



## OCENA SVOJSTAVA DOBOŠ KOČNICA ZA MOTORNA VOZILA

Jasna Glišović, Rajko Radonjić

*U radu su navedene tipične konstruktivne izvedbe doboš kočnih mehanizama za motorna vozila. Istaknuto je da su metode proračuna i ispitivanja ovih mehanizama sadržane u velikom broju objavljenih radova. Intenzivan razvoj kompjuterske tehnike, numeričkih metoda i merne tehnike daje značajan doprinos u tom smislu. Na osnovu sprovedenih analiza pokazano je, međutim, da ne postoji opšte prihvaćena metoda ocene svojstava i izlaznih parametara doboš kočnih mehanizama. Uvidom u korišćene metode i sistematizacijom raspoloživih rezultata prikazan je u ovom radu jedan pristup definisanja kriterijuma ocene svojstava doboš kočnica za motorna vozila. Prema predloženom algoritmu formiraju se kompleksne karakteristike kočnih mehanizama različitih izvedbi, utvrđuju pokazatelji efektivnosti i stabilnosti i time stvara pouzdana baza za njihovu kategorizaciju i izbor.*

### 1. Uvod

Pred kočne sisteme savremenih motornih i priključnih vozila postavljaju se brojni zahtevi u pogledu kvaliteta, nametnuti s jedne strane zakonskim obavezama sa stanovišta bezbednosti saobraćaja, a sa druge razvojem vozila, tehnologije, pre svega u pogledu veće primene kompjutera u svim fazama projektovanja, kao i primene novih materijala, ali i uticajem ekonomskih ograničenja i konkurencije. Kvalitet kočnog sistema, ili tzv. efektivnost funkcionalno povezuje svojstva sistema u pogledu nivoa performansi, pouzdanosti i sposobnosti lakog održavanja. Uže posmatrano, često se za performanse vezuju ukupni zahtevi kvaliteta.

Izuzimajući usporače, sve vrste kočnica koje se danas koriste na motornim vozilima funkcionišu na bazi trenja koje se javlja između pokretnih delova vozila (vezanih za točkove) i nepokretnih elemenata (vezanih za noseću strukturu vozila). Na današnjim motornim vozilima koriste se dva osnovna izvođenja kočnih mehanizama: doboš i disk kočnice i to u različitim izvođenjima. Oba tipa kočnica imaju određene prednosti i nedostatke koji značajno zavise od kategorije, vrste i namene vozila. Iako su duži niz

godina disk kočnice bile više zastupljene kod putničkih, a doboš kočnice kod teretnih vozila, intenzivan razvoj u ovoj oblasti u svetu doneo je promene u relativnom odnosu primene pojedinih konstrukcija kočnica.

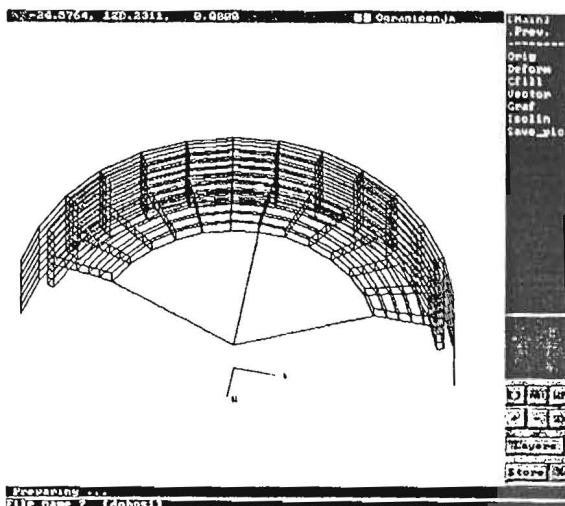
Metode proračuna i ispitivanja doboš kočnih mehanizama, koje su zastupljene u velikom broju objavljenih radova, prošle su kroz više faza u svom razvoju. Klasične analitičke metode proračuna bazirane su na velikom broju pojednostavljenja koja značajno umanjuju tačnost rezultata. Najgrublje su pretpostavke koje zanemaruju elastičnost doboša i frikzione obloge i idealizuju raspodelu pritiska po frikcionoj površini /2/, /3/, /4/, /5/. Metode proračuna su doživele intenzivan napredak zahvaljujući najviše razvoju kompjuterske tehnike. Sve ovo je u prvi plan izbacilo numeričke metode, kao osnovne metode proračuna bez kojih danas u tehnološki razvijenim zemljama nije moguće zamisliti razvoj velikog broja proizvoda. Ove metode omogućavaju brzu analizu velikog broja različitih kombinacija, kao i izbor najpovoljnijeg rešenja (optimizacija). Numeričke metode (/6/, /7/, /8/) su aproksimativne i zahtevaju pouzdane podatke na osnovu kojih se izražavaju granični uslovi. Odavde njihova neposredna veza sa ispitivanjima kočnih mehanizama koja daju informacije visoke tačnosti i kvaliteta zahvaljujući napretku merne i tehnike obrade i analize rezultata merenja. Na ovaj način se vremenski period potreban za razvoj novih elemenata kočnica značajno smanjuje. Veliki deo ispitivanja kočnih sistema predstavlja proveru saglasnosti sa zahtevima međunarodnih i nacionalnih propisa, ali razvojna ispitivanja su vrlo raznovrsna i neophodna za uvođenje novog ili usavršavanje postojećeg proizvoda.

## 2. Definisane kriterijuma ocene svojstava doboš kočnica

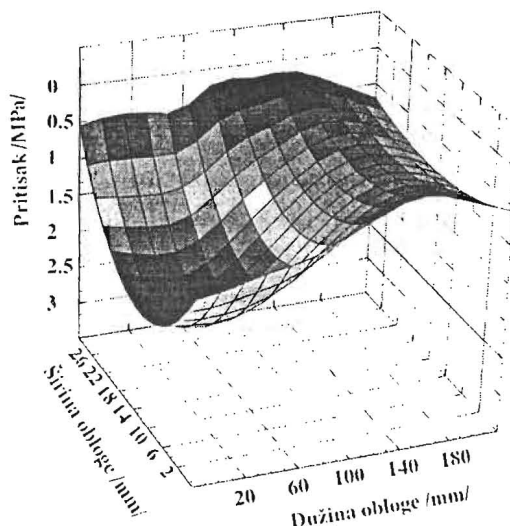
Sprovedene analize pokazuju da su pristupi različiti i da nema opšte prihvaćene metode ocene svojstava i izlaznih parametara doboš kočnih mehanizama. U radu je prikazan jedan način definisanja kriterijuma ocene svojstava doboš kočnica za motorna vozila.

Problem definisanja ulaznih parametara tj. oblika funkcije raspodele pritiska na frikcionim oblogama kočnih papučica se, u slučaju analitičkih metoda, rešava pretpostavljanjem zakona promene (u literaturi najčešće korišćen kosinusni oblik). Ispitivanja položaja mesta najvećih istrošenja obloga pokazuje, u najvećem broju slučajeva, slaganje sa ovom pretpostavkom. Numeričke metode kao rezultat proračuna daju specifični pritisak na oblozi kočnice, deformacije i napone doboša i papučica kočnice. Primena metode konačnih elemenata (*MKE*), kao najviše korišćene matične metode, zahteva da se na što bolji način definiše model koji posmatranu konstrukciju prikazuje kao odgovarajući broj konačnih elemenata.

U radu /9/ su za opisivanje rebra papučice i obloge korišćeni 3D izoparametarski konačni elementi (slika 1). Kao rezultat je dobijena raspodela pritiska (slika 2), koja je polazni podatak za određivanje kočnog momenta (koji predstavlja osnovnu karakteristiku svake kočnice, merilo njenih funkcionalnih svojstava ili *efektivnosti*) i *C*-karakteristike, kao izlaznih parametara doboš kočnih mehanizama.

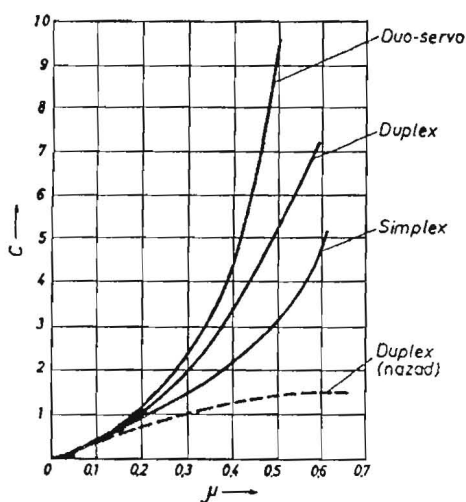


Slika 1: Trodimenzionalna mreža konačnih elemenata /9/

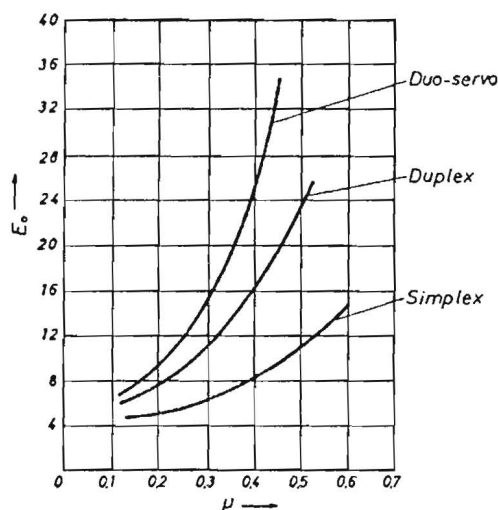


Slika 2: Raspodela površinskog pritiska na površini obloge /9/

Slika 3 prikazuje načelne odnose radnih karakteristika tipičnih konstrukcija doboš kočnica. Sa dijagrama je očigledno da simpleks kočnica ima najmanje vrednosti radne karakteristike, odnosno mogućnosti razvijanja kočnog momenta za određenu silu aktiviranja, a najveće vrednosti imaju servo (odnosno duo-servo) doboš kočnice. Može se zaključiti da se u slučaju ugradnje kočnica sa visokim radnim karakteristikama ne moraju u prenosni mehanizam ugraditi pojačala ili drugi dopunski izvori energije za kočenje vozila.



Slika 3: Radne karakteristike tipičnih konstrukcija doboš kočnica

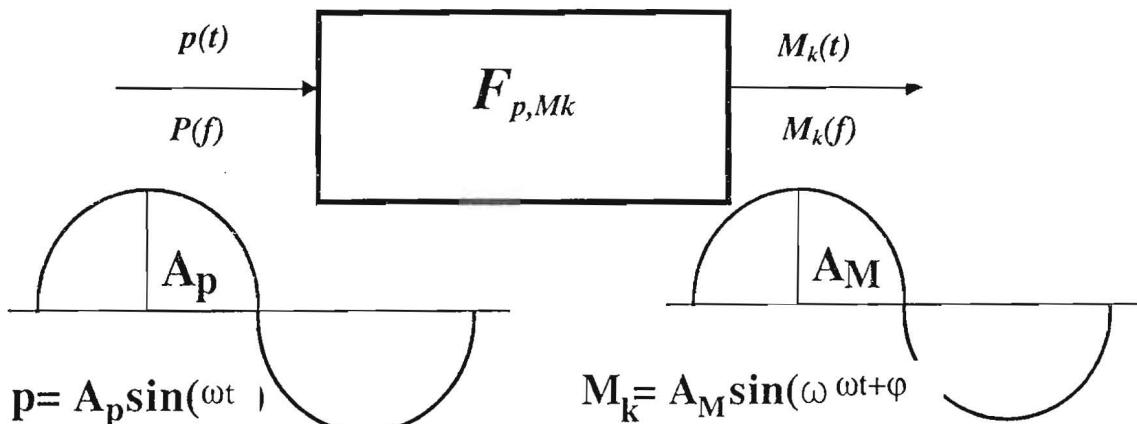


Slika 4: Uporedni prikaz funkcije osetljivosti

U radnim uslovima u kojima se koeficijent trenja značajno menja, vrednost radne karakteristike kočnice ima neposredan uticaj na kvalitet funkcionisanja kočnice. To se pre svega, odnosi na promenu koeficijenta trenja pod uticajem toplotnih opterećenja, odnosno na tzv. opadanje funkcionalnih svojstava ili karakteristika efikasnosti frikcionih materijala (*brake fade*), koje se gotovo redovno događa sa većinom frikcionih materijala koji se danas koriste na vozilima. Ove osobine kočnica izražavaju se u vidu tzv. *osetljivosti*, koja se definiše kao izvod karakteristike  $C$  po koeficijentu trenja (slika 4). U pogledu osetljivosti odnosi između posmatranih kočnica su isti, naime simpleks

kočnica je najmanje, a duoservo kočnica najviše osetljiva na promenu koeficijenta trenja. Međutim, u ovom slučaju, mala osetljivost je prednost, dok visoka osetljivost duoservo i svih drugih kočnica sa visokim vrednostima  $C$  karakteristike čini njihovu ozbiljnu slabost, koja im znatno sužava domen primene. Zbog često velikih promena koeficijenta trenja, izazvanih promenama radnih temperatura kočnice, kod osetljivih kočnica dolazi do značajnih promena kočnih momenata. Kako ove promene, po pravilu, nisu jednake na oba točka jedne osovine, pa ni na osovina međusobno, mogu da se jave velike razlike u sposobnostima kočenja pojedinih točkova, a time i nestabilnost kretanja kočenog vozila. Ovo je naročito izraženo kod putničkih vozila koja se kreću većim brzinama, kada ovi poremećaji ugrožavaju bezbednost vozila u saobraćaju tako da se primena kočnica što manje osetljivosti.

Podsistem doboš kočnice sa ulazom-*pritisak kočne tečnosti u kočnom cilindru točka(p)* i izlazom-*kočnim momentom( $M_k$ )* se shematski može predstaviti na sledeći način(slika 5):



Slika 5: Podsistem doboš kočnice

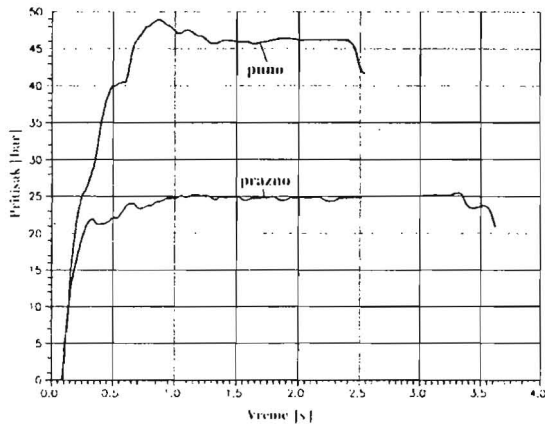
Sprovedena ispitivanja pokazala su da između izlaznog i ulaznog signala postoji vremensko kašnjenje ( $\approx 0.1s$ ), kao posledica odziva doboš kočnog mehanizma. Ovo ukazuje na nedostatke određivanja radne karakteristike kočnice u vremenskom domenu, jer u odnosu  $\frac{M_k(t)}{p(t)}$ , nisu odgovarajuća pobuda i odziv sistema. Zato je pri analizi

podсистema doboš kočnice posmatran dinamički režim rada. Dinamičkom analizom određuje se ponašanje sistema u prelaznom režimu, pod kojim se podrazumeva proces prelaza sistema iz jednog stacionarnog stanja u drugo stacionarno stanje. Matematički model koji opisuje dinamičke komponente sistema u dinamičkom režimu uzima u obzir vremensku promenu ulaznih i izlaznih veličina. Analizu dinamičkog ponašanja sistema vršimo u vremenskom ili frekventnom području.

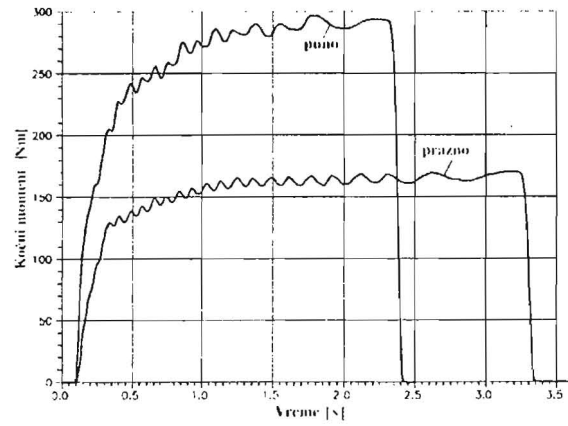
Prenosne, odnosno frekventne karakteristike sadrže sve značajne informacije o ponašanju posmatrane kočnice u frekventnom domenu i to: pojačanja i slabljenja ulaznog dejstva, fazne stavove itd. Sa unapred poznatim prenosnim karakteristikama posmatranog sistema može se odrediti njegov odgovor u odnosu na specificirane ulaze, pobude, što predstavlja dobru osnovu za utvrđivanje korelacija rezultata dobijenih različitim metodama identifikacije i pri različitim uslovima ispitivanja /10/.

Obično se pri identifikaciji frekventnih karakteristika sistema koriste: periodični, prelazni i stohastički ulazni signali. Optimalan ulazni signal bi se dobio kada bi se u toku eksperimenta postigla takva promena pritiska u kočnoj instalaciji da se sve učestanosti vozila u posmatranom frekventnom opsegu intenzivno pobude (pobudni signal sa konstantnom gustinom spektra snage u celom frekventnom području).

Na slikama 6 i 7 su prikazane snimljene promene ulaznog signala pritiska u kočnoj instalaciji i izlaznog signala kočnog momenta doboš kočnice pri intenzivnom kočenju do zaustavljanja. Dobijeni rezultati se odnose na vozilo ZASTAVA JUGO koje je ispitivano u poligonskim uslovima, pri pravolinijskom kretanju, na putu sa visokim koeficijentom prljanjanja.

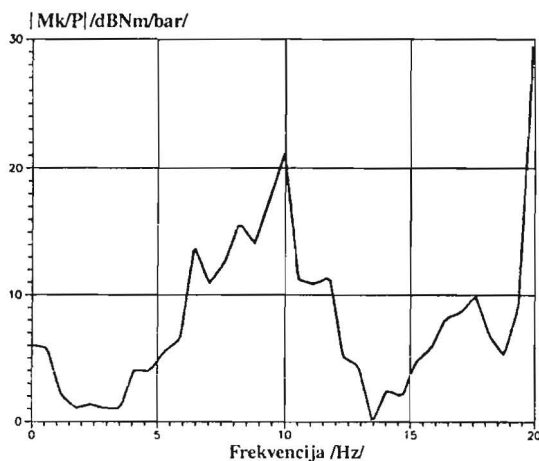


Slika 6: Kočni pritisak

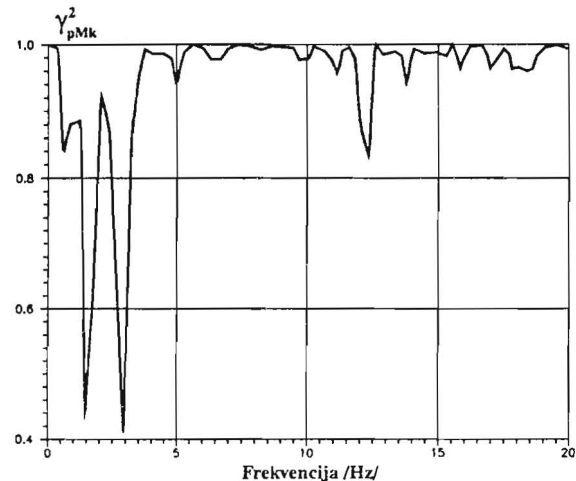


Slika 7: Kočni moment

Identifikacijom frekventnih karakteristika dobijaju se amplitudno-frekventna (slika 8), fazno-frekventna karakteristika i parcijalne funkcije statističke sprege (slika 9). Rezultati ove analize ukazuju na frekventni domen u kome se vrednosti identifikovanih karakteristika mogu prihvatiti kao statistički pouzdane.



Slika 8: Amplitudno-frekventna karakteristika  $p-M_k$



Slika 9: Funkcija statističke sprege  $p-M_k$

### 3. Zaključak

Primenjenim algoritmom vrši se brza ocena karakteristika kočnih mehanizama, što je posebno važno u fazi razvoja novog proizvoda, uz upotrebu PC merne tehnike za akviziciju i obradu podataka. Ova metoda omogućava da se pored pokazatelja efektivnosti i stabilnosti: dobije celovita slika o ulozi doboš kočnice u kočnom sistemu vozila, proceni energetske bilans kočenja, odrede promene koeficijenta trenja primenjenog frikcionog materijala u toku probe u funkciji pritiska ili brzine kretanja vozila.

## Literatura

- [1] Todorović, J.: Kočenje motornih vozila, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd, 1988.
- [2] Čudakov, E. A.: Rasčot avtomobilja, Mašgaz, Moskva, 1947.
- [3] Necomb, T. P., Spurr, R. T.: Braking of road vehicles, Chapman and Hall, London, 1967.
- [4] Pollone, G.: Costruzioni automobilistiche il veicolo, Torino, 1970.
- [5] Jante, A.: Zur theorie des kraftwagens, Band II, Berlin Akademie Verlag, 1977/78.
- [6] Korm, A.: Komplexe festigkeitberechnung einer trommelbremse mit der finite-element-methode, KFT, N°2, 1997.
- [7] Necomb, T. P., Day, A. J.: Finite element analysis of drum brake performance, Int. Seminar "Autom. Brake Components", IMechE, Birmingham, 1985.
- [8] Day, A. J., Harding, P. R., Necomb, T. P.: Combined thermal and mechanical analysis of drum brakes, Proc. IMechE, Vol 198D, N°15.
- [9] Glišović, J.: Identifikacija prenosnih karakteristika doboš kočnica, Magistarski rad, Mašinski fakultet, Kragujevac, 2001.
- [10] Radonjić, R.: Identifikacija dinamičkih karakteristika motornih vozila, Mašinski fakultet, Kragujevac, 1995.

## EVALUATION OF DRUM BRAKE'S CHARACTERISTICS FOR MOTOR VEHICLE

**Jasna Glišović, Rajko Radonjić**

*Typical constructive solutions of drum brake mechanisms for motor vehicles are presented in this paper. It's been emphasized that calculation methods and investigation of those mechanisms are given in numerous published papers. Intensive development of computer technique, numeric methods and measurement techniques gives significant contribution in that sense. However, on the basis of conducted analysis, it's been proved that does not exist general accepted method for evaluation of characteristics and output parameters of drum brake mechanisms. By analysis of used methods and systematization of available results, one approach for definition of evaluation criteria of motor vehicle's drum brakes characteristics are presented in this paper. According to given algorithm, complex characteristics of different solutions of brake mechanisms are formed, effectiveness and stability parameters are determined and in that way it's been created reliable base for their categorization and selection.*

**Adresa autora: Dr Rajko Radonjić, red. prof., Mašinski fakultet, Sestre Janjić 6, Kragujevac, e-mail: rradonjic@knez.kg.ac.yu,  
Mr Jasna Glišović, dipl. inž., asistent, Mašinski fakultet, Sestre Janjić 6, Kragujevac, e-mail: jaca@knez.kg.ac.yu**