

UNIVERZITET U BANJALUCI

**VIII MEĐUNARODNI NAUČNO-STRUČNI SKUP
O DOSTIGNUĆIMA ELEKTROTEHNIKE,
MAŠINSTVA I INFORMATIKE**

**8th INTERNATIONAL CONFERENCE
ON ACCOMPLISHMENTS IN ELECTRICAL,
MECHANICAL AND INFORMATIC ENGINEERING**



**Mašinski fakultet
Banjaluka**

**DEMI 2007
ZBORNİK RADOVA
PROCEEDINGS**

BANJALUKA, 25-26. 05. 2007.

Demijerost Secma!



ZBORNİK RADOVA

PROCEEDINGS

UNIVERZITET U BANJALUCI
MAŠINSKI FAKULTET

BANJALUKA, 25. - 26. MAJ 2007.

**ZBORNİK RADOVA 8. MEĐUNARODNOG NAUČNO-STRUČNOG
SKUPA O DOSTIGNUĆIMA ELEKTROTEHNIKE, MAŠINSTVA I
INFORMATIKE**

**PROCEEDINGS OF THE 8th INTERNATIONAL CONFERENCE ON
ACCOMPLISHMENTS IN ELECTRICAL, MECHANICAL AND
INFORMATIC ENGINEERING**

**Izdavač
Publisher**

MAŠINSKI FAKULTET BANJALUKA

**Urednik
Editor**

Dr Živko Babić, docent

**Tehnička obrada i dizajn
Technical treatment and design**

Biljana Prochaska, dipl. ing. maš.

**Tiraž
Circulation**

180 primjeraka

CIP - Каталогизacija u publikaciji
Narodna i univerzitetska biblioteka
Republike Srpske, Baња Лука

621(082)
531/534(082)
624.04(082)
536.7(082)
620.9(082)
621.3(082)
658.58(082)

**МЕЂУНАРОДНИ научно-стручни скуп о достигнућима
електротехнике, машинства и информатике (8 ; 2007
; Бања Лука)**

Zbornik radova = Proceedings / 8.
međunarodni naučno-stručni skup o dostignućima
elektrotehnike, mašinstva i informatike DEMI =
8th International Conference on Accomplishments in
Electrical, Mechanical and Informatic Engineering
DEMI, Banja Luka, 25. i 26. maj 2007 ;
[organizator] Mašinski fakultet ; [urednik =
editor Živko Babić]. - Banja Luka : Mašinski
fakultet, 2007 (Banja Luka : Grafopapir). -
882 str. : ilustr. ; 25 cm

Radovi na srp. i engl. jeziku. - Tiraž 180. -
Bilješke uz tekst. - Bibliografija uz sve
radove.

ISBN 978-99938-39-15-6

COBISS.BH-ID 374808

POKROVITELJ:
UNDER PATRONAGE OF:

Ministarstvo nauke i tehnologije Republike Srpske
i
Grad Banjaluka

Ministry of Industry and Technology of the Republic of Srpska
and
City of Banjaluka

ORGANIZACIONI ODBOR:
ORGANIZING COMMITTEE:

Prof. dr Simo Jokanović, predsjednik, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof. dr Miroslav Bobrek, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof. dr Miroslav Rogić, Mašinski fakultet Banjaluka
Doc. dr Snježana Petković, Mašinski fakultet Banjaluka
Doc. dr Živko Babić, Mašinski fakultet Banjaluka
Doc. dr Petar Gvero, Mašinski fakultet Banjaluka
Mr Aleksandar Milašinović, Mašinski fakultet Banjaluka
Mr Darko Knežević, Mašinski fakultet Banjaluka
Mr Đorđe Čiča, Mašinski fakultet Banjaluka
Biljana Prochaska, Mašinski fakultet Banjaluka

NAUČNI ODBOR:
PROGRAMME COMMITTEE:

Prof. dr Aleksa Blagojević, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof. dr Drago Blagojević, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof. dr Pavao Bojanić, Mašinski fakultet Beograd
Prof. dr Miodrag Bulatović, Mašinski fakultet Podgorica
Prof. dr Ilija Ćosić, Fakultet tehničkih nauka Novi Sad
Prof. dr Pantelija Dakić, Elektroprivreda Republike Srpske
Prof. dr Čedomir Duboka, Mašinski fakultet Beograd
Prof. dr Milan Đudurović, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof. dr Veljko Đuričković, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof. dr Milisav Georgijević, FTN Novi Sad
Prof. dr Vasilj G.Gerasimčuk, Nacionalni tehnički univerzitet Ukrajine "KPI"
Prof. dr Dušan Gruden, Stuttgart
Prof. dr Vid Jovišević, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof. dr Milisav Kalajdžić, Mašinski fakultet Beograd
Prof. dr Đorđe Kozić, Mašinski fakultet Beograd
Prof. dr Vidosav Majstorović, Mašinski fakultet Beograd
Prof. dr Ostoja Miletić, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof. dr Dragomir Miličić, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof. dr Dragan Milutinović, Mašinski fakultet Beograd
Prof. dr Dragica Noe, Fakultet za strojništvo Ljubljana
Prof. dr Radivoje Pešić, Mašinski fakultet Kragujevac
Prof. dr Miroslav Plančak, FTN Novi Sad
Prof. dr Milan Radovanović, Mašinski fakultet Beograd
Prof. dr Dobroslav Ružić, Mašinski fakultet Beograd
Prof. dr Vladimir Savić, FTN Novi Sad
Prof. dr Milentije Stefanović, Mašinski fakultet Kragujevac
Prof. dr Milenko Stegić, FSB Zagreb
Prof. dr Mirko Soković, Fakultet za strojništvo Ljubljana
Prof. dr Milan Šjivić, Mašinski fakultet Banjaluka
Prof. dr Velimir Todić, FTN Novi Sad
Prof. dr Đemo Tufekčić, Mašinski fakultet Tuzla
Prof. dr Stevan Veinović, Mašinski fakultet Kragujevac
Prof. dr Vojo Višekruna, Mašinski fakultet Mostar
Prof. dr Ranko Zrilić, Mašinski fakultet Banjaluka

e (kriva iskorištenog prijanjanja se približava liniji idealne raspodele), a nost blokiranja točkova na zadnjoj osovini je eliminisana.

3. Ugradjeni korektor kočenja na ispitivanom vozilu se pokazao kao aban.

ATURA

mić M.: Projektovanje putničkih automobila, Mašinski fakultet, Kragujevac, 04.

ičević M.: Uticaj algoritma ABS-a na parametre kočenja putničkog motornog :ila, magistarska teza, Mašinski fakultet Kragujevac, 23.01.2007.

radović D.: Analiza i regulisanje procesa kočenja, časopis MVM br.30, Mašinski ultet Kragujevac, januar 1980.

nička dokumentacija Zastava automobili o vozilu, davačima, korektoru kočenja, akteristikama bezasbetnih kočnih obloga i ispitivanju voyila Florida opremljenog 3-om, Institut za automobile ZA a.d.

ć N.,Dinić M.: Radijalna deformacija pneumatika kao funkcija unutrašnjeg ska i normalnog opterećenja, časopis Motorna vozila i motori br.101, Mašinski ultet Kragujevac, 1991.



EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA BUKE DOBOŠ KOČNICA

Jasna Glišović¹, Danijela Miloradović²

Rezime: *Automobilske kočnice su se intenzivno razvile tokom poslednjih decenija, ali se značajno povećala i snaga motora koja treba da se priguši u kočnici, a to važi i za sile koje deluju na njoj. Veći deo kinetičke energije vozila koje se kreće se pretvara u toplotu kroz trenje. Ali manji deo kinetičke energije se pretvara u zvučnu energiju i stvara buku. Niskofrekventna škripa doboš kočnica je često veoma intenzivna i može da dovede do čestih pritužbi korisnika. Tokom pojave buke kočni sistem pobuđuje noseću strukturu i sistem elastičnog oslanjanja i kao rezultat nastaje snažna pojava koja se može čuti i osetiti tokom procesa kočenja. Nažalost ukloniti ovu vrstu škrife je teško zbog velikog broja komponentata koje učestvuju u procesu. Ovaj rad opisuje danas razvijene eksperimentalne metodologije za proučavanje problema škrife doboš kočnica koja može da dovede do pojave velikih troškova reklamacija. Dinamometarski testovi često nisu u stanju da reprodukuju buku zbog neobuhvatanja komponentata sistema elastičnog oslanjanja. Uklanjanje buke tokom dinamometarskih istraživanja, ne garantuje rešavanje problema na vozilu.*

Ključne riječi: doboš kočni mehanizmi, buka, eksperiment, istraživanje

EXPERIMENTAL ANALYSIS OF DRUM BRAKES NOISE

Abstract: *Automobile brakes have been intensively developed during past few decades, but the maximum motor's power, that should amortized in vehicle brakes, has been significantly increase also. Most of the kinetic energy of the moving vehicles is transforming into heat through friction. But the small part of kinetic energy transforms into sound pressure and makes noise. Low frequency squeal of drum brakes is very intense and can lead to customers' complain. During phenomenon of brake noise, the interaction between the brake system and the vehicle framework and suspension is often very substantial. The result is a violent event that can be heard and felt during a brake application. Unfortunately, to solve this type of squeal problem is also difficult because of the large number of components involved. This paper illustrates today's experimental studies on a low frequency drum brake squeal problem that caused high warranty cost. Even in a case where the noise is reproduced on a dynamometer, the noise fix that works on a dynamometer may not be a fix when applied to the vehicle.*

Key words: drum brakes, noise, experiment, research

¹ Mr Jasna Glišović, asistent, Kragujevac, Srbija, Mašinski fakultet, jaca@kg.ac.yu

² Mr Danijela Miloradović, asistent, Kragujevac, Srbija, Mašinski fakultet, nej@kg.ac.yu

1. UVOD

Buka koju stvaraju kočni sistemi na vozilima je široko rasprostranjen izvor nelagodnosti. Doboš kočnice se najčešće koriste na teškim vozilima, kao što su teška teretna vozila i autobusi. Doboš kočnice su, kako je višegodišnje iskustvo pokazalo, jednostavne konstrukcije i dosta pouzdane. Do nedavno, skoro sva teška teretna vozila su bila opremljena doboš kočnicama. Mada se poslednjih godina disk kočnice sve više koriste na ovoj kategoriji vozila, doboš kočnice će biti u eksploataciji još mnogo narednih godina. Međutim, kao što je slučaj sa raznim tipovima mehaničkih kočnica, one su sklone pojavi škripe. Ova škripuća buka ima frekvenciju od nekoliko stotina Hz do nekoliko kHz. U klasi teških vozila, buka kočnica gradskih autobusa je najveći problem, zbog čestih zaustavljanja u gusto naseljenim gradskim područjima. Kako se danas u svetu velika pažnja poklanja konstrukciji tiših vozila, posebno se istražuje eliminacija škripe kočnica. Ovo se radi uprkos činjenice da ova visokofrekventna buka ne utiče na performanse kočenja i bezbednost saobraćaja.

2. PREGLED EKSPERIMENTALNIH METODA ZA ANALIZU ŠKRIPE DOBOŠ KOČNICA

Mada postoje brojne analize i eksperimenti, ne postoje neka uputstva za konstruktore kako eliminisati škripu kočnica. Nedostatak rešenja za problem škripe kočnica najverovatnije ide ruku pod ruku sa nedostatkom razumevanja mehanizma škripe.

Škripuća buka je rezultat samopobuđenih vibracija koje se javljaju kod raznih tipova kočnica. U literaturi postoji nekoliko sugestija šta je mehanizam koji stoji iza nestabilnosti pri škripi. Zato, postoji potreba za vršenjem eksperimentalnih merenja kako bi se verifikovali modeli. Signali vibracija se mere davačima ubrzanja montiranim na doboš kočnici na teškim teretnim vozilima. Kao rezultat merenja dobija se oblik moda škripuće doboš kočnice. Radijalne i tangencijalne oscilacije doboša i kočnih papučica se mogu meriti davačima ubrzanja koji su raspoređeni aksijalno i tangencijalno. Izmereni oblik je kompleksni mod koji sadrži talas. Ovaj talas se kreće u istom smeru kao i rotacija doboša. Kako doboš rotira tokom eksperimenta, Doplerov efekat utiče na izmerenu frekvenciju. Zato je razvijen metod za transformaciju signala doboša kako bi se dobila korektna prenosna funkcija.

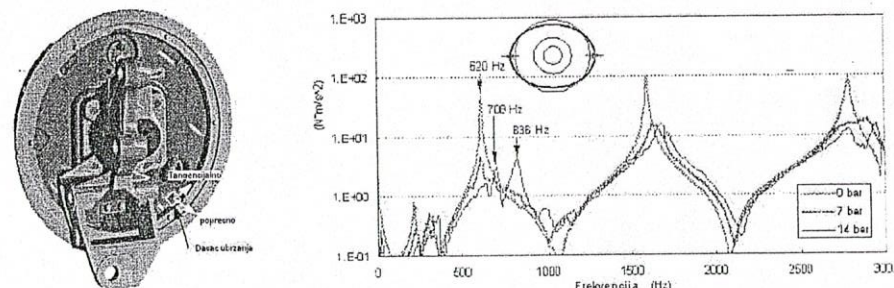
Mnoge od najnovijih tehnika eksperimentalnih istraživanja su korišćene u istraživanju nisko frekventne škripe doboš kočnica. Felske [2] je koristio holografsku analizu za istraživanje buke doboš kočnica u opsegu od 1-2 kHz, i utvrdio da se veći deo buke emituje od strane nosača kočnih papučica. Yuuji Suzuki i Hideo Ohno [3] su proučavali buku doboš kočnica pri 500 Hz. Istraživali su interakciju između deformacija papučica i drugog reda radijalnog kretanja doboša. Koristeći tehniku holografске interferometrije, Fieldhouse [1,4] je izveo seriju istraživanja buke doboš kočnica. Utvrdio je da je uticaj nosača kočnih papučica značajniji pri nisko frekventnoj buci, dok je uticaj doboša veći u višem frekventnom području. Takođe je zaključeno da uključivanje sistema oslanjanja na mernom stolu menja frekvenciju buke. Kada nije montiran sistem elastičnog oslanjanja, buka u vidu ječanja je nastala pri frekvenciji od 400 Hz. Međutim, kada je uključen sistem oslanjanja pojavila se nisko frekventna buka pri 960 Hz.

Za bolje razumevanje buke doboš kočnica i interakcije kočnog i sistema oslanjanja treba sprovesti brojna eksperimentalna istraživanja koja obuhvataju testove

frekventnog odgovora, ispitivanje koeficijenta trenja kočnih obloga, dinamometar test i testove na vozilu.

Merenja frekventnog odgovora

Ispitivani doboš se montira na vozilo i ne primenjuje kočni pritisak. Dav ubrzanja se montira na spoljašnjem obođu doboša i vrše se merenja korišćenjem čekića za izvođenje udara u radijalnom pravcu. Slika 1 pokazuje ispitivani doboš funkciju frekventnog odgovora doboša i utvrđen je drugi radijalni mod na 620Hz. Za se primenjuju različiti pritisci u kočnom sistemu i papučice sa oblogama se priskuju doboš. Takođe se može meriti strukturalna dinamika drugih glavnih komponente kočnice. Npr. može se analizirati kočna papučica ili nosač kočnih papučica.



Sl.1 Frekventni odgovor montiranog doboša pri različitim pritiscima

Holografška interferometrija

Laserska holografija je godinama uspešno korišćena za istraživanje real kočnih sistema koji stvaraju škripu. Primenom odgovarajućeg pritiska na rotiraj doboš kočnice različite komponente kočnog sistema mogu da dođu u sta nestabilnosti koje može da se snimi korišćenjem laserske interferometrije. Tamne ili svetle ivice na dobijenom hologramu mogu se koristiti za određivanje reda mod oscilujućeg doboša, kao i za dobijanje informacija o trenutnim amplitudama oscilova različitih komponenta u vreme snimanja slike. Mada se dosta informacija može dobiti ovom metodom, ona je ograničena na pojedinačnu sliku i zahteva značajno iskustvo interpretaciju rezultata.

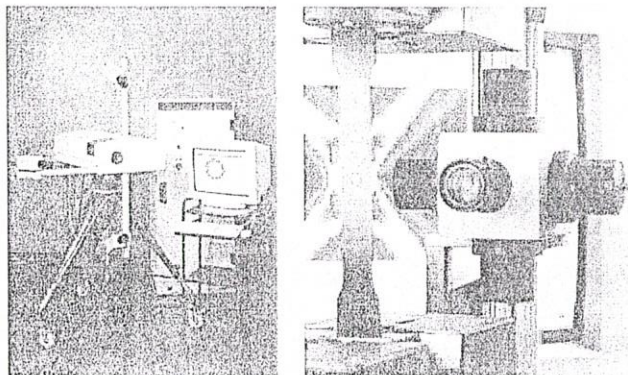
Nedavni razvoj metode korišćenjem dvostruke impulsne hologra omogućava da se snimi serija holograma u funkciji od vremena tokom ciklusa oscilovanja kočnog sistema koji škripi (obično 10 tokom polovine ciklusa). Korišćenjem elektronski startovanih uređaja smeštenih na kočnoj oblozi, može precizno da ustanovi vreme tokom ciklusa vibracija u kome se javlja nula pomeranje sa pozitivnim porastom brzine. Vreme tokom ciklusa vibracija pri kome su snimljeni interferogrami može takođe da se na ovaj način precizno odredi. Sa ove serije holograma u funkciji od vremena može se dobiti mnogo više informacija o kretanju različitih delova kočnog sistema, posebno doboša i papučica. Koriste se ogledala gore i sa strane doboša kako bi se dobilo više informacija sa graničnih linija na dobošu.

Korišćenjem tehnika obrade slike dobijeni podaci sa graničnih linija mogu koristiti za dobijanje trodimenzionalne površine koja predstavlja stvarno pomeranje

kočnih komponenata u trenutku vremena kada je hologram snimljen. Kombinovanjem serije takvih površina doboša (korišćenjem interpolacije), postaje moguće stvoriti animaciju koja predstavlja stvarno oscilatorno pomeranje površine doboša.

ESPI (electronic speckle interferometry) je dobro poznata tehnika za bezkontaktno merenje deformacija različitih objekata pod različitim uslovima opterećenja, u istraživanjima, kao i za industrijsku primenu. ESPI prevazilazi negativne osobine klasičnih holografskih tehnika, koje su bile teške za korišćenje i zahtevale su iskustvo u oblasti optike i eksperimenta, i dozvoljavaju bezkontaktno merenje celog polja deformacije objekta koji se istražuje. Princip impulsne 3D-ESPI tehnike je sledeći: objekat koji se istražuje se osvetli kratkim svetlosnim impulsom impulsnog lasera i istovremeno posmatra iz tri različita pravca sa tri ESPI kamere.

Rezultati merenja dobijeni sa tri kamere predstavljaju polje deformacija. Distorzija optičke slike zbog različitih uglova posmatranja tri kamere se automatski kompenzuje i konačno se izračunava kompletan vektor 3D-deformacija za svaku tačku ispitivanje površine. Korišćenje dvostruko impulsnog lasera omogućava akviziciju dva seta podataka u vrlo kratkom vremenskom intervalu razdvajanjem dva laserska impulsa. Ovo omogućava analizu deformacija objekta i u toku visoko dinamičkih procesa.



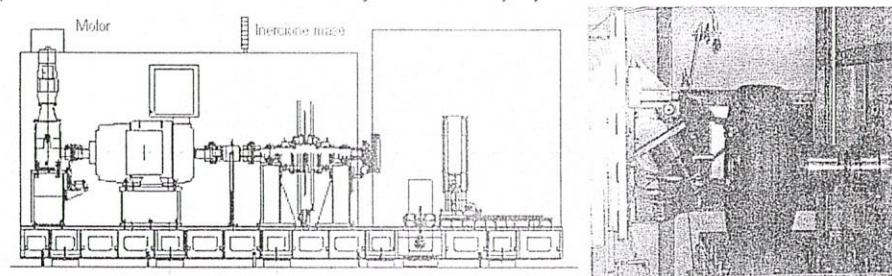
SI.2 3D-impulsni ESPI sistem

Nedavni razvoj doneo je primenu 3D-Impulsne ESPI tehnike na analizu škripe kočnica i to u obliku kompletno automatskog sistema za analizu škripe kočnica, koji snima signal pojave škripe, automatski uključuje laser i omogućava formiranje kompletne mape deformacija komponenata koje se istražuju.

Dinamometarsko testiranje

Ovakvi dinamometri (merni stolovi sa inercijalnim masama) su posebno konstruisani za ispitivanje buke kočnica. Moderni dinamometri za ispitivanje buke kočnica su postali sofisticirani i omogućavaju određivanje sklonosti kočnice da stvara škripu. Posebna pažnja se obraća obezbeđenju optimalnih uslova ispitivanja. Ispitivani sklop kočnice je potpuno izolovan od pogonskog dela i ostalih sistema u cilju smanjenja buke i vibracija. Ranije verzije dinamometra konstruisane su da reprodukuju buku kočnica samo izvođenjem testa vuče. Primenom SAE J2521, prve međunarodne priznate procedure za merenje buke kočnica, ovaj dinamometar je usavršen. Ova

procedura obuhvata i vuču i uobičajeno zaustavljanje.



SI.3 Merni most sa inercijalnim masama za merenje buke kočnica

Pri sprovođenju dinamometarskih istraživanja može doći do problema, a to je da do pojave buke ne dođe. Razlozi mogu biti sledeći:

1. Sama koncepcija testa nije bila u stanju da dostigne potrebne uslove okruženja koji su potrebni za pojavu buke.
2. Komponente sistema oslanjanja nisu bile uključene. Moguće je da je interakcija između komponenta kočnog i sistema oslanjanja neophodna za pojavu buke.

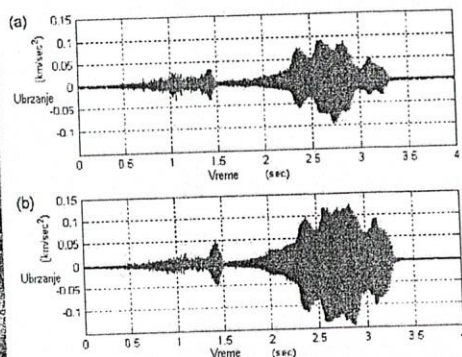
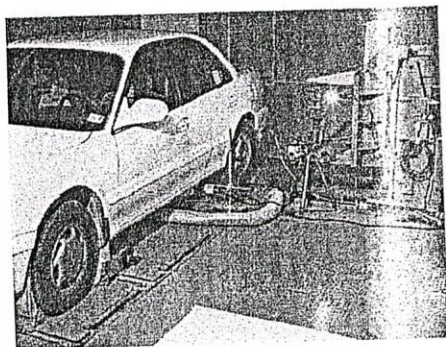
Zbog ovih problema, testiranje na vozilu postalo je osnovna metodologija eksperimentalnih istraživanja.

Istraživanja na vozilu

Doboš kočnica je montirana na zadnjem točku i mikrofonom se meri nivo zvučnog pritiska. Na osnovu dobijenih rezultata, izračunavaju se koeficijent buke i indeksi buke i ove vrednosti mogu da se uporede sa granicama buke koje zahtevaju kupci. Koeficijent buke je odnos broja pojavljivanja pojave škripe i ukupnog broja kočenja, a indeks buke je vrednost dobijena preračunavanjem u bezdimenzionalni oblik zvučnog pritiska usled škripe. Tako, što je veći koeficijent buke, češća je pojava škripe, a veći indeks buke znači viši nivo škripe.

Metodologija je razvijena u cilju reprodukcije ranije utvrđenih uslova okoline. Ispitivana vozila se ostavljaju u hladnoj komori sa 90% vlažnosti i na temperaturi od 3°C otprilike 16 sati. Kada se ovaj proces apsorpcije završi, vozilo se izveze iz komore. Vršiti se nekoliko zaustavljanja pri manjim brzinama i malim kočnim pritiscima, pri kretanju u smeru napred i nazad. Izvrši se merenje buke tokom zaustavljanja. Davači ubrzanja se postavljaju na različitim mestima na nosaču kočnih papuča, kočnim papučama i vođicama sistema oslanjanja. Snimljeni rezultati se obrađuju softverski kako bi se dobili oblici deformisanog dela u radnim uslovima (ODS- operating deflection shapes) kočnica i oslanjanja.

Na slici 4 se vidi da tangencijalna komponenta oscilovanja nosača papuča ima više amplitude nego poprečna komponenta. Ovi testovi ukazuju da popustljivost sistema oslanjanja dopušta zglobovima i kočnom sklopu da se pomeraju tangencijalno dok poprečno kretanje nosača papuča stvara buku.



Sl. 4 Fotografija dinamometarskog testa buke i dijagram izmerenog ubrzanja tokom vremena na nosaču papuča tokom pojave buke a) u poprečnom pravcu b) u tangencijalnom pravcu

3. ZAKLJUČAK

Cilj prikazanih eksperimentalnih istraživanja je da se dođe do temeljnih saznanja o pojavi škrife doboš kočnica i stvaranje eksperimentalne osnove za verifikaciju teoretskih modela doboš kočnica. Rešavanje problema škrife doboš kočnica je teško zbog velikog broja komponenata koje učestvuju u procesu. Dinamometarski testovi nisu u stanju da ponove pojavu buke zbog neuključivanja komponenata oslanjanja. Čak i u slučajevima kada se buka reprodukuje na dinamometru, uklanjanje buke koje je bilo uspešno na mernom stolu može da bude neuspešno na vozilu.

LITERATURA

- [1] John D. Fieldhouse, "Low-frequency drum brake noise investigation using a 1/4 vehicle test rig," SAE Paper 2000-01-0448
- [2] A. Felske, G. Hoppe, and H. Matthäi, "A study on drum brake noise by holographic vibration analysis," SAE Paper 800221
- [3] Yuuji Suzuki and Hideo Ohno, "A Study on Drum Brake Noise of Heavy Duty Vehicle," SAE Paper 811399
- [4] John D. Fieldhouse, and M. Rennison, "An Investigation of Low Frequency Drum Brake Noise," SAE Paper 982250.
- [5] Shih-Wei Kung, Greg Stelzer and Kelly A. Smith: "A study on low frequency drum brake squeal", Delphi Corporation, SAE2004-01-2787.

MATEMATIČKI MODEL ZA IZBOR KARAKTERISTIKA ZAMAJCA MOTORA SUS

Aleksandar Milašinović¹, Ivan Filipović², Aleš Hribnik³

Résumé: Razvijen je model za dinamičnu simulaciju kretanja višecilindričnog motora. Model je korišten da se opiše uticaj zamajca na neravnomjernost obrtanja kočnice. Verifikacija modela je izvršena na četvorotaktnom četvorocilindričnom motoru kod kojeg je simultano mjereno pritisak u četvrtom cilindru i trenutna brzina slobodnog kraja koljena koljenastog vratila. Simulacioni model pri nelinearnoj diferencijalnoj jednačini drugog reda koja opisuje kretanje kočnice kao krutog tijela. Pri stacionarnim uslovima rada motora ugaona brzina kočnice je periodična funkcija položaja koljenastog vratila i može se predstaviti Furijeovim redom. Na osnovu modela može se uspostaviti veza između trenutne ugaone brzine i momenta inercije zamajca.

Ključne riječi: zamajac, ugaona brzina, matematički model, moment inercije

MATHEMATICAL MODEL FOR CHOOSING FLYWHEEL OF IC ENGINE

Abstract: A simulation model for the dynamic analysis of multicylinder engine was developed. The model is used to describe influence of flywheel on crankshaft speed fluctuation. The model is validated against 4-cylinder engine equipped with a pressure transducer on 4th cylinder and encoder on free crankshaft. The model is nonlinear differential equation second order which describes motion of crankshaft which dynamic response is a rigid body. Under steady operation, the crankshaft's speed has a quasi-periodic variation and its components may be obtained by a Discrete Fourier Transform (DFT). Based on the shafting, correlations are established between the speed variation of crankshaft and the flywheel properties.

Keywords: flywheel, crankshaft speed, mathematical model, moment of inertia

1. UVOD

Sa razvojem motora sus, uloga zamajca na koljenastom vratilu motora sve važnija. Tako, pored osnovne funkcije, smanjenja neravnomjernosti ugaone brzine motora u toku ciklusa, zamajac motora ima i druge zadatke kao što su:

¹ Dr Aleksandar Milašinović, Banja Luka, Mašinski fakultet Banja Luka, acom@blic.net

² Prof. dr Ivan Filipović, Sarajevo, Mašinski fakultet Sarajevo, filipovic@mef.unsa.ba

³ Prof. dr Aleš Hribnik, Maribor, Fakulteta za strojništvo Maribor, ales.hribnik@uni-mb.si