Čaura se vari direktno na kliznicu. Na crtežu se vidi da TKS-opruga (desna) svu silu prenosi na kapu opruge.

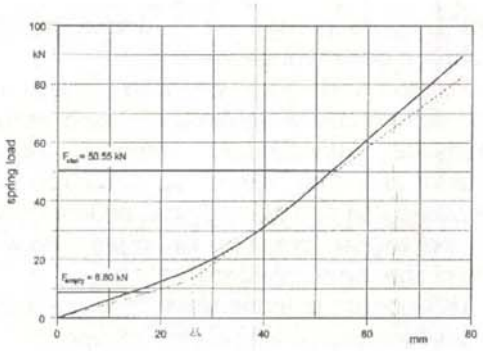


Slika 5.

2. PRORAČUNI I ISPITIVANJA TKS-OPRUGA

2.1 Karakteristika opruge (kriva opterećenja/ ugib)

Na slici 6. su date, radi upoređenja, kriva karakteristike TKS-opruge i standardnog para opruga za 22,5 t/os.



..... standardan par opruga

—— TKS-opruga

Slika 6

Upoređenjem karakteristika vidi se da TKS-opruga ima nešto veće povećanje krutosti u donjoj oblasti (O,614 kN/mm, prema 0,50761 kN/mm). Progresivno povećanje krive je mnogo harmoničnije i nema tačno definisanu tačku prelaza.

Pod maksimalnim opterećenjem ugib TKS-opruge približan je ugibu standardnog para opruga (54,7 prema 53,2 mm).

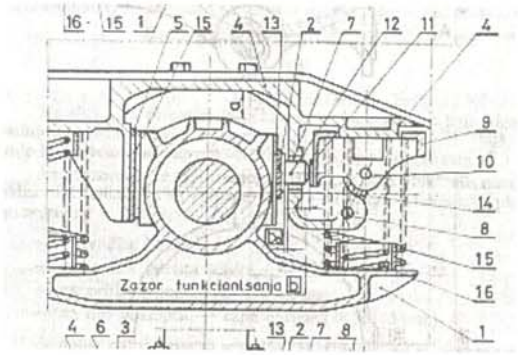
Upoređenjem karakteristike TKS-opruge i standardnog para opruga za 20 t/os, razlike su nešto veće.

Zbog činjenice da se kriva karakteristike TKS-opruge razlikuje od krive karakteristike standardnog para opruga, trebala je da se proveri,

prema odredbama izveštaja ORE B55/RP 8, sigurnost od iskliznuča teretnih kola pri trčanju preko izvitoperenog koloseka.

2.2 Provera izdržljivosti karike i svornjaka

U standardnom paru opruga za Y25 obrtna postolja, samo je deo opterećenja preko spoljašnje opruge prenesen na komponente "Lenoir" sistema prigušenja oscilacija (karika, svornjak i pritisno dugme), dok se deo opterećenja, koje prihvata unutrašnja opruga, direktno prenosi na kućište ležajeva.



Slika 7

Na slici 7 je dat presek standardnog rešenja veze para opruga sa kapom opruge, gde se vidi da je samo spoljašnja opruga oslonjena na kapu opruge.

TKS-opruga je samo kapom oslonjena tako da se cela opružna sila prenosi na karike i svornjake, odnosno pritisno dugme. Pri masi po osovini od 22,5 t, to odgovara:

- masa po osovini 22,50 t
- neogibljena masa -1,50 t

- ogibljena masa po osovini 20,50 t
- masa po točku 10,25 t
- za pola točka 5,25 t
- za jednu kariku (5,25:2)xcos 21°43', odnosno to odgovara maximalnoj sili:
  - od 30 kN - kod TKS opruge,
  - od 14,9 kN - kod para opruga

Izvršen je proračun čvrstoće svornjaka i karika. Izmereni max naponi za kariku su 233 N/mm^2, a za svornjak 271 N/mm^2. Dakle, dozvoljeni napon od zatezanja od 340 N/mm^2 nije premašen..

2.3 Dinamička ispitivanja TKS opruge

2.3.1 Ispitivanje na zamor

U cilju utvrđivanja zadovoljavajuće otpornosti u eksploatacionim uslovima, 3 komada TKS-opruga je ispitano pod sledećim uslovima:

- $2x10^6$ ciklusa sa silom od 54 kN +/- 7,25 kN promenjljivi deo
- $1x10^6$ ciklusa sa silom od 54 kN +/- 8,7 kN promenjljivi deo
- $1x10^6$ ciklusa sa silom od 54 kN +/- 11,6 kN promenjljivi deo

Ispitna frekvencija promenljivog dela bila je 3 Hz.

Nakon $4x10^6$ ciklusa ispitivanja opruge su se slegle, visina opruga se smanjila za 3 mm, što je slično i kod standardnog para opruga.

2.3.2 Utvrđivanje sigurnosti od iskliznuča prema ORE B55/RP 8

Utvrđivanje sigurnosti od iskliznuča pri kretanju na izvitoperenom koloseku izvršena je sa praznim Res kolima, prema dvema metodama u skladu sa preporukama ORE B55/RP 8. Ispitivana su prazna kola [8] pri kretanju kroz krivinu 150 m u cilju utvrđivanja sila Ya i Yi (na spoljašnjem i unutrašnjem točku).

Karakteristike Res kola su:

- sopstvena masa 23,34 t
- masa tovara 56,5 t
- dužina preko odbojnika 19,9 m
- dužina postolja kola 18,5 m
- razmak svornjaka obrtnih postolja 2a* =14,86 m
- obrtno postolje tip Y25 Cs
- razmak osovina ob. postolja 1,8 m
- zazor između kliznice i kućišta ležišta:

za prazna kola – 55 mm
za natovarena kola- 20 mm

- poprečni zazor kućišta ležaja±10 mm
- podužni zazor kućišta ležaja 0 mm

Uslovi pri testiranju su bili: suve šine sa relativno malom relativnom vlažnošu vazduha.

Na zahtev DB, naknadno su ista ispitivanja obavljena sa jednom namerno polomljenom oprugom (u predelu trapeznog poprečnog preseka žice opruge). Efekat ovog loma opruge na odnos Y/Q i vođišne sile je bio neznatan. "Penjanje" točkova na spoljašnje šine nije bilo veće od 5 mm.

Ispitivanja prema ORE B55/RP 8 TKS opruga je zadovoljila.

2.3.3 Ispitivanja u vožnji

Prema odredbama UIC objave 432, tačka 3.5.2, teretna kola opremljena samo navedenim tipovima obrtnih postolja Y 25 su odobrena za saobraćaj bez daljih dodatnih ispitivanja. Kada su uslovi eksploatacije kola ili karakteristika obrtnih postolja promenjeni, onda se prema odredbama UIC objave 518, Prilog B4/5, vrše dodatna

ispitivanja sa kolima u cilju utvrđivanja njihovih karakteristika u vožnji (sigurnost-ΣH(2m) i kvalitet kretanja- S_{ylim} i S_{zlim}). Prema tim odredbama, oslobođeno od ispitivanja bi bilo obrtno postolje čija se krutost promenila u rasponu od +0 do +25%. Pošto to ovde nije bio slučaj, nisu se morala vršiti nikakva dodatna ispitivanja, ali je DB odlučila da ih ipak sprovede.

Rezultati ispitivanja [9] su pokazali da granične vrednosti nisu prmašene:

$\Sigma H(2m)_{lim} \leq 32,2$ kN (natovarena kola)
$\Sigma H(2m)_{lim} \leq 14,5$ kN (prazna kola)
$S_{ylim} \leq 1,3$ m/s^2
$S_{zlim} \leq 2,0$ m/s^2

2.3.4 Eksploataciona ispitivanja

Od januara 1995. godine, jedna Eaon-kola, potpuno opremljena TKS oprugama, su u eksploataciji na mreži pruga Duisburg Eisenbahn&Hafen.

Opterećenje ovih kola je dosta veliko, jer mogu da se tovare do mase od 25,6 t/osovini. Do sada nije zabeležen nijedan slučaj deformacije TKS opruga ili delova "Lenoir" sistema. Trošenje površine kotrljanja i venca točka nije veće od onog kod kola opremljenih standardnim parom opruga.

Kola serije Res, sa kojima su i vršena ispitivanja u vožnji (videti tačke 2.3.2 i 2.3.3), su od kraja 1995. godine u saobraćaju. Do sada su prešla 53.524 km, od čega tovarena 36.064 km, a prazna 17.460 km. Srednja masa tovarenih kola iznosila je 75 t. Do danas nije bilo nikakvh problema u eksploataciji niti kvarova na kolima. Još uvek nema potrebe za zamenom osovinskih sklopova (obrada profila točka). Ova kola su u martu 1999. godine bila na kontrolnom pregledu u Mindenu. Pokazalo se da ni na TKS oprugama ni na drugim komponentama obrtnog postolja, posebno trćećeg stroja, nema oštećenja ni znakova povećanog trošenja.

3. Zaključak

Polazeći od mana koje je do sada pokazao standardan par opruga za Y25 obrtna postolja:

- neprijatan zvuk neopterećene unutrašnje opruge,
- pri zameni jedne od puknutih opruga potrebno je "uparivanje"→trošak montaže povećan,
- moguće uklještenje unutrašnje opruge itd.,

a imajući u vidu rezultate do sada izvršenih ispitivanja pokazalo se da se TKS-opruga može uspešno zameniti kao alternativa standardnom paru opruga obrtnih postolja Y 25 za 20 i 22,5 t/os.

Prema informacijama dobijenim od proizvođača, nabavna cena istih je za oko 15% manja od cene konvencionalnog par opruga.

Druge uštede, koje se odnose na ugradnju, dodatna ispitivanja i održavanje tokom eksploatacije nije još uvek moguće proceniti.

LITERATURA

[1] Uputstvo JŽ br. 250, Beograd 1987
[2] Osnovi konstruisanja – Zbirka zadataka; grupa autora–Bgd 1988
[3] Maschinenelemente – Gestaltung und Berechung; Karl-Heinz Decker, Munchen 1975
[4] Inženjersko mašinski priručnik 2; grupa autora - Bgd 1987
[5] Elektrische Triebfahrzeuge –Band 1; Karl Sachs - Wien 1973
[6] UIC Merkblatt 518 – Fahrtechnische Prüfung und Zulassung von Eisenbahnfahrzeugen – Fahrsicherheit, Fahrwegbeanspruchung und Fahrverhalten; 2. Ausgabe 01.10.1999.
[7] UIC leaflet 432 - Wagons, Running speeds-Technical conditions to be observed; 8th edition January 2000
[8] DB Protocol 54887 – Test Drive on the Distorsion Track according ERRI B55, Minden 1995
[9] DB Performance Tests 552008, Tests results, Minden 1995

TKS SPRING

Miroslav Velemir

A coil spring, TKS type ("trapezoidal circular section compressive coil spring") is a solution which originate from the research, on UIC level, in order to reduce of a noise emission of freight wagons.

One of the tasks to manufacurers of coil springs for Y25 bogies has been a reduction of the noise emission of empty or partly laden freight wagons through the elimination of the clanking and rattling sounds of the unforced inner spring.

Result is the TKS spring (name and product patented by Langen&Sondermann GmbH).

Owing to its progressive characteristic, the TKS spring , as a single spring, can replace the standard coil spring set (consisting of an inner and an outer spring).

Key words: - spring; trapezoidal circular section; progressive characteristic; bogie

Razvoj ejektora za povećanje koeficijenta athezije peskarenjem šina za elektromotorne vozove serije JŽ 412 / 416[1]

Ljubomir Moravčević, Mirjana Ćurguz, Mile Nikolić[2]

***Rezime**: – U radu su dati rezultati istraživanja nepouzdanosti rada uređaja za peskarenje šina Elektromotornih vozova serije 412/416. Na osnovu zaključaka analize o uzrocima nepouzdanosti postojećeg rešenja i definisanih tehničkih zahteva za izradu novog konstrukcijskog rešenja ejektora, u uslovima ugradnje umesto postojećeg, konstruisan je novi ejektor i izvršena je rekonstrukcija izvršnih sklopova uređaja za peskarenje. Posebna serija od osam ejektora, ugrađena je na garnituri EMV serije JŽ 412/416. Dobijeni rezultati eksploatacionih ispitivanja su u okvirima ORE, izveštaja B44.*

***Ključne reči** – athezija, ejektor, peskarenje, železnica*

1. UVOD

U eksploataciji vučnih voznih sredstava, u fazama ubrzanja ili kočenja, naročito u lošim vremenskim uslovima, neophodno je povećati koeficijent athezije između šina i pogonskih točkova u smislu eliminacije proklizavanja. Prosipanje peska po šinama je metoda koja se već dugo primenjuje za efikasno poboljšanje athezije između točka i šine. U tu svrhu vučno vozno sredstvo – lokomotiva je opremljena uređajem (1,2,3) za peskarenje koji omogućava ubacivanje peska, određene granulacije, između dodirne površine točka i šine.

2. POSTOJEĆI UREĐAJ ZA POVEĆANJE ATHEZIJE PESKARENJEM ŠINA U ZONI DODIRA TOČAK-ŠINA EMV JŽ 412/416

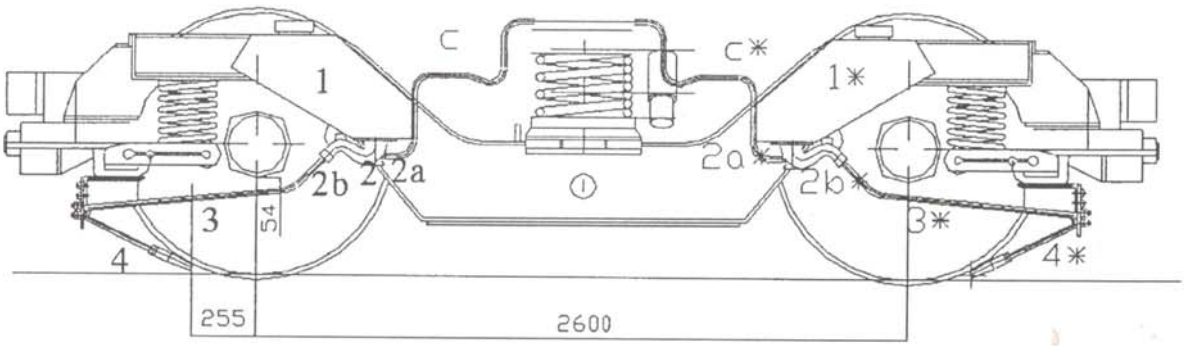
Kod elektromotornog voza serije JŽ 412/416 (EMV) uređaj za peskarenje se sastoji od komandnog dela, elektromagnetnog ventila, smeštenog u upravljačnici EMV-a i izvršnih sklopova (sl. 1) koji su postavljeni na oba obrtna postolja elektromotornog voza serije JŽ 412/416 (EMV) – ukupno osam.

Komandni deo-elektromagnetni ventil, omogućava da sabijeni vazduh, iz pneumatskog sistema voznog sredstva, prolaskom kroz mlaznicu (2a, sl.1) izbaci pesak, koji je došao slobodnim padom iz spremišta za pesak u ulazni deo ejektora i izbaci ga kroz otvor (2b) u cevovod za transport peska (3), a preko usmeravajuće (4) mlaznice na šinu, u zonu dodira točka i šine.

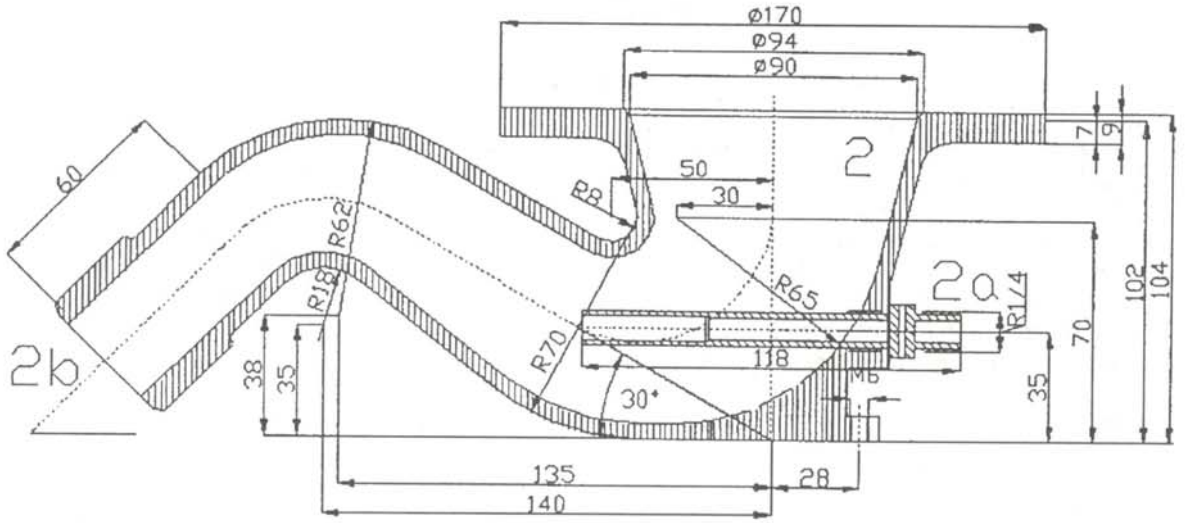
Postojeći ejektor (sl.2) je odlivak sa kružnom prirubnicom (Ø 170 mm) preko koje je vijčanim vezama vezan za dno spremišta peska (1, sl. 1). Ulazni deo ejektora (2, sl. 2) je kružnog oblika (Ø 90mm) i konično se sužava na Ø 50 (konus Ø 90/Ø 50x100) i nastavlja izlaznim delom (2b) u obliku savijene, konusne, cevi pod uglom od 45^0 naviše, u odnosu na horizontalu, a zatim u obliku lakta spaja se sa cevovodom (3) kojim se pesak transportuje do izlazne mlaznice (4).

[1] Rad je realizovan u okviru projekta I.5.1594, koji je finansiralo Ministarstvo za nauku i tehnologiju Republike Srbije a konstruktivno rešenje zaštićeno je kod Saveznog zavoda za intelektualnu svojinu,

[2] Ljubomir Moravčević, dipl. maš. ing., vodeći projektant, SI-CIP, Nemanjina 6/IV, Beograd, Email, memeco@infosky.net,
Mirjana Ćurguz, dipl.maš.ing, projektant; SI-CIP, Nemanjina 6/IV, Beograd,
Mile Nikolić, dipl.maš.ing, vodeći projektant, SI-CIP, Nemanjina 6/IV, Beograd, Email:zobra @eunet.Yu



Sl. 1. Izvršni sklopovi uređaja za peskaranje: 1-spremište za pesak, 2-ejektor, 2a-mlaznica, 2b-mlaznica, 2b-izlazni otvor 3-cevovod za transport peska, 4-usmeravajuća mlaznica peska na šinu



Sl. 2. Postojeći ejektor uređaja za peskarenje EMV serije JŽ 412/416: 2-ejektor, 2a-mlaznica, 2b-izlazni otvor

2.1. Analiza uzroka nepouzdanosti postojećeg rešenja

Prikazani izvršni sklopovi uređaja za peskarenje u toku eksploatacije pokazali su se nepouzdanim. Obavljena je analiza uzroka nepouzdanosti postojećeg rešenja.

Prema dobijenim rezultatima istraživanja [6], uzroci nepouzdanog rada sistema za peskarenje EMV serije JŽ 412/416 su sledeći:

a) Neodgovarajuća konstrukcija ejektora koji treba da omogući pouzdano izbacivanje potrebne količine peska odgovarajućom brzinom na šinu, u zonu dodira točak-šina.

- Predmetni ejektori su jednakomornog tipa, sa jednom mlaznicom za prolaz sabijenog vazduha (2a) i velikim ulaznim (Ø 90 mm) konusnim delom. Pesak u konusni deo dospeva slobodnim padom iz spremišta. Taj deo peska je stalno izložen hidrostatičkom pritisku stuba peska iz spremišta i vertikalnim oscilacijama obrtnog postolja, što uzrokuje sabijanje peska. Pri aktiviranju elektromagnetnog ventila vazduh pod pritiskom, prolaskom kroz mlaznicu (2a) ne uspeva da u dovoljnoj meri izazove vrtloženje i rasprskivanje peska kao ni njegovo dizanje u izlazni deo ejektora (1b). Problem je izražen pogotovu pri korišćenju zaprljanog peska, kao i pri malom stepenu vlažnosti istog.

b) Neodgovarajuća konstrukcija mlaznice (2a)

Prvobitno konstruisana kao nepovratni ventil (cev sa otvorom Ø 7 mm i naslonom za oslanjanje klipa sa povratnom oprugom, koja vraća klip u zaptivajući položaj po prolasku sabijenog vazduha) pokazala se nepouzdanom. U slučajevima kondenzacije vlage ispred mlaznice dolazilo je do začepljenja peskom kanala mlaznice

ispred klipa, odnosno blokiranje rada klipa i nemogućnost prolaska vazduha.

Rekonstrukcija koja je usledila u toku eksploatacije voznog sredstva, a sastojala se u izbacivanju klipa i povratne opruge, nije sprečila začepljenje mlaznice u slučajevima kondezacije vlage, već je omogućila još jedan negativan efekat: prolaz sitne granulacije suvog peska, kroz mlaznicu, u cevovod instalacije za dovod sabijenog vazduha u mlaznicu ejektora.

- Naime, pri kretanju voznog sredstva, usled strujanja i turbulencije vazdušne mase u zoni točka i izlaznog otvora mlaznica (4*), u mlaznice (4*) koje su usmerene u pravcu kretanja voznog sredstva (u tom smeru vožnje ova 4 kom. ejektora peskara nisu aktivni), ulazi vazduh velikom brzinom, prolazi kroz cevovod (3*) ulazi u izlazni deo ejektora (2b*) i pesak koji je u zoni ispred mlaznice (2a*) uduva u nju, a kroz nju dalje u cevovod za dovod sabijenog vazduha (C*).
- U zimskim uslovima, usled navedenog efekta, dolazi do pojave kondenzacije vlage u zoni ispred mlaznice (2a*) ejektora. Kondenzovana vlaga uzrokuje stinjavanje peska i začepljenje mlaznice (2a*). Pri promeni smera vožnje dolazi do iste pojave na druge.

b) Cevovod za transport peska, od izlaza iz ejektora do zone dodira točka i šine, je dugačak (cca 1.500 mm). Postavljen je pod malim nagibnim uglom (6^0). Sve to uslovljava slabo oticanje peska, pogotovu pri smanjenom pritisku sabijenog vazduha u napojnom vodu sistema za peskarenje.

c) Položaj spremišta za pesak je nepovoljan.

- S obzirom da su spremišta za pesak smešteni na obrtnom postolju (a ne u košu), koje osciluje relativno visokim vertikalnim frekfencijama prisutna je izražena pojava sabijanja peska. Ovaj efekat se povećava u slučaju vlažnog i peska neodgovarajuće granulacije. Do vlaženja peska dolazi usled prodora vode kroz poklopac spremišta i oštećena mesta na samom spremištu (fizička oštećenja ili naprsli varovi).

d) Kvalitet kvarcnog peska koji se primenjuje za prosipanje po šinama je neadekvatan propisanom

- Umesto kvarcnog peska kvaliteta definisanog OER izveštajem B 44 [4,5], zbog neadekvatnog skladištenja, koristi se pesak koji je povukao vlagu iz vazduha a često sadrži i komade drugog tvrdog materijala – stranih tela koji zatvaraju ili otežavaju transport peska – odnosno začepljuju kanale ejektora uređaja za peskarenje.

2.2. Definisanje tehničkog zahteva za izradu novog konstrukcijskog rešenja ejektora u uslovima ugradnje umesto postojećeg

Na osnovu analize izvedenih zaključaka o uzrocima otkaza i nedostacima postojećeg konstruktivnog rešenja ejektora peskare za EMV JŽ 412/416 definisani su zahtevi za izradu novog konstrukcijskog rešenja ejektora:

a) novi ejektor konceptirati tako da se može montirati umesto postojećeg, u zato predviđen prostor. Priključne dimenzije postojeće prirubnice, za vezu sa spremištem peska, zadržati,

b) novokonstruisani ejektor mora da obezbedi izbacivanje optimalne količine rastresenog peska u zonu dodira točak-šina, koja prema preporukama ORE b 44 iznosi: 0,3 – 0,7 (lit/min) peska po ejektoru.

Optimalna količina peska, za efikasno povećanje athenzije između točka i šine, je rezultat kontradiktornih zahteva. Ta količina mora, sa jedne strane, biti dovoljno velika (ne više od 1 lit / min po šini) za efikasno dejstvo u dinamičkim uslovima velikih brzina, a sa druge strane, ta količina mora biti što je moguće manja da ne bi došlo do neprihvatljivog nivoa zaprljanja pruge, smanjenja elektroprovodljivosti, odnosno da se ne bi na šinama formirao klizeći sloj (4).

Na osnovu mnogobrojnih ispitivanja [5], došlo se do saznanja da je neophodna veoma mala količina peska:

0,100 (l/min) po šini

Ova količina je dovoljna pod uslovom da se pesak prosipa velikom brzinom u čitavoj oblasti dodira između točka i šine. Nažalost, to se nikada ne događa, te stvarna količina peska mora biti veća.

c) oblik i prečnik kanala za transport peska, od veze sa spremištem do izlaza iz ejektora, mora eliminisati negativne efekte postojećeg rešenja: sabijanje peska i kondenzaciju vlage,

d) obezbediti mogućnost određene regulacije protoka količine peska,

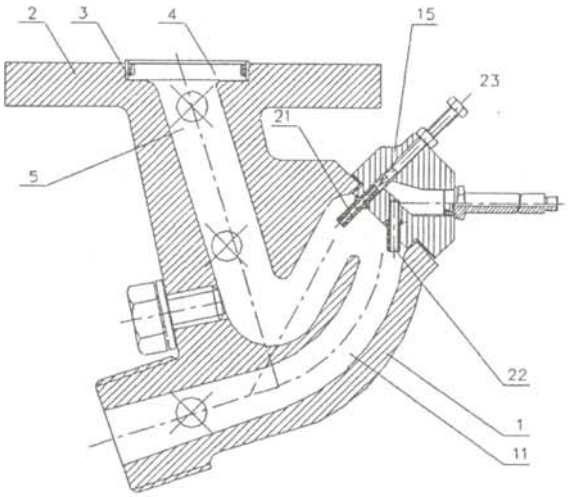
e) razmotriti mogućnost rekonstrukcije spremišta za pesak i cevovoda za transport peska (do zone dodira točka i šine) u smislu povećanja brzine proticanja peska kroz isti,

f) kvalitet i veličina zrna peska koji se koristi za peskarenje mora odgovara izveštaju: ORE B 44

Idealan pesak bi trebalo da se sastoji od kvarca (min 90%) i da ne sadrži više od 2% gline. Glinu koja ima efekat podmazivanja treba, ukoliko je moguće, eliminisati. Veličina zrna treba da bude prečnika između 0,5-2,5 mm, a zrna treba da imaju oštre ivice.

3. Konstruktivno rešenje ejektora

Shodno postavljenim zahtevima konstruisan je novi ejektor peskare za EMV JŽ 412/416, prikazan na sl. 3.



Sl. 3. Novokonstruisani ejektor uređaja za povećanje koeficijenta athezije peskarenjem šina za EMV 412/416: 1-kućište, 2-prirubnica, 3-otvor, 4-rešetka, 5-kanal, 15-nosač mlaznica, 21, 22-mlaznice, 23-vijak

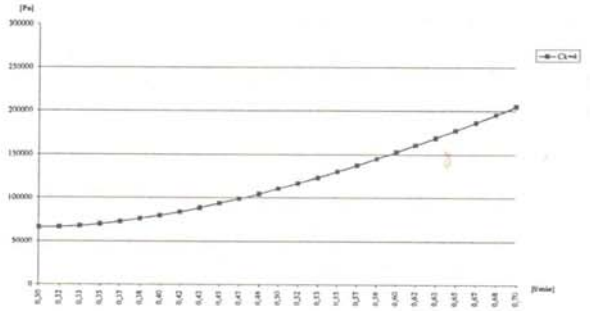
Konstruktivno rešenje je dato na osnovu iskustva–saznanja autora stečenih 1990. pri rekonstrukciji rešenja ejektora, koji je "R. Končar" ugradio te godine na remontovane lokomotive JŽ 441. Tako rekonstruisani ejektor i danas se ugrađuje na lokomotive serije JŽ 441 i 461, pri investicionim opravkama i rekonstrukciji ovih lokomotiva.

Za konstruktivno rešenje ejektora urađen je proračun pneumatskog transporta kroz instalaciju za peskarenje, od ulazne mlaznice (2a) do izlazne mlaznice (4).

Osnovni kriterijum koji je trebalo zadovoljiti pri proračunu pneumatskog transporta kroz instalaciju za peskarenje bio je da zapreminski protok peska na izlazu bude u granicama od 0,3-0,7 (1/min) po ejektoru (prema preporukama ORE B44).

Pokazalo se da se pri masenoj koncentraciji peska u vazduhu Ck=4 dobijaju optimalni padovi pritisaka (0,66-2,05 bar-a) koji mogu da zadovolje gore navedeni kriterijum, pri čemu je potreban uslov da brzina vazduha bude u granicama 4,00–9,34 m/s.

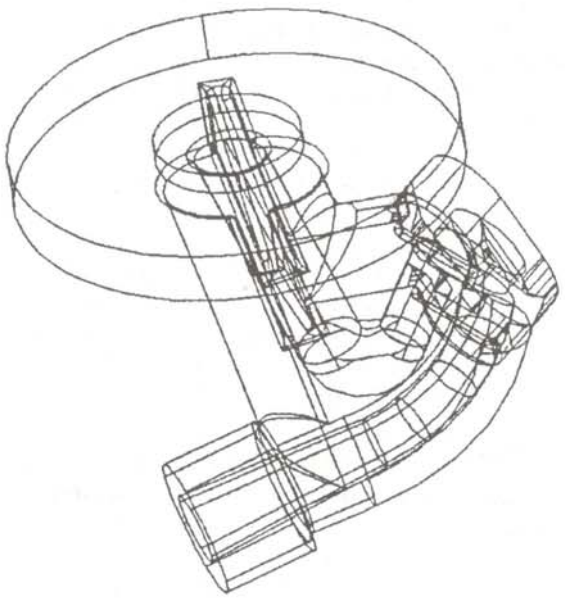
Zavisnost pada pritiska od zapreminskog protoka peska predstavljena je u sledećem dijagramu (Sl. 4.)



Sl. 4. Grafički prikaz pada pritiska u zavisnosti od zapreminskog protoka

3.1. Opis tehničkog rešenja ejektora

Novokonstruisani ejektor obuhvata kućište (1,sl.3) sa kružnom prirubnicom (2), za vezu sa spremištem peska u čijem su telu izvedeni kanali za prolaz peska. U centru prirubnice (2) je otvor (3) sa rešetkom (4) za prosejavanje kvarcnog peska koji dolazi, slobodnim padom, iz spremišta za pesak za koji je, prirubnica ejektora, vezana vijcima. Po prolasku kroz rešetku, pesak prolazi kroz kanal (5), posebnog oblika i određene putanje, pored nosača (15) mlaznica do izlaska iz ejektora.



Sl. 5. Žičani model odlivka ejektora sa konturama

Nosač mlaznice (15), poseduje dve mlaznice sa različitim centralnim otvorima. Jedna mlaznica (21) je usmerena prema ulaznom delu kanala ejektora sa ciljem vrtloženja, odnosno podizanja peska koji dotiče iz spremišta peska u ejektor. Druga (22) pak mlaznica, postavljena u nosaču mlaznica, usmerena je prema izlaznom kanalu (11) i povlači pesak, stvorenim vakumom, formirajući struju peska i vazduha na izlazu iz ejektora, odnosno na ulazu u cevovod za njegov transport do mesta dodira oboda točka, vučnog voznog sredstva, sa šinom.

Mlaznica (21) i (22) su promenljive i mogu imati različite unutrašnje otvore (d21 i d22). Izbor mlaznice, prečnika otvora (d21 i d22), zavisi od pritiska vazduha u instalaciji vučnog voznog sredstva.

Fino podešavanje, optimalne količine peska koji struji kroz ejektor, vrši se pomoću regulacionog vijka (23), odvrtanjem i uvrtanjem istog i blokiranja položaja kontranavrtkom.

3.2. Tehničke karakteristike rešenja:

Novokonstruisani ejektor, kao deo uređaja za povećanje koeficijenta athezije peskarenjem šina, za EMV serije JŽ 412/416, je sklop odlivaka: kućišta ejektora, ukupne visine 200 mm, težine 2,4 kg, sa kružnom prirubnicom 170 mm i nosača duvnica koji je, za eliptičnu prirubnicu kućišta ejektora, vezan vijcima. Izlazni kraj kućišta ejektora je kružnog oblika sa narezanim navojem, M 44, za vezu sa navrtkom na cevovodu kojim se pesak transportuje do dodirne površine šine i oboda točka vučnog voznog sredstva. Dimenzije i priključne mere novokonstruisanog ejektora omogućuje montažu istog umesto postojećeg a izvršena rekonstrukcija spremišta za pesak povećava efikasnost transporta peska.

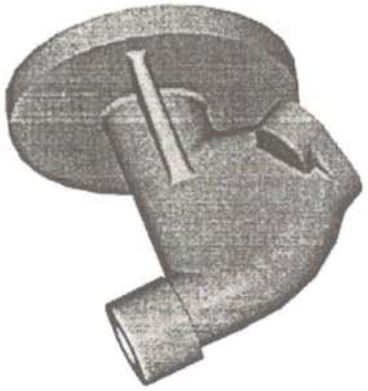
3.3. Tehnološke mogućnosti ejektora

Novokonstruisani ejektor, zahvaljujući posebnoj konstrukciji uduvne glave i obliku i dimenzijama kanala za transport peska, od veze sa spremištem peska do izlaza iz ejektora, obezbeđuje:

- Količinu od 0,3-0,7 lit/min raspršenog peska u zonu dodira točak-šina.
- mogućnost određene regulacije protoka količine kvarcnog peska kroz ejektor
- eliminiše negativne efekte postojećeg rešenja: kondenzaciju vlage u ejektoru i smanjuje sabijanje peska.

3.4. Rekonstrukcija spremišta za pesak

Izvršena je i rekonstrukcija spremišta za pesak. Spremište je sa donje strane skraćeno za 80 mm (sl. 6). Tačka vezivanja novokonstruisanog ejektora, za postojeći cevovod za transport peska do mesta dodira točka sa šinom, ostala je na prethodnom nivou. Zbog izmenjenog ugla izlaznog otvora novokonstruisanog ejektora izvršeno je ispravljanje cevovoda čime je povećan nagibni ugao cevovoda, sa 6^0 na 13^0 (sl.7)

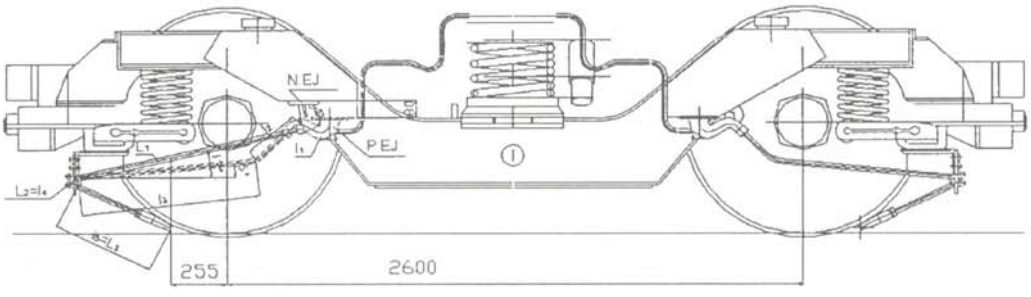


Sl. 6. Rasterska slika solida odlivka ejektora (Mechanikal desktop 4-Power Pack)

ZAKLJUČAK:

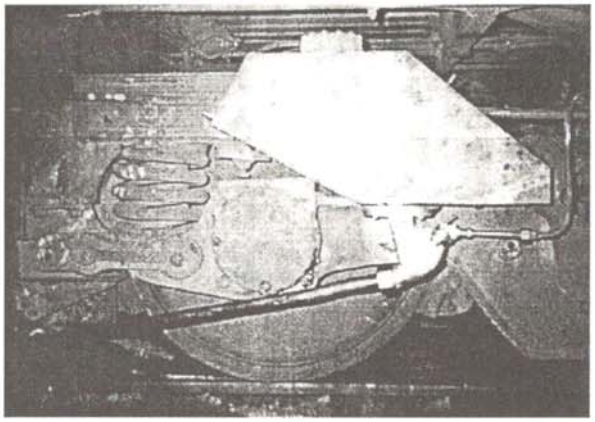
Dato je novo rešenje ejektora sa rekonstrukcijom spremišta za pesak, u cilju povećanje efikasnosti transporta peska do mesta dodira točak – šina.

Novokonstruisani ejektor, kao sastavni deo uređaja za povećanje athezije peskarenjem šina



Sl. 7. Položaj novokonstruisanog ejektora NE L_1, L_2, L_3) u odnosu na postojeći PE (l_1, l_2, l_3, l_4, l_5)

kod šinskih elektromotornih vozila (EMV), čiji prečnik kanala i oblik putanje kretanja peska, od veza sa spremištem peska do izlaza iz ejektora u cevovod za njegov transport do mesta kontakta šine sa obodom točka, eliminiše negativne efekte postojećeg rešenja:



Sl. 8. Novokonstruisani ejektor sa spremištem za pesak i cevovodom za transport peska u zonu dodira točak-šina

1. Problem sabijanja peska, usled hidrostatičkog pritiska stuba peska iz bunkera i vertikalnih vibracija obrtnog postolja, posebno kada se koristi vlažan pesak.
2. Kondenzaciju vlage u ejektoru u zimskim uslovima, što je imalo za posledicu stinjavanja peska i začepljenje mlaznice za prolaz komprimovanog vazduha, odnosno otkaz rada ejektora peskare.

LITERATURA

[1] Radojković B.: Električna vuča, Beograd, 1974.
[2] Paunović D. : Vuča vozova, Beograd, 1980.
[3] Miličević Z. : Elektromotorni vozovi JŽ 412/416, Beograd, 1990.
[4] ORE B44 : Athezija lokomotiva sa aspekta njihove konstrukcije i eksploatacije.
[5] ORE B44, Tačka 3.1.: Metode za poboljšanje athezione sile.
[6] Moravčević Lj.: Istraživanje i razvoj ejektora za povećanje koeficijenta athezije peskarenjem šina za elektromotorne vozove serije JŽ 412/416, SI-CIP, Beograd 1998.

DEVELOPMENT NEW EJECTOR FOR ADHESION COEFFICIENT IMPROVEMENT BY SANDING FOR ELECTRO-MOTOR UNITS SERIES JŽ 412/416

Ljubomir Moravčević

Abstract *– In this paper are given results obtained within the sanding device ineffectiveness analysis that is done for Electric Multiple Unit class 412/416. The sanding device ineffectiveness analysis had been done and further the new ejector was designed. Redesigning of all sanding device assemblies was also done. EMU CLASS JŽ 412/416 no. 005/032 was fitted with prototype series of eight ejectors with redesigned sand boxes. Results obtained in service testing are in between limits suggested by ORE report B44.*
Key words *– adhesion, ejector, sanding, railway*

MATERIJALI ZA LEPLJENJE , ZAPTIVANJE I OSIGURANJE SPOJEVA, PRIMENLJIVIH U PROCESU ODRŽAVANJA VOZNIH SREDSTAVA

Ljubomir Moravčević, Vladimir Šašić, Milorad Milć, Stojan Milenković[1]

Rezime – U radu je dat prikaz materijala za lepljenje, zaptivanje i osiguranje spojeva, primenljivih u procesu novogradnje i održavanju sredstava a koji predstavljaju samo delić ljudskih nastojanja da se ovlada nepoznatim i učini život praktičnijim i udobnijim. Lanac saznanja i informacija neprekidno dovodi do sve povoljnijih polaznih uslova i sve kvalitetnijih proizvoda, što zahteva transfer i razmenu činjenica, iskustava i postupaka. Tehnika teži ekonomičnim konstrukcijama i racionalnim metodima proizvodnje. Moderne tehnike daju začuđujuće rezultate - pre svega onda, kada se integrišu u sam proces tehničkog razvitka.
Ključne reči - materijali, lepljenje, zaptivanje, železnica

1. UVOD

Istraživanja postojećih međuzavisnosti i razvoj proizvoda u industrijskom smislu ne predstavljaju, ništa drugo, do proces evolucije za koji nalazimo uzor u prirodi.

Zadatak da se spajanje površine izvrši uz potpuno zaptivanje, u prirodi je zadivljujuće rešen. Najupečatljiviji primer za ovo su školjke, čije polutke, imaju skoro barokne oblike, neverovatno precizno naležu jedna na drugu.

Ukoliko u svetu tehnike ne bi takođe postojala mogućnost da se realizuju zaptiveni spojevi, mnogo čega bi smo se morali odreći.

Tečne plastične mase, koje očvršćavaju pri isključenju kontakta sa vazduhom - anaerobne lepkove - otkrio je prof. Vernon Krieble 1953. godine. [1]

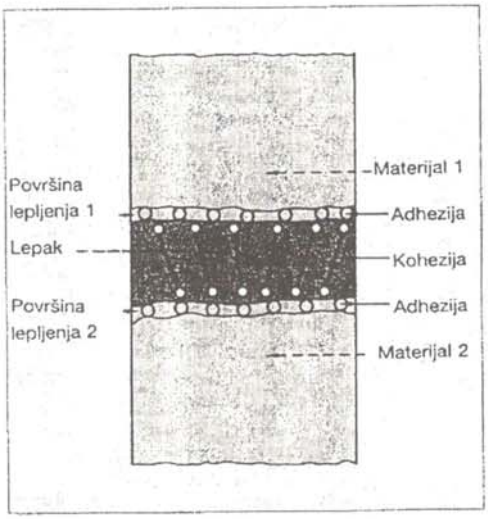
Razvoj nove tehnike lepljenja anaerobnim lepkovima, na osnovu otkrića prof. Vernona Kriebla, kao i kasnije uvođenje u upotrebu cijan-akrilatnih i akrilatnih lepkova, pospešio je i razvoj (a od pre nekoliko godina i upotrebu) potpuno nove generacije proizvoda:

- lepkove koji pri izlaganju ultraljubičastom zračenju očvršćavaju u roku od samo nekoliko sekundi.

Danas razvijena sredstva za lepljenje i zaptivanje, rešavaju najrazličitije konstruktivne zadatke. Primenjuju se i u sve rafiniranijim, modernim tehnologijama (na primer: lepljenju elektronskih komponenti - SMD tehnika, umesto dosada primenjivanih komponenti sa žičanim priključcima) kako bi proizvode učinili boljim, pouzdanijim i konkurentnijim.

2. MEHANIZAM PRIANJANJA PRI LEPLJENJU

Radi uspešne primene tehnike lepljenja, neophodno je poznavati mehanizam - način funkcionisanja lepljenih spojeva.



Sl.1 *Sile prianjanja u okviru lepljenog spoja*

Jer, najčešći uzrok otkaza nekog lepljenog spoja nije niska čvrstoća lepka, nego nedovoljno dobra priprema

[1] Ljubomir Moravčević, dipl.maš.ing, vodeći projektant, SI-CIP, Nemanina 6/IV, Beograd, e-mail: emeco@infosky.net
Vladimir Šašić, dipl.maš.ing, projektant saradnik, SI-CIP, Nemanina 6/IV, Beograd, e-mail: tengine@yubc.net
Milorad Milić, dipl.maš.ing, viši savetnik, ŽTP "Beograd", Nemanjina 6, Beograd
Stojan Milenković, dipl.maš.ing, pomoćnik direktora ZOVS-a, ŽTP "Beograd", Nemanjina 6, Beograd

površina koje se lepe, ili nedovoljna pažnja kod izbora najpogodnije vrste lepka.

2.1. Lepljeni spoj

Lepak predstavlja most, koji spaja površine delova koji se nalaze u spoju. Pri tom, spojeni delovi mogu da budu istog, ili od različitog materijala.

Mehanizam prianjanja zavisi od:

- površinskog prianjanja lepka za površinu dela, dakle od adhezije, i
- čvrstoće samog lepka, dakle od kohezije.

2.1.1. Adhezija

Pod adhezijom se podrazumevaju sile prianjanja na kontaktnoj površini dva različita materijala. Najveći značaj kod lepljenja imaju fizičke privlačne sile, odnosno adsorpcione sile, koje se označavaju kao Van der Valsove sile. Domet ovih međumolekularnih sila je znatno manji od dubine neravnina na mehanički obrađenim površinama. Iz ovog razloga je neophodno da lepak prodre u neravnine površine i da okvasi celokupnu površinu. O kvašenju neke čvrste površine od strane tečnog lepka, može da se zaključuje da bazi graničnog ugla α kapljice u odnosu na čvrstu površinu i na bazi površinskih energija pojedinih materijala.

2.1.2. Kohezija

Pod kohezijom se podrazumevaju sile koje vladaju između molekula nekog tela i drže na okupu čestice od kojih se ono sastoji. Ove sile se sastoje od :

- međumolekularnih privlačnih sila (Van der Valsove sile) i
- sila koje su posledica međusobne isprepletanosti molekula polimera.

U skladu sa pravilom da je neki lanac samo onoliko čvrst, koliko je čvrsta njegova najslabija karika, adhezione i kohezione sile bi trebalo da budu iste veličine.

2.1.3. Površinska energija i granični ugao

Odnos površinskih energija lepka i materijala kojeg kvasi stoji u direktnoj vezi sa graničnim uglom.

2.1.4. Kritične površinske energije raznih materijala, pri sobnoj temperaturi,date su u tabeli 1.

PTFE (Teflon)	18 mN/m
PVC	40 mN/m
Poliamid 6/6	46 mN/m
Gvožđe	2030 mN/m
Volfram	6800 mN/m
Za upoređenje :	
Lepkovi LOCTITE	30-47 mN/m

Iz tabele 1. se vidi da se metali lako lepe, dok su kod plastičnih masa odnosi često kritični. Pogodnom pripremom površine može se pozitivno uticati na površinsku energiju.

3. OPŠTE OSOBINE LEPKOVA U NEOČVRSLOM STANJU

Za različita područja primene i specifične probleme koji se u okviru njih pojavljuju, razvijene su specijalne vrste lepkova. Njih je, zavisno od mehanizma očvršćevanja, moguće podeliti u sledeće četiri grupe :

- lepkovi sa anaerobnim očvršćavanjem,
- lepkovi koji očvršćavaju uz izlaganje ultraljubičastom zračenju,
- lepkovi koji očvršćavaju na bazi vlage sadržane u vazduhu (cijan-akrilati) i
- lepkovi koji očvršćavaju uz pomoć aktivatora (modificirani akrilatni lepkovi).

3.1. Lepkovi sa anaerobnim očvršćavanjem

Lepkovi iz ove grupe su jednokomponentni i očvršćavaju pri sobnoj temperaturi. Komponenta koja izaziva očvršćavanje lepka, a koja je sadržana u tečnom lepku, ostaje neaktivna sve dotle, dok je u kontaktu sa kiseonikom iz vazduha. Ukoliko se isključi prisustvo kiseonika, na primer kroz međusobno priljubljivanje delova koji se spajaju lepljenjem, dolazi do brzog očvršćavanja, koje je potpomognuto istovremenim kontaktom sa metalnim površinama.

Usled kapilarnog efekta, koji je karakterističan za lepak u tečnom stanju, dolazi do ispunjavanja lepkom i najfinijih neravnina na površinama koje se lepe. Zahvaljujući tome, lepak u očvrslom stanju ima veoma dobro prianjanje za površine delova spojenih lepljenjem.

Proces očvršćavanja se ubrzava ako je lepak u kontaktu sa aktivnim metalima (tabela 2) pošto oni deluju kao katalizatori.

Aktivni materijali	Pasivni materijali
čelik	visoko-legirani čelik
mesing	aluminijum
bronza	nikal
bakar	cink
	kalaj
	srebro
	zlato
	oksidni slojevi
	slojevi sa sadržajem hroma
	anodno naneti slojevi
	plastične mase
	keramika

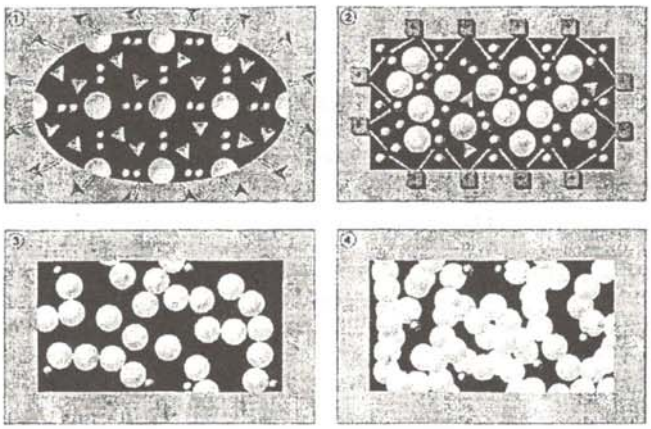
Tabela 2. ***Pasivni i aktivni materijali za slučaj lepljenja pomoću lepkova sa anaerobnim očvršćavanjem***

Kod pasivnih materijala, koji imaju slabo katalitičko dejstvo, ili ga uopšte ne poseduju, primenjuju se aktivatori da bi se obezbedilo potpuno očvršćavanje lepka.

Aktivator se, pre nanošenja lepka, nanosi na jednu, ili na obe površine lepljenja. Ni kod jednog od aktivatora nije potrebno da vrši mešanje komponenti, niti je potrebno da se vodi računa o raspoloživom vremenu za utrošak pripremljene količine smese. Kod nekih proizvoda postoji mogućnost da se očvršćavanje potpomogne zagrevanjem (120^0C tokom 30 minuta).

Lepkovi sa anaerobnim očvršćavanjem imaju sledeće karakteristike :

- veoma visoku čvrstoću na smicanje,
- dobru temperaturnu postojanost (od -55^0C do $+125^0$C),
- brzo očvršćavaju,
- pošto su jednokomponentni, jednostavno ih je dozirati, čak i uz pomoć automatskih uređaja za doziranje,
- nije neophodna fina obrada površina koje se lepe, jer hrapavost između 8 i 40 μm utiče na povišenje čvrstoće lepljenog spoja,
- vrše istovremeno zaptivanje uz odličnu postojanost u odnosu na uticaj raznih medija,
- dobro podnose vibracije,
- dobro podnose trajno dinamičko opterećenje.



Slika 2. *Proces očvršćavanja se odvija anaerobnim procesom: u tečnom stanju(1) lepak se drži stabilnim konstantnim dovođenjem kiseonika. Kada je lepak smešten u spojni procep i izdvojen od dovođenja iseonika (2) peroksidise pretvaraju u slobodne radikale putem reakcije sa jonima metala. Slobodni radikali zatim počinju stvaranje polimernih lanaca (3). Očvrstlo stanje (4) prikazuje čvrstu strukturu sa ukrštenim polimernim lancima*

peroksidi
kiseonik
slob.radi
monomeri
met. joni

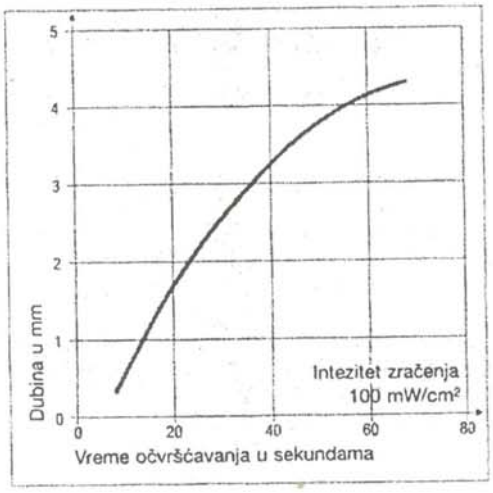
3.2. Lepkovi koji očvršćavaju uz izlaganje ultraljubičastom zračenju

Brzina očvršćavanja ovih lepkova zavisi u prvom redu od inteziteta i talasne dužine ultraljubičastog zračenja.

Usled razlika u hemijskim procesima pri očvršćavanju, kod proizvoda koji očvršćavaju pri izlaganju ultraljubičastom zračenju razlikujemo tri područja :

- dubinsko očvršćavanje usled ultraljubičastog zračenja,
- površinsko očvršćavanje usled ultraljubičastog zračenja i
- očvršćavanje na bazi sekundarnih mehanizama očvršćavanja.

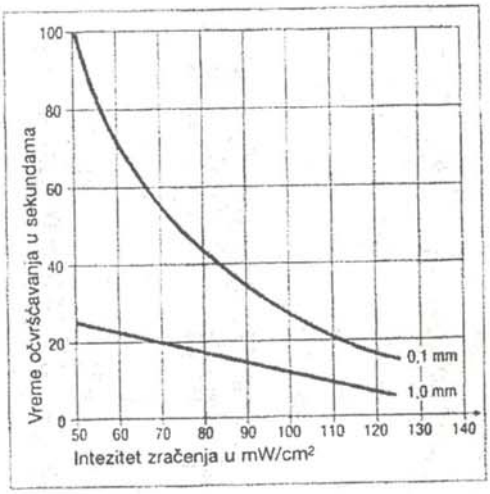
3.2.1. Dubinsko očvršćavanje



Slika 3.*Tipičan tok procesa očvršćavanja UV-lepkova pri dubinskom očvršćavanju*

Radi postizanja dubinskog očvršćavanja lepkova pri zalivanju ili lepljenju, pogodne su talasne dužine u opsegu od 300 do 400 nm. Zavisno od vrste lepka, ova vrsta omogućava očvršćavanje do dubine od 6 mm.

3.2.2. Površinsko očvršćavanje



Sl. 4. *Tipičan tok procesa očvršćavanja UV-lepkova pri površinskom očvršćavanju*

Pri zalivanju, ili pri nanošenju sloja lepka koji očvršćava uz izlaganje ultraljubičastom zračenju, površinsko očvršćavanje ima veoma veliki značaj. Ukoliko se primeni neodgovarajuća vrsta izvora zračenja, može da dođe do pojave lepljive površine nanetog sloja lepka. Kako bi se ovo sprečilo, izvor zračenja treba da ima visok intezitet zračenja u zoni talasnih dužina ispod 300 nm. Na taj način se može uspešno sprečiti neželjeno reagovanje površine lepka sa kiseonikom iz vazduha.

Ispitivanja su pokazala da se pri porastu debljine sloja lepka postižu bolji rezultati u pogledu očvršćavanja. Ovo se objašnjava činjenicom da je pri porastu debljine sloja povoljniji odnos između broja foto-inicijatora polimerizacije, koji reaguju na ultraljubičasto zračenje, i veličine slobodne površine, koja reaguje sa kiseonikom

3.2.3. Očvršćavanje na bazi sekundarnih mehanizama očvršćavanja

Za slučajeve primene kod kojih ultraljubičasto zračenje ne može da dospe do svih mesta na koja je nanet lepak, razvijeni su lepkovi koji raspolažu sa još jednim, dodatnim, mehanizmom očvršćavanja. Dodatnim mehanizmom očvršćavanja omogućuje je da se postigne potpuna polimerizacija lepka i na onim mestima do kojih nije doprlo ultraljubičasto zračenje. Najčešći, od ovih dodatnih mehanizama očvršćavanja, su :

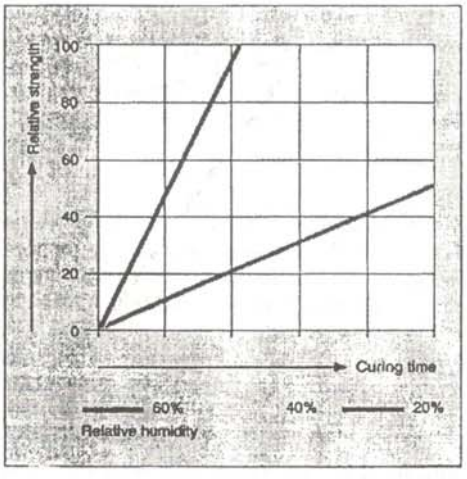
a) anaerobno očvršćavanje,
b) očvršćavanje uz zagrevanje,
c) očvršćavanje uz pomoć aktivatora,
d) očvršćavanje uz pomoć vlage iz vazduha i
e) očvršćavanje uz pomoć kiseonika iz vazduha.

Sekundarni mehanizmi očvršćavanja od a) do c) primenjuju se najčešće kombinovano, dok se mehanizmi očvršćavanja pod d) i e) primenjuju pojedinačno.

Lepkovi koji očvršćavaju pri izlaganju ultraljubičastom zračenju imaju sledeće karakteristike :
- visoku čvrstoću,
- visoku sposobnost ispunjavanja zazora,
- vrlo kratko vreme potrebno za postizanje čvrstoće koja onemogućujue ručno rastavljanje (svega nekoliko sekundi),
- veoma dobru postojanost u odnosu na dejstvo raznih medija i
- pošto su jednokomponentni, jednostavno ih je dozirati, čak i uz pomoć automatskih uređaja za doziranje.

3.3. Lepkovi koji očvršćavaju na bazi vlage sadržane u vazduhu (cijan-akrilati)

Jednokomponentni cijan-akrilati se polimerizuju u kontaktu sa blago alkalnim površinama. Vlažnost okoline i vazduha je dovoljna da se započne očvršćavanje u roku od nekoliko sekundi.



Sl. 5. *Tok procesa očvršćavanja lepkova na bazi cijan-akrilatau u zavisnosti od Relativna vlažnost vazduha.*

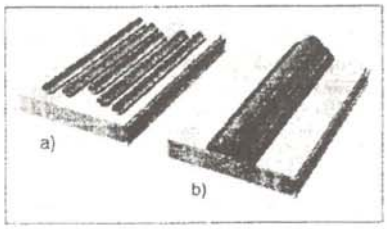
Vlažna površina neutrališe stabilizator tako da polimerizacija ide sa jedne površine na drugu.najbolji rezultati se postižu sa relativnom vlažnošću u radnom okruženju od 40 % - 60 %, pri sobnoj temperaturi.Niža vlažnost dovodi do sporijeg očvršćavanja. Veća vlažnost povećava brzinu ali ne utiće na čvrstoću, ali produženo vreme očvršćavanja utiče na produktivnost.

Kisele površine (pH vrednost < 7) mogu da uspore, ili čak onemoguće proces očvršćavanja lepka, dok bazne površine (pH vrednost > 7) ubrzavaju proces očvršćavanja. Delovi koji se lepe treba spojiti neposredno nakon nanošenja lepka, jer vremenski period do otpočinjanja polimerizacije (vreme čekanja) iznosi svega nekoliko sekundi. Vreme čekanja zavisi od relativne vlažnosti vazduha, od vlažnosti površine na koju se nanosi lepak i od temperature sredine. Zbog vrlo brzog očvršćavanja, cijan-akrilatni lepkovi su posebno pogodni za lepljenje delova malih dimenzija. Cijan-akrilatne lepkove treba nanositi samo na jednu površinu i to vrlo štedljivo. Najbolji rezultati se postižu ako se nanese samo onoliko lepka, koliko je potrebno za ispunjavanje zazora između površina koje se lepe.

Radi ubrzavanja procesa očvršćavanja i radi postizanja očvršćavanja viška lepka, koji biva istisnut pri sastavljanju delova koje se lepe, mogu da se primene aktivatori.

Lepkovi iz ove grupe imaju sledeće karakteristike :
- vrlo visoku čvrstoću na smicanje i na zatezanje,
- veoma brzo očvršćavanje (u roku od par sekundi),
- minimalnu potrošnju lepka,
- mogućnost lepljenja skoro svih materijala,
- jednostavni su za doziranje - nisu podložni starenju i
- istovremeno obezbeđuju zaptivanje.

3.4. Lepkovi koji očvršćavaju uz pomoć aktivatora (modificirani akrilatni lepkovi)



Sl.6. *Na slici a) ili b) prikazani su oblici nanošenja lepka u zavisnosti od potrebe. U oba slučaja lepak mora biti nanet tako da tokom spajanja dođe do mešanja.*

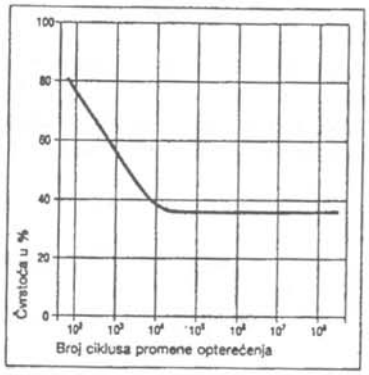
Ovi lepkovi očvršćavaju uz pomoć aktivatora, pri sobnoj temperaturi. Lepak se nanosi na jednu površinu lepljenja, a aktivator na drugu. Mešanje komponenti nije potrebno. Zahvaljujući tome, nije potrebno voditi računa o raspoloživom vremenu za utrošak pripremljene količine smese, kao što je slučaj kod dvokomponentnih lepkova čije se komponente mešaju.

Karakteristične osobine ovih lepkova su :
- vrlo visoka čvrstoća na smicanje i zatezanje,
- dobro podnošenje udarnog opterećenja,
- širok opseg temperature u okviru koga se mogu primenjivati (-55^{0}C do +120^{0}C),
- mogućnost lepljenja skoro svih vrsta materijala,
- visoka sposobnost ispunjavanja zazora i
- dobra postojanost u odnosu na delovanje raznih medija.

4. Fizičko - tehničke osobine lepkova

4.1. Trajna dinamička čvrstoća

Podaci u vezi čvrstoće lepkova, koji se navode kao karakteristika istih, odnose se na podatke koji se dobijaju iz Velerove krive (Wöhler) koja uzima u obzir promenu čvrstoće pod dejstvom dinamičkog opterećenja.



Sl.7. *Karakteristična Velerova kriva za anaerobne lepkove visoke čvrstoće*

Velerova kriva je dobijena ispitivanjem spojeva vratila i glavčina, prema DIN 54452, uz frekvenciju 16 - 23 Hz i sa brojem ciklusa promene opterećenja od 10 x 10^6, dovoljanim za određivanje trajne dinamičke čvrstoće.

4.2. Hemijska postojanost

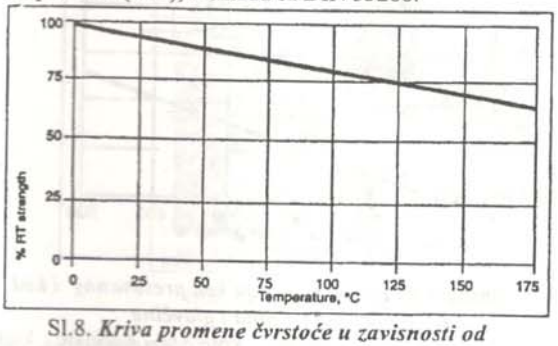
Što je veća specifična čvrstoća nekog lepka, utoliko je i viša hemijska postojanost koja se od njega može očekivati. Bitan uticaj na hemijsku postojanost ima i veličina zazora ispunjenog lepkom. Što je ovaj zazor manji, to je manja i površina koja je izložena dejstvu agresivnog medija, tako da se može očekivati viša postojanost.

Ispitivanja su pokazala da postojanost, a time i sposobnost zaptivanja i čvrstoća nekog lepka, zavisi od:

- postojanosti lepka u odnosu na dati medij,
- adhezije lepka na površinama delova spojenih lepljenjem,
- širine i dužine zazora ispunjenog lepkom,
- radne temperature i
- trajanja izloženosti dejstvu medija.

4.3. Čvrstoća pri povišenim temperaturama

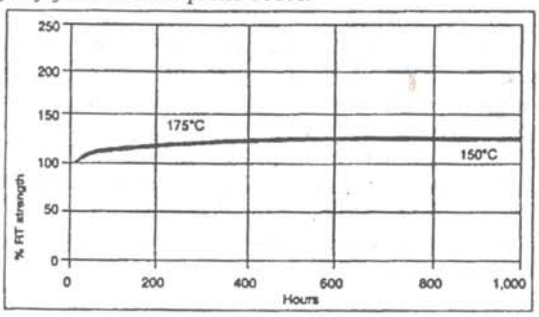
Lepkovi su termoplasti, što znači da poseduju karakterističnu osobinu da im čvrstoća opada pri porastu temperature. Kako bi se omogućilo da se ova osobina lepka uzme u obzir još u fazi projektovanja lepljenog spoja, za svaku vrstu i tip lepka proizvođači daju krive promene čvrstoće u zavisnosti od temperature (sl.8), u skladu sa DIN 53286.



Sl.8. *Kriva promene čvrstoće u zavisnosti od temperature*

4.4. Starenje lepka pod uticajem povišene temperature

Ispitivanje starenja lepka pod uticajem povišene temperature vrši se u skladu sa MIL-R-460821. Samo ispitivanje čvrstoće izvodi se pri temperaturi od 22^0C (sl.9). Očvršćavanje lepka izvodi se pri sobnoj temperaturi, u toku 7 dana. Kao rezultat ispitivanja dobijaju se dijagrami, na kojima je prikazan pad ili porast relativne čvrstoće u zavisnosti od trajanja izlaganja povišenoj temperaturi. Pri ovom je početnoj čvrstoći dodeljena vrednost 100%. Kod pojedinih lepkova dolazi u prvoj fazi ispitivanja do porasta čvrstoće pod dejstvom povišene temperature, pa se otuda pojavljuju i vrednosti preko 100%.



Sl.9.*Kriva promene čvrstoće u zavisnosti od povišene temperature*

4.5. Priprema površina za lepljenje

Površine lepljenja moraju da budu veoma dobro pripremljene. Ako se želi, da u praksi dobiju rezultati u pogledu čvrstoće koji odgovaraju rezultatima dobijenim pri ispitivanju, mora se i pri primeni u praksi vršiti odgovarajuća priprema površina, jer čvrstoća ostvarene veze u velikoj meri zavisi od adhezije između površina koje se lepe i lepka.

Priprema limova vrši se peskiranjem, uz primenu plemenitog korunda krupnoće 70. nakon toga se vrši čišćenje površine u skladu sa DIN 53281, list 1.

Kod spojeva vratila i glavčina, kao i kod vijčanih veza, vrši se samo čišćenje u skladu sa DIN 53281, list 1.

Prema DIN 53281, delove od aluminijuma treba čistiti organskim rastvaračima ili neorganskim sredstvima za odmašćivanje, što se pokazalo idealnim i za primenu kod delova od čelika.

Za metale se koristi : trihlor-etilen, a za plastične mase i gumu, aceton, odnosno alkohol.

Karakteristika	Standard
Dielektrična probojnost	DIN 53481
Dielektrična konstanta	DIN 53483
Čvrstoća na smicanje uz pritisak	DIN 54452
Modul elastičnosti	DIN 53457
Koeficijent linearne toplotne dilatacije	ASTM-D-
Obrtni moment potreban za pokretanjepri odvrtanju	
Specifičan otpor	DIN 54454
Koeficijent toplotne provodljivosti	DIN 53482 ASTM-C-
Otpornosti u odnosu na ljuštenje	
Zatezna čvrstoća	DIN 53282
Čvrstoća na smicanje uz zatezanje	DIN 53288 DIN 53283

Tabela br.6. ***Standardi koji se primenjuju pri određivanju karakteristika lepkova u očvrslom stanju***

Standardi koji definišu uslove za određivanje ostalih karakteristika lepkova u očvrslom stanju, navedeni su u tabeli br.6.

5. Lepljeni spojevi

Spoj vratila i glavčine predstavlja osnovnu vrstu spoja u mašinstvu, a ostvaruje se uz pomoć posebno oblikovanih delova (klinova, ožljebljenih vratila ...), odnosno spojeva ostvarenih na bazi trenja - presovani spojevi.

5.1. Spojevi ostvareni na bazi oblika delova

Spojevi ostvareni na bazi posebno oblikovanih delova, omogućuju prenošenje visokih obrtnih momenata, sa vratila na glavčinu i obratno, uz prisustvo i nedostataka:

- U zoni elemenata za prenos opterećenja se javlja izraženo dejstvo zareza, pojave visokih špiceva napona i potreba za aksijalnim fiksiranjem.
- Neravnomerna raspodela mase, pri višim brojevima obrtaja, dovodi do pojave velikih centrifugalnih sila.

5.2. Spojevi ostvareni na bazi trenja - presovani sklopovi

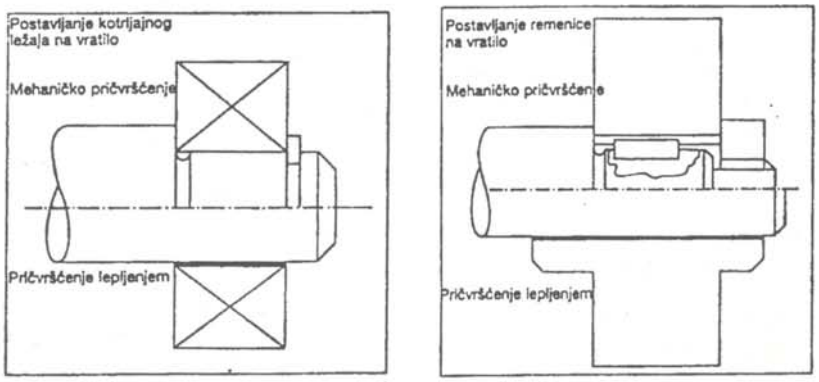
Spojevi ostvareni na bazi trenja - presovani spojevi, eliminišu ove nedostatke, ali se kod njih javljaju visoki naponi koji mogu dovesti do loma, odnosno otkaza spoja.

5.3. Spojevi sa uspostavljanjem materijalne veze-lepljenje

Spojevi sa uspostavljanjem materijalne veze se koriste u novije vreme.

To su postupci kod kojih se aneorobni lepak primenjuje kao konstruktivni element.

Naime, aneorobni lepkovi se nanose na površine elemenata koje će ostvariti spoj, uspostavljaju prisan kontakt sa hrapavim površinama delova koji se spajaju i u potpunosti ispunjavaju zazore prisutne izmedju ovih delova. Nakon očvršćavanja, lepkovi uspostavljaju potpunu materijalnu vezu izmedju delova koji se nalaze u spoju.



Slika 10. ***Postavljanje a) ležaja na vratilo b) remenice na vratilo***

Spojevi ostvareni lepljenjem mogu da vrše trajno prenošenje veoma velikih sila i momenata, kako statičkih tako i dinamičkih.

5.4. Spojevi ostvareni uz kombinovanje klasičnih postupaka spajanja i lepljenja

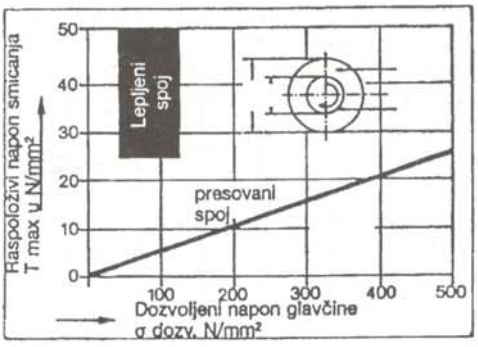
U slučajevima, kada je neophodno:

- otkloniti nedostatke na izvedenim konstrukcijama sa primenjenim klasičnim postupcima spajanja;
- kada se, pri istim dimenzijama elemenata, želi povećati sposobnost prenošenja sila i momenata;
- kod novo projektovanih konstrukcija velikih gabarita, ukoliko spoj treba da prenese neubičajeno visoke obrtne momente uz lakšu tehnološku izvodljivost konstrukcije koristi se metodologija spajanja lepljenjem u kombinaciji sa spajanjem ostvarenim na bazi trenja - presovanim spojevima.

Sl.11. ***Presovano lepljeni spoj rukavca vratila i valjk gde lepak ostvaruje i dodatnu funkciju zaptivanja***

Upoređenje sila smicanja, koje se mogu preneti posredstvom odgovarajučeg spoja, uz koeficijent trenja od μ=0,1 i uz dozvoljeni napon u glavčini od 500 N/ mm^2 u slučaju presovanog spoja moguće prenošenje sila kojim odgovara napon smicanja od svega 25 N/ mm^2.

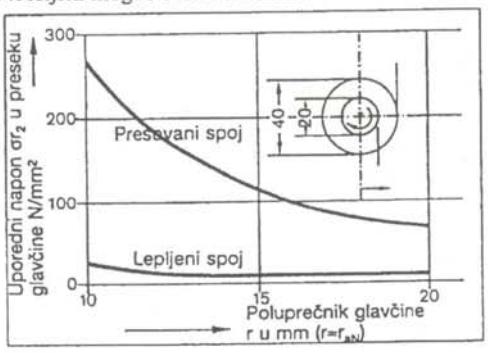
Ova vrednost se daleko premašuje u slučaju lepljenog sloja.



Sl.12. ***Raspoloživi napon smicanja kod presovanog i kod lepljenog spoja vratila i glavčine***

Relativno niske vrednosti, koje se dobijaju kod presovanog spoja, mogu se objasniti nedovoljnom iskorišćenošću čvrstoće materijala i kontakta površine delova.

Usled netačnosti obrade vratila i otvora glavčine, kao i hrapavosti površina koje naležu jedna na drugu, kod presovanih sklopova se dobija da površina koja prenosi opterećenje iznosi 25-35% od ukupne površine kontakta delova. Na taj način se dobija mogućnost prenošenja znatno manjih obrtnih momenata u odnosu na teorijski moguć obrtni moment.



Sl.13. *Uporedni napon u glavčini kod presovanog i kod lepljenog spoja vratila i glavčine*

Ukoliko se dodatno primenjuje lepljenje, celokupna kontaktna površina učestvuje u prenošenju sila smicanjai i sila pritisaka, pošto lepak prodire u sve neravnine površina i na taj način ostvaruje materijalnu vezu spojenih delova.

Time se dobija mogućnost prenošenja znatno viših momenata. Kod presovanih sklopova se za prenošenje sila i momenata koristi samo trenje.

5.5. PRORAČUN LEPLJENIH SPOJEVA

5.5.1. DINAMIČKO OPTEREĆENJE

Isto kao i konvencionalni postupci spajanja vratila i glavčina, i postupak spajanja lepljenjem omogućije izvodjenje odgovarajućih proračuna.

Sila, odnosno obrtni moment, koji se mogu preneti posredstvom lepljenog spoja, izračunava se u praksi uz primenu sledeća dva obrasca:

5.5.1.1. Dinamičko aksijalno opterećenje

$$F_{DYH} = FK_{DA}$$

gde je:

$K_{DA} = 0{,}12$ za aksijalno lemljene klizne spojeve

5.5.1.2. Dinamički moment

$$T_{DY} = TK_{DT}$$

gde je:

$K_{DT} = 0{,}30$ za lemljene klizne spojeve i 0,35 za lemljene spojeve sa preklopom

5.5.1.3. Proračun torzione čvrstoće

$$T = \frac{2}{3} f_C n F \frac{Ro^3 - Ri^3}{Ro^2 - Ri^2} \frac{1}{s} + \frac{F_C \tau_{B2} J_P}{Ro}$$

T - statički moment pre nego što se dogodi klizanje (Nm)

f_C - koeficijent trenja između prirubnica (bez lepka)

n - broj vijaka

F - sila pritezanja (iz zatezanja vijaka) jednog vijka

Ro - spoljašnji radijus prirubnice (mm)

Ri - unutrašnji radijus prirubnice (mm)

s - faktor raspodele opterećenja

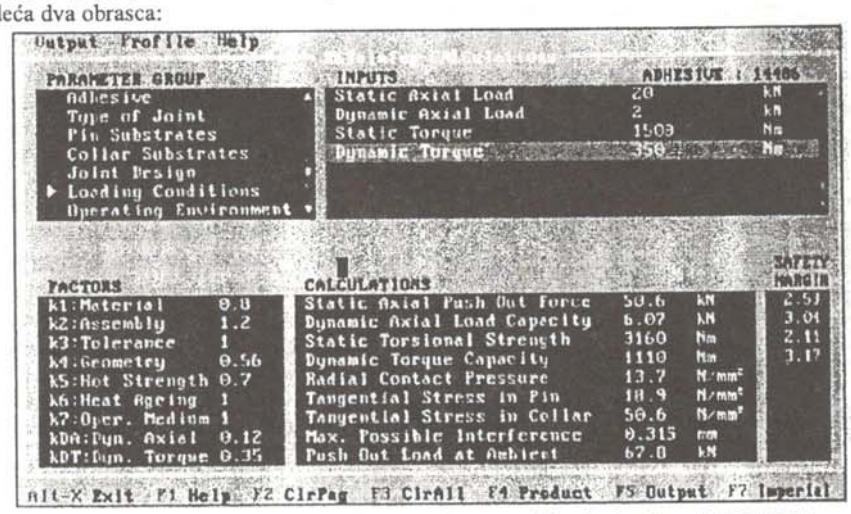
F_C - korektivni faktor za torziono opterećenje lepka (0,5)

τ_{B2} - statička čvrstoća na smicanje lepka (N/mm^2)

J_P - polarni moment spojene površine prirubnice (mm^4)

$$J_P = \frac{\pi(Ro^4 - Ri^4)}{2}$$

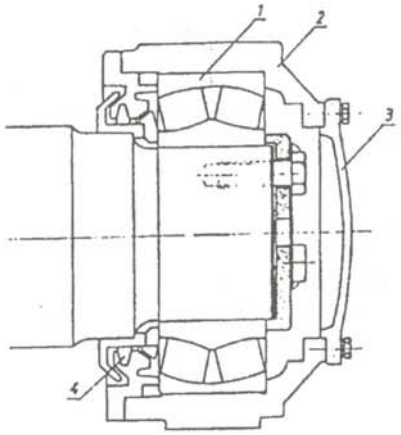
Proizvodjači lepkova razvili su i svoje usmerene softvere za proračun sile i momenta koji može da nosi (prenese) lepljeni spoj:



Slika 14. *Ekranski prikaz aplikacije softvera za izbor lepka firme"LOCTITE"*

5.5.4.4. PRORAČUN LEPLJENOG SPOJA RUKAVCA I UNUTRAŠNJUEG PRSTENA OSOVINSKOG LEŽAJA ELEKTRIČNE LOKOMOTIVE JŽ 441

Praktični problem proklizavanja unutrašnjeg prstena osovinskog ležaja elektro lokomotive JŽ 441 rešen je uz pomoć lepka *"LOCTITE"* uz prethodni proračun korišćenjem prikazanog softvrskog paketa.



Sl.15. *Sklop osovinskog ležaja i rukavca elektro lokomotive JŽ 441: 1-ležaj; 2- kućište; 3- poklopac; 4- labirintski prsten*

Na osnovu zadatih ulaznih parametara spoljnjeg i unutrašnjeg prečnika ležaja, ukupnog zazora, koji se pojavio izmedju rukavca lokomotive i unutrašnjeg prečnika ležaja, uslova rada dobijeni su podaci o statičkoj sili i statičkom i dinamižkom torzionom momentu kao i o preporuci koji lepak treba koristiti za efikasno obljanje lepljenja rukavca osovine i unutrašnjeg prstena osovinskog ležaja./*"LOCTITE"638(620)*/ Dobnijeni je sledeći listing:

```
**********************************************
****** LOCTITE RETAINING COMPOUND CALCULATIONS ******
**********************************************

        Date: 03-13-2000          Time: 13:46:11

GIVEN VALUES:

Type of assembly                        : Slip fit
Direction of load                       : Torsional
Nominal diameter of shaft               : 170 mm
Length of bonded area                   : 110 mm
Diametrical clearance                   : 0.28200 mm
Shaft material                          : Alloy Steel
Hub material                            : Alloy Steel
Fatigue, number of cycles               : 10 E6
Type of dynamic loading applied         : Completely reversing load cycle
No strength at high temperature needed
No subjection to high temperature for a long period of time
Max time to reach ult. rated strength   : 24 hrs.
Max time to reach fixture strength      : 30 min.
Continuous environment                  : Motor Oil
Safety factor                           : 1.5

** RECOMMENDATION :Loctite RC638 **


RESULTS :

Laboratory static test strength of joint at room temp  :    350    kN
Bonded area                                            :  58732    sqmm
Static axial design load                               :    230    kN
Static torsional design load                           :  20000    Nm
Dynamic torsional design load                          :   6000    Nm

** SECOND OPTION :Loctite RC620 **


RESULTS :

Laboratory static test strength of joint at room temp  :    310    kN
Bonded area                                            :  58732    sqmm
Static axial design load                               :    200    kN
Static torsional design load                           :  17000    Nm
Dynamic torsional design load                          :   5200    Nm
```

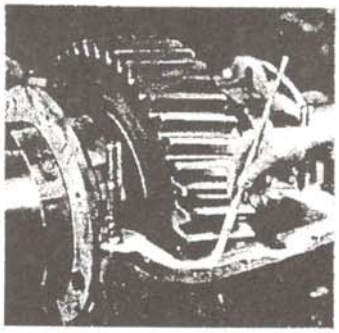
5.6. LEPKOVI ZA OSTVARIVANJE FUNKCIJE ZAPTIVANJA ELEMENATA U VEZI

Ispitivanja su pokazala da stvarni kontakt spojenih delova presovanjem iznosi 25-35%od ukupne površine u kontaktu, čak i onda kada su površine najfinije obradjene.

Površinska hrapavost, u vidu tragova mašinske obrade i brazgotina, uslovljava da na mestima na kojima ne postoji kontakt metal - metal, ne dođe do zaptivenosti između površina koje se spajaju.

Zaptivači od čvrstog materijala mogu da se prilagode samo grubim neravninama. Zato se za zaptivanje, na podeonim površinama tipa prirubnica, preporučuje korišćenje tečnih zaptivače koji se "oblikuju" na samom mestu upotrebe.

Tečni zaptivači, kao što su sintetički elastomeri i druge plastične mase koje ne sadrže rastvarače, izdržavaju visoke pritiske, naprezanja, vibracije i temperature (od -55 do 150 °C). Njihovom primenom dolazi do ostvarenja kontakta metal – metal pa je istovremeno svedena na minimum i površina koja je izložena delovanju unutrašnjeg pritiska, odnosno nije moguće da dođe do opadanja sile prednaprezanja vijaka.



Sl. 16. *Zaptivanje zupčastog prenosnika*

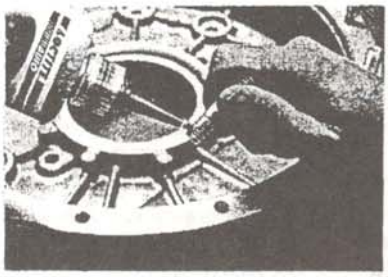
Za razliku od zaptivača od čvrstog materijala, koji zahtevaju visok kvalitet obrađene površine prirubnica, tečni zaptivači mogu se koristiti za zazore : od 0,1 mm do 6 mm zavisno od vrste veze koja se ostvaruje.Ovi zaptivači u potpunosti ispunjavaju neravninena površinama koje se spajaju, pa time predstavljaju i efikasnu zaštitu ovih površina od korozije.

5.7. LEPKOVI ZA OSIGURANJE ZAVRTNJEVA OD SAMOODVRTANJA

Funkcionalna sigurnost veze zavrtnjevima zavisi od sila i momenata čije komponente opterećujuvezu duž ose zavrnja i poprečno u odnosu na nju. Do samostalnog odvrtanja veze dolazi kada se pojavi klizanje na kontaktnim površinama. Klizanje zmedju kontaktnih površina može da bude izazvano usled:

- dinamičkog opterećenja u aksijalnm pravcu, (visoko pulsirajuće aksijalno opterećenje dovodi do "disanja" navrtke - relativnog kretanja duž površina zavojaka).
- dinamičkog opterećenja poprečno u odnosu na osu vijka (različita temperaturska dilatacija materijala, kao i udari i vibracije, mogu da dovedu do savladavanja sile trenja izmedju delova koji su pritegnuti).

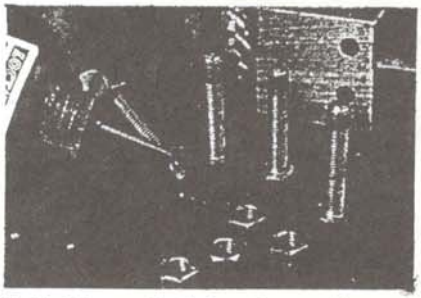
Kod ovako opterećenih veza, odvrtanje zavrtnjeva se
može sprečiti dodavanjem lepka u slepi navoj:



Sl. 17.*Osiguranje vijaka od samoodvrtanaja*
a) u slepom navoju

Lepak se nanosi u donju trećinu otvora, da bise prilikom pritezanja zavrnjeva lepak mogao utisnuti duž koraka navoja.

Time se povećava trenje u navoju i uspostavlja bolja materijalna veza između zavrtnja i navoja,
Lepkom može se osigurati, od samoodvtranja i veza zavrtanj - navrtka

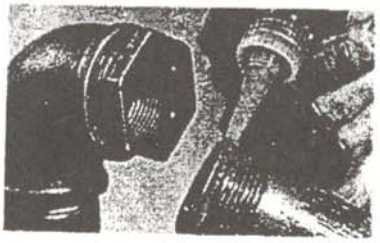


Sl. 18.*Osiguranje vijaka od samoodvrtanaja*
b) veza vijak-navrtka

5.8. LEPKOVI ZA OSTVARIVANJE FUNKCIJE ZAPTIVANJA SPOJEVA CEVI

Pod zaptivanjem spojeva podrazumeva se zaptivanje navojnih spojeva cevi u odnosu na tečne i gasovite medije.

Kod klasičnih metoda zaptivanja (kudeljom i PTFE trakom) problemi nastaju vremenom, popu{tanjem spoja usled vibracija i udaraca.



Sl. 19. *Zaptivanje grubih cevnih navoja i spojeva cevi*

Rešenje ovih problema je u korišćenju anaerobnih zaptivki koje se nanose u tečnom stanju da bi vremenim očvrsle, kada zaptivaju do kritičnog pritiska za pucanje cevi.

ZAKLJUČAK:

Dati prikaz vrsta i konstruktivnih karakteristika materijala za lepljenje i zaptivanje površina i osiguranje vijčanih spojeva predstavlja samo putokaz ka mogućnostima korišćenja u raznim oblastima proizvodnih tehnologija i sistemima održavanja. Primena istih treba i mora biti u granicama koje garantuje stepen sigurnosti izvršenih proračuna, kako sa aspekta funkcionalnosti tako i bezbednom korišćenju sredstava gde su ovi materijali primenjeni.

LITERATURA :

[1] **Inovations a Henkel CompaNy: WORLDWIDE DESING HANDBOOKT *"LOCTITE"* 2nd Edition, Loctite European Group, 1998**
[2] **"Der LOCTITE" , LOCTITE Deutschland GmbH , Munchen,1988**
[3] **Prospektni materijal proizvoda *"LOCTITE"***

MATERILAS FOR ADHESIVE BONDING, SEALING AND SECUREING OF BONDING THAT ARE USABLE IN RAILWAY VEHICLES MAINTENANCE PROCESS

Ljubomir Moravčević

Substract - In this paper are given materials for adhesive bonding, sealing and secureing of bonding in "building new" and maintenance processes and that shows only a little part of human aspiration to capture unknown and make living more practicable and comfortable. Chain of knowledgement and informations take to suitable start conditions and more qualitative products, and that demand transfer and exchange of facts, experiences and procedures. Technic tends to be more economical designs and more rational production methods. Modern techniquies are giving amazed results , above all when they integrate in techical development process.

Key words - materials, adhesive bonding, sealing, railway.