

Univerzitet u Novom Sadu  
Fakultet tehničkih nauka  
Departman za proizvodno mašinstvo  
Novi Sad

## **TEHNIČKO REŠENJE**

### **OPITNI UREĐAJ ZA ODREĐIVANJE VEKA INTEGRISANOG LEŽAJA TOČKA**

**M83**-Novo laboratorijsko postrojenje, novo eksperimentalno postrojenje, novi tehnološki postupak

#### **Autori:**

mr Aleksandar Živković  
Prof. dr Mlan Zeljković  
Milorad Rodić, dipl. ing.  
Milivoje Mijušković, dipl. ing.  
Prof. dr Ljubomir Borojev  
Doc. dr Slobodan Tabaković

## S A D R Ž A J

Predmet .....	3
<b>1. OSNOVE I CILJ PREDLOŽENOG TEHNIČKOG REŠENJA .....</b>	<b>3</b>
<b>2. PREGLED DOSADAŠNJIH REZULTATA EKSPERIMENTALNIH ISTRAŽIVANJA KOTRLJAJNIH LEŽAJA.....</b>	<b>5</b>
<b>3. PRIKAZ OPITNOG UREĐAJA .....</b>	<b>6</b>
<b>3.1 Opis konstrukcionog rešenja opitnog uređaja.....</b>	<b>6</b>
3.1.1 Merenje vibracija na unutrašnjem prstenu .....	7
3.1.2 Merenje temperature na unutrašnjem prstenu .....	9
3.1.3 Merenje broja obrtaja .....	9
3.1.4 Postupak zadavanja spoljašnjeg opterećenja .....	10
<b>3.2 Sistem za akviziciju, obradu i prikazivanje rezultata merenja.....</b>	<b>11</b>
<b>4. EKONOMSKI EFEKTI PRIMENE OPITNOG UREĐAJA .....</b>	<b>12</b>
<b>5. PRIMENLJIVOST OPITNOG UREĐAJA.....</b>	<b>12</b>
<b>6. LITERATURA .....</b>	<b>13</b>

## Predmet

Na Departmanu za proizvodno mašinstvo Fakulteta tehničkih nauka u okviru projekta „**Istraživanje i razvoj kotrljajnih ležajnih sklopova i njihovih komponenti**“ TR – 14048 razvijeno je tehničko rešenje za ispitivanje veka integrisanog ležaja točka vozila: **“OPITNI UREĐAJ ZA ODREĐIVANJE VEKA INTEGRISANOG LEŽAJA TOČKA”**. Navedeno tehničko rešenje izrađeno je prema Pravilniku o postupku i načinu vrednovanja i kvalitativnom iskazivanju naučno – istraživačkih rezultata. U pravilniku je u Prilogu 2 definisan način dokumentovanja i verifikacije Tehničkih rešenja (M-83).

## 1. OSNOVE I CILJ PREDLOŽENOG TEHNIČKOG REŠENJA

U savremenoj automobilskoj industriji je sve više zastupljen razvoj ležaja točka vozila baziranih na integraciji pojedinih komponenti osovine („*Hub Unit Bearing - HUB*“ ili srpski „*Integrисани Ležaj Točka - ILT*“) u cilju smanjenja mase i dimenzija kao i poboljšanja ukupnih performansi vozila. Tokom 80-tih godina dvadesetog veka u automobilskoj industriji su se javila rešenja u kojima je integriran ležaj točka vozila i neke od komponenti osovine kao što je upravljački zglob i glavčina u cilju poboljšanja karakteristika i olakšane montaže. Poslednjih godina proizvođači automobila su veliku pažnju posvetili bezbednosti svojih proizvoda i u tom pogledu najnovija rešenja ležaja točka imaju značajno unapređenu strukturu i funkcionalnost.

Novija rešenja ležaja točka vozila se mogu sistematizovati u tri grupe: Integrисани Ležaj Točka **I (ILT I, eng. HUB I)**, Integrисани Ležaj Točka **II (ILT II, eng. HUB II)** i Integrисани Ležaj Točka **III (ILT III, eng. HUB III)**. Razvoj ove tri grupe ležaja je posledica potrebe proizvođača automobila da zadovolje osnovne zahteve: veća kompaktnost, smanjenje mase i veća pouzdanost. Na taj način postiže se i smanjena potrošnja goriva i povećava stabilnost pri upravljanju vozilom.

**1. Integrисани ležaj točka I (ILT I)** (slika 1). Konstrukcionalo rešenje ILT I je zamenilo klasična rešenja ležaja točka i bazira na dvoredom konusno valjkastom ili kugličnom ležaju sa kosim dodirom sa jednodelnim spoljašnjim prstenom, dok je unutrašnji prsten dvodelni. Rešenje sa kugličnim ležajem se najčešće koristi kod putničkih vozila. Podešavanje prednaprezanja ležaja pri montaži nije potrebno. Inicijalni aksijalni zazor je propisno fabrički podešen tako da je obezbeđeno prednaprezanje nakon montaže. Takođe, ne postoji potreba za spoljašnjim zaptivanjem jer ležaj poseduje integrisani zaptivač što značajno olakšava uslove održavanja.

**2. Integrисани ležaj točka II (ILT II)** (slika 2). Konstrukcionalo rešenje ILT II je rešenje integrisanog ležaja kod kog je spoljašnji prsten izrađen sa glavčinom (vencem). U poređenju sa ILT I, ovo rešenje ima manje sastavnih delova, smanjenu masu i lakše se montira. ILT II se, kao i ILT I, proizvodi u varijantama sa dvoredim kugličnim ležajem sa kosim dodirom ili dvoredim koničnim valjkastim ležajem. Ovo rešenje se najčešće koristi za prednje ili zadnje gonjene točkove, pri čemu se vrši obrtanje spoljašnjeg prstena na koji se veže točak i kočioni disk sistema za kočenje dok je osovinu fiksirana vijcima za unutrašnji prsten. Najnovija konstrukcionala rešenja ILT II imaju mogućnost i ugradnje ABS senzora.

**3. Integrисани ležaj točka III (ILT III)** (slika 3 i 4). Konstrukcionalo rešenje ILT III predstavlja integrisani dvoredni kuglični ležaj sa kosim dodirom kod koga su i spoljašnji i unutrašnji prsten izrađeni sa glavčinom. Ova vrsta ležaja se najčešće koristi za prednje pogonske točkove i zadnje gonjene točkove. Za slučaj obrtanja spoljašnjeg prstena kod gonjenih točkova, točkovi i kočioni diskovi se vežu za glavčinu spoljašnjeg prstena, dok je unutrašnji prsten vezan za noseći sistem vozila. U slučaju rešenja za pogonske točkove sa obrtanjem unutrašnjeg prstena, točak i kočioni disk su, takođe, vezani za glavčinu unutrašnjeg prstena, dok je spoljašnji prsten pričvršćen za noseći sistem vozila. Inicijalni aksijalni zazor je prethodno podešen da bi prednaprezanje bilo

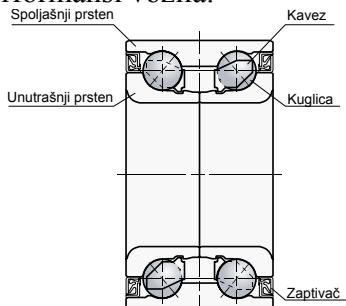
adekvatno nakon montaže. Rešenja ležaja točka ILT III su razvijena sa integrisanim ABS senzorom.

Na osnovu dosadašnjih saznanja može se konstatovati da postoje tri pravca razvoja konstrukcionih rešenja integrisanog ležaja točka. Jedan od pravaca razvoja integrisanih ležaja točka predstavlja naprednu tehnologiju u izradi poluosovina. Ova tehnologija je zasnovana na Compact HHM modulu (Hub Halfshaft Modul) koji smanjuje masu vozila i povećava fleksibilnost sistema za vešanje i upravljačkog sistema. Ovaj modul pruža veću slobodu ogibljenju i kompaktniji upravljački sistem što je veoma značajno kod savremenih vozila sa prednjim pogonskim točkovima i kompleksnim sistemom vešanja i upravljanja.

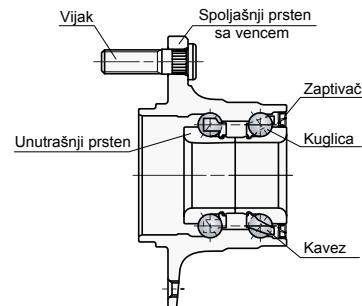
Drugi pravac razvoja konstrukcionih rešenja integrisanih ležaja točka je sa integrisanim kočionim dobošem. Ovo rešenje obezbeđuje duži vek ležaja i veću krutost uz smanjenje mase, olakšanu montažu i nižu cenu. Ovaj sistem teži nultom bacanju i „apsolutnom“ balansu doboša koji je izrađen od kompozitnih materijala, najčešće metala i keramike (Metal Matrix Composite).

Treći pravac razvoja konstrukcionih rešenja integrisanih ležaja točka je sa integrisanim kočionim diskom. Primena ovog rešenja se prvenstveno očekuje kod sportskih automobila. Navednim rešenjem se želi postići smanjenje ukupne mase vozila, povećana krutost točka i sprečavanje deformaciju kočionog rotora usled opterećenja točka i povećanja temperature.

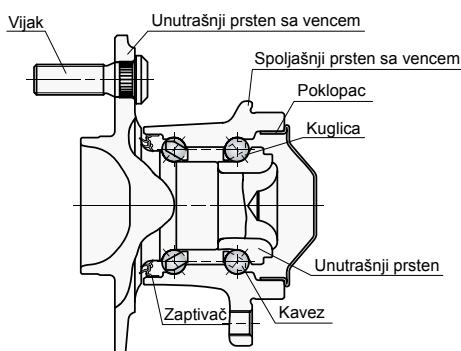
Analizom različitih varijanti konstrukcionih rešenja integrisanih ležaja točka došlo se do zaključka da automobilička industrija neprekidno teži poboljšanju bezbednosti i kompaktnosti svojih proizvoda uz istovremeno smanjene cene i redukovanje mase upravljačkih sklopova. Nove generacije integrisanih ležaja upravo obezbeđuju veću pouzdanost i lakše održavanje, montažu i demontažu što doprinosi efikasnosti i kvalitetu sistema za vešanje i upravljanje, a time i poboljšanju ukupnih performansi vozila.



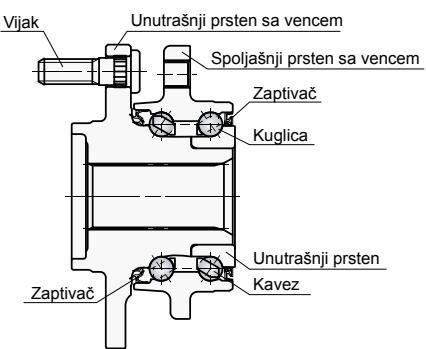
Slika 1. ILT I rešenje sa kugličnim ležajem sa kosim dodirom za pogonske i gonjene točkove



Slika 2. ILT II rešenje sa kugličnim ležajem sa kosim dodirom za pogonske i gonjene točkove



Slika 3. ILT III rešenje sa kugličnim ležajem sa kosim dodirom za pogonske i gonjene točkove



Slika 4. ILT III rešenje sa kugličnim ležajem sa kosim dodirom za pogonske točkove

U okviru prethodnih istraživanja izvršeno je eksperimentalno ispitivanje usavršenog rešenja integrisanog ležaja točka vozila ILT II na postojećem opitnom uređaju. Navedeni opitni uređaj je namenjen za proveru veka radikalnih kugličnih ležaja što bi u ovom slučaju odgovaralo

samo vožnji na pravolinjskim putu. Zbog toga je definisana koncepcija, projektovan i izrađen opitni uređaj koji omogućava simuliranje eksplotacionih uslova integrisanog ležaja točka vozila.

## 2. PREGLED DOSADAŠNJIH REZULTATA EKSPERIMENTALNIH ISTRAŽIVANJA KOTRLJAJNIH LEŽAJA

Sve oštiri zahtevi u pogledu kvaliteta kotrljajnih ležaja, kao i složenost fizičkih i hemijskih procesa koji se dešavaju u njihovoј unutrašnjosti, a koje nije moguće razjasniti samo na osnovu poznatih teorijskih saznanja, uslovili su intenzivan razvoj eksperimentalnih metoda i uređaja za ispitivanje i dijagnozu stanja ležajeva u eksplotacionim uslovima. Putem ovih metoda istražuju se uticaji pojedinih parametara na životni vek kugličnih ležaja.

Razvoj istraživanja u ovoj oblasti kreće se u sledećim pravcima:

- razvoj novih metoda i postupaka za dijagnozu stanja i veka
- razvoj novih tehnika i uređaja za merenje parametara relevantnih za vek ležaja
- razvoj metoda, uređaja i programskih paketa za prenos i arhiviranje podataka
- razvoj tehnika i programskih paketa za obradu, prikazivanje i analizu rezultata ispitivanja i donošenje zaključaka o kvalitetu i veku ležaja.

Obimna saznanja do kojih se dolazi kroz ova istraživanja imaju veliki uticaj na rešavanje tehničkih problema, razvoj novih i poboljšanje postojećih konstrukcija i tehnologija u oblasti proizvodnje, eksplotacije i održavanja kotrljajnih ležaja. Do saznanja se dolazi periodičnim ili permanentnim praćenjem stanja ležajeva u laboratorijskim uslovima, ali i u samoj eksplotaciji.

Za praćenje otkaza ležaja odnosno njegovog veka obično se koriste dva parametra:

- porast temperature
- pojava vibracija

Za praćenje veka ležaja putem vibracija odnosno njegovog dinamičkog ponašanja najčešće se primenjuju dve metode:

- SPM metoda – metoda udarnog implusa
- Metode analize vibracija.

Eksperimentalna određivanja veka ležaja se izvode u laboratorijskim uslovima i u uslovima eksplotacije. Laboratorijska ispitivanja se obično obavljaju na specijalnim uređajima, za tu svrhu namenjenim probnim stolovima, na kojima se simuliraju različiti režimi rada ležaja. Ova ispitivanja se vrše u cilju smanjenja troškova i skraćenja vremena ispitivanja, posebno u početnoj fazi istraživanja i osvajanja novih proizvoda i tehnologija izrade ležajeva. Jedan od opitnih uređaja za ispitivanje ležaja i određivanje veka je prikazao Tedric [11], [12]. Analiza veka ležaja pomoći ovog uređaja je napravljena u odnosu na smernice koje propisuje ISO 1542-1-2004(E) standard.

U poslednje tri decenije veliki je broj radova objavljen na temu dijagnostike otkaza kotrljajnih ležajeva na bazi merenja buke i vibracija. Isto tako postoji i nekoliko značajnih preglednih radova sa kritičkim osvrtom na predložene i primenjene metode dijagnostike.

Tandom i Nakra su u [10] dali detaljan prikaz različitih primenjenih metoda kao što su analiza signala vibracija u vremenskom i frekventnom domenu, merenja zvučnog pritiska i intenziteta, merenja udarnih talasa kao i merenja akustičke emisije.

Kim i Lowe su u [2] osim klasičnih tehnika analize vibracionog signala dali pregled i alternativnih tehnika kao što su metoda udarnog impulsa, metoda spektrografske analize ulja i ferografska analiza ulja. Mathew i Alfredson su u [4] dali kratak pregled tehnika procesiranja vibracionog signala u vremenskom i frekventnom domenu u cilju dijagnostike stanja kotrljajnih ležajeva. McFadden i Smith u [5] i Kim u [3] su takođe dali veoma detaljan pregled postojećih tehnika procesiranja signala koje su primenljive za dijagnostiku stanja kotrljajnih ležajeva. Postoji nekoliko studija koje obrađuju mehanizam pojave vibracija i buke u kotrljajnim ležajevima ([8], [9], [7], [1]). Po tim studijama osnovni uzrok pojave buke i vibracija u kotrljajnim ležajevima jeste

promenljiva krutost (odnosno elastičnost) u ležajevima, koja se pak javlja usled činjenice da se kretanje prenosi preko konačnog broja kotrljajnih tela u kotrljajnim ležajevima. Broj kotrljajnih tela preko kojih se ostvaruje kontakt spoljne i unutrašnje staze u ležaju kao i uticaj zone opterećenja predstavljaju parametre koji direktno utiču na nivo i frekventni sadržaj vibroakustičkih talasa koje ležaj generiše ([8], [9]). Čak i u slučajevima da je geometrija ležaja idealna i da se staze (unutrašnja i spoljašnja) ležaja tretiraju kao kontinualne, promena pravca delovanja kontaktnih sila kao i njihove amplitudne generišu buku i vibracije.

Marsh i Yantek [5] su eksperimentalno određivali dinamičku krutost ležaja primenom poznate pobudne sile i odziva akcelerometra. Autori su na osnovu funkcije frekventnog odziva došli do zaključka da se krutost kotrljajnih ležaja sastoji od četiri komponente (krutosti prstenova, kuglica i kaveza). Pošto je masa elemenata ležaja uglavnom poznata, u radu se ona koristi za poboljšanje preciznosti predviđanja krutosti ležaja. Korekcioni faktor  $-m\omega$  može biti primenjen za predviđanje frekventno zavisne krutosti. Pri nižim frekvencijama veličina korekcije je manja, a u zavisnosti od drugih vrednosti prisutnih u konzistentnoj matrici. Na bazi izmerenih parametara autori određuju vek ležaja

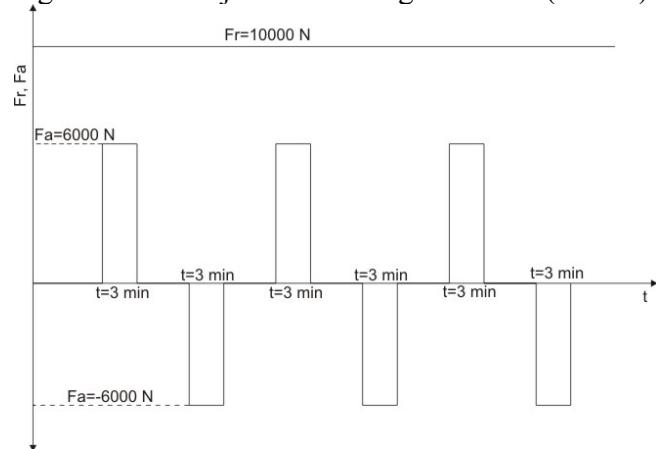
### 3 PRIKAZ OPITNOG UREĐAJA

#### 3.1 Opis konstrukcionog rešenja opitnog uređaja

Na slici 5 prikazan je raspored osnovnih elemenata koji sačinjavaju opitni uređaj za ispitivanje veka integriranog ležaja točka (ILT). Elektromotor preko zupčastih prenosnika prenosi obrtni moment na vratilo (1) na kojem se preko ploče (2) i prirubnice (3) postavlja ležaj za ispitivanje (6) na stacionarnu osovinu (5). Ploča (2) je vezana za vratilo pomoću vijaka (11), dok je prirubnica na koju se montira ispitivani ležaj preko spoljašnjeg prstena vezan za ploču (2) pomoću vijaka (12). Ležaj se montira na osovinu (6) sa preklonom i steže se pomoću navrtki (4) preko unutrašnjeg prstena koji je stacionaran. U osovini su ugrađeni davač ubrzanja (15) i termoparovi (14). Zupčasti prenosnici vrše redukciju broja obrtaja vratila, tako da je broj obrtaja vratila  $n=1000$  [o/min], odnosno njegova kružna frekvencija je  $\omega=104,6$  [Hz].

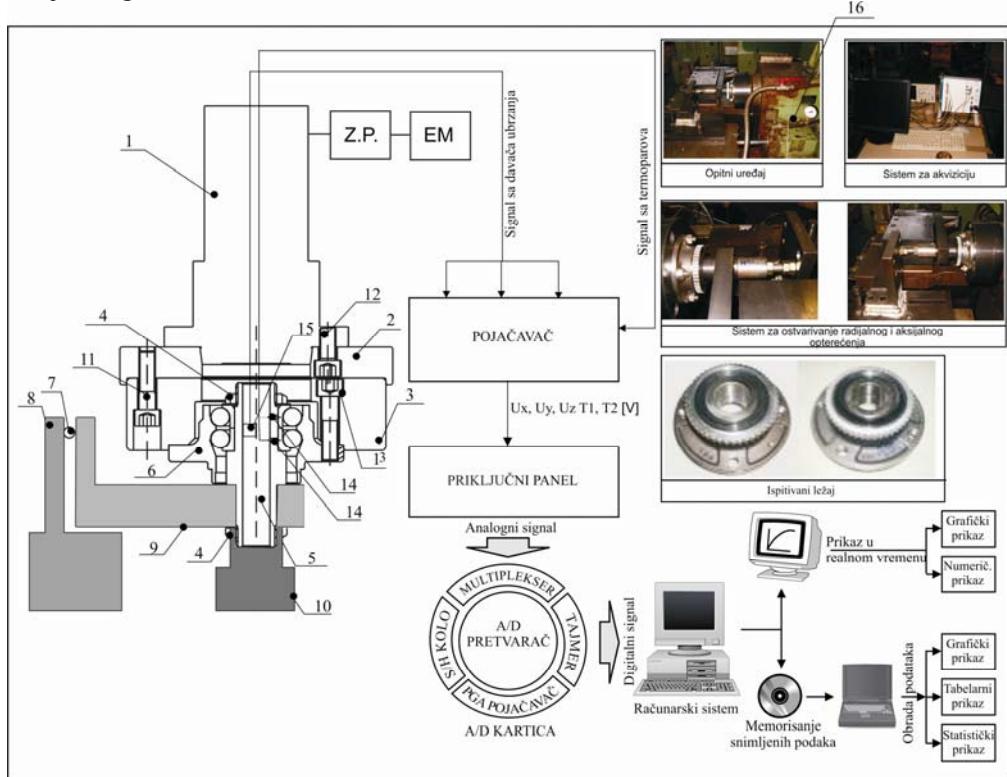
Broj obrtaja se meri laserskim beskontaktnim davačem broja obrtaja a rezultati se prikazuju na monitoru akvizicionog sistema.

U cilju simuliranja realnih uslova eksploracije unutrašnji prsten ležaja je opterećen radijalnom silom odgovarajućeg intenziteta i po definisanom vremenskom dijagramu radijalnom i aksijalnom silom odgovarajućeg intenziteta u jednom ili drugom smeru (slika 6).



Slika 6. Vremenski prikaz delovanja opterećenja pri ispitivanju

Radijalno i aksijalno opterećenje se ostvaruje preko poluga (9), (10) hidrauličkim putem pomoću hidrocilindara. Spoljašnje opterećenje se prenosi na unutrašnje prstene ležaja preko osovine (5). Intenzitet spoljašnjeg opterećenja se prati pomoću davača pritiska (16). Ove veličine se prate na ekranu upravljačkog sistema.



Slika 5. Izgled opitnog uređaja za određivanje veka integrisanog ležaja točka

Praćenje ponašanja ležaja (vibracija i temperature) se vrši pomoću davača ubrzanja (15) i termoparova (14). Rezultati merenja se prenose do sistema za akviziciju, gde se vrši obrada, memorisanje i prikazivanje rezultata ispitivanja na monitoru.

Korisnički interfejs virtualnog instrumenta (LabView) omogućava interaktivni rad sa sistemom za akviziciju. Pomoću korisničkog interfejsa potrebno je pre početka akvizicije podataka, odabrati kanale u kojoj će se podaci zapisivati, formirati grafički izgled ekrana. Grafički prozor omogućava praćenje promene vibracionog signala u zavisnosti od vremena i opterećenja u sva tri merena pravca, promenu temperature u zavisnosti od vremena i opterećenja kao i broj obrtaja. Takođe na grafičkom prozoru je obezbeđeno pokazivanje nivoa zadatog opterećenja na ispitivanom ležaju, kao i zadavanje istog.

Trenutak otkaza ležaja određuje se naglim porastom temperature unutrašnjeg prstena i/ili pojavom vibracija ležaja.

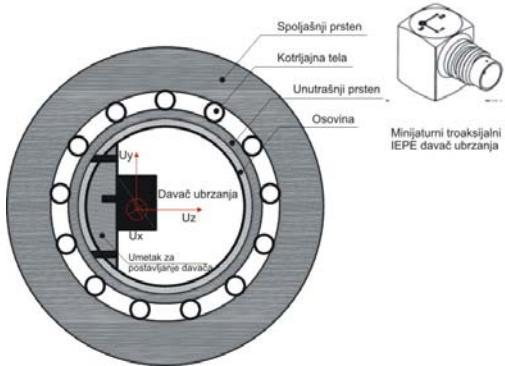
### 3.1.1 Merenje vibracija na unutrašnjem prstenu ležaja

Na opitnom uređaju za ispitivanje veka integrisanog ležaja točka je omogućeno merenje i analiza vibracija u horizontalnom (radijalnom), uzdužnom (aksijalnom) i vertikalnom pravcu ležaja. Na slici 7 je dat šematski prikaz položaja i izgled davača ubrzanja koji se koristi pri ovim ispitivanjima.

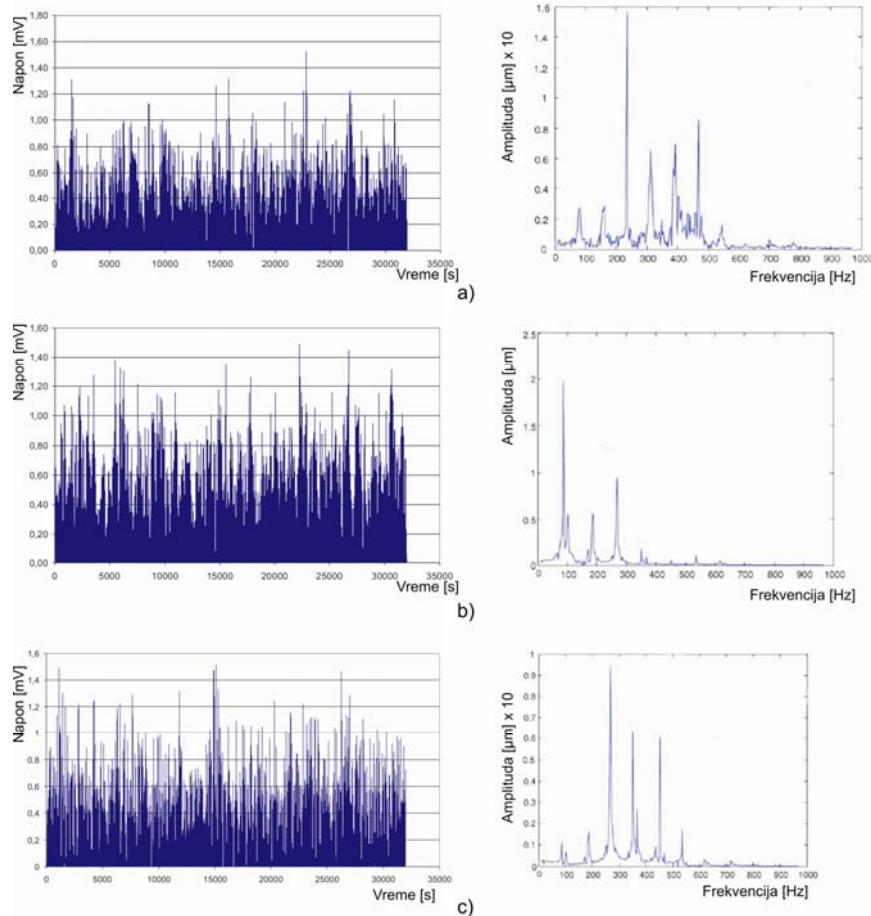
Uopšteno, vibracije je najbolje meriti na mestu ili što bliže mestu generisanja poremećajnih sila. U ovom slučaju to bi bilo na samom ležaju, međutim zbog opasnosti da ne dođe do oštećenja

unutrašnjih površina (staze kotrljanja) ležaja, davač ubrzanja je postavljen preko navoja za fiksiranje koji je urezan u umetak i pričvršćen u osovini, na koju naleže unutrašnji prsten ispitivanog ležaja. Za merenje vibracija na unutrašnjem prstenu koristi se minijaturni troksijalni IEPE davač ubrzanja, dimenzija 11x11x9,3 [mm]. Davač registruje vibracije u opsegu frekvencija od 1-20000 Hz. Osetljivost ovog davača je 10mV/g.

Na slici 8 su prikazani neki od rezultata merenja vibracija na unutrašnjem prstenu ležaja.



Slika 7. Šematski prikaz položaja davača pri ispitivanju

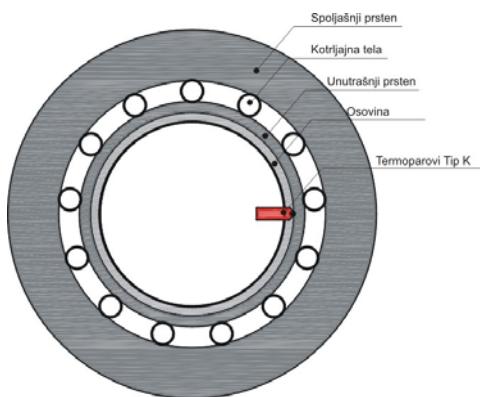


Slika 8. Rezultati merenja vibracija a) pri delovanju kombinovanog opterećenja u pravcu dejstva radijalnog opterećenja; b) pri delovanju kombinovanog opterećenja u pravcu dejstva aksijalnog opterećenja; c) pri delovanju radijalnog opterećenja u pravcu dejstva opterećenja

### 3.1.2 Merenje temperature na unutrašnjem prstenu

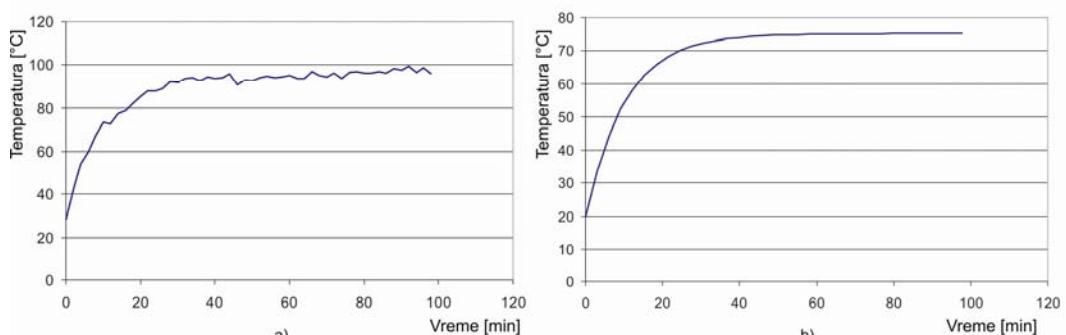
Termoparovi (NiCr-Ni) su povezani preko odgovarajućih transmitera na sistem za prikupljanje podataka.

Da bi se prethodno pripremljeni termoparovi ugradili u osovini, na osovinu su izbušeni otvori odgovarajućeg prečnika na mestu unutrašnjih prstenova ležaja. U tako pripremljene otvore na osovini postavljeni su termoparovi tako da svojim vrhom naležu na unutrašnji prsten ležaja (slika 9). U cilju zadržavanja termopara tokom obrtanja ležaja u istom položaju, a uz to i da bi se izvršila izolacija žica termopara na spoju su postavljene keramičke cevčice sa PVC izolacijom, ceo taj deo je učvršćen za spoljašnju površinu osovine.



Slika 9. Šematski prikaz termoparova pri merenju temperature na unutrašnjem prstenu

Na slici 10 je prikazan dijagram promene temperature na unutrašnjem prstenu ležaja u zavisnosti od vremena.



Slika 10. Promena temperature u zavisnosti od vremena na unutrašnjem prstenu ležaja: a) pri delovanju kombinovanog opterećenja; b) pri delovanju radikalnog opterećenja

### 3.1.3 Merenje broja obrtaja

Potreban broj obrtaja spoljašnjeg prstena ležaja ostvaruje se obrtanjem vretena mernog štanda pokretanog elektromotorom i uležištenog odgovarajućim ležajima čiji je vek znatno duži od veka ispitivanih ležaja točka. Podmazivanje ovih ležaja je uljem u uslovima stacionarnog temperaturnog stanja. Maksimalni broj obrtaja elektromotora je ograničen graničnim brojem obrtaja ležišta rotora motora, a vretena graničnim brojem obrtaja ležišta za uležištenje vretena.

Na opitnom uređaju se kontinualno pratiti broj obrtaja ležaja. Broj obrtaja se meri laserskim beskontaktnim davačem broja obrtaja. Da bi se merio broj obrtaja zapepljena je traka koja reflektuje svetlost na spoljni prsten ležaja. Usmerivanjem svetlosnog zraka na reflektujuću traku instrument sabira broj svetlosnih refleksija u toku jedne minute, što odgovara broju obrtaja ležaja u minuti.

### 3.1.4 Postupak zadavanja spoljašnjeg opterećenja

Ispitivanje veka integrisanog ležaja točka je potrebno izvršiti pri realnim uslovima eksploatacije, odnosno pri istovremenom dejstvu radijalnog i aksijalnog opterećenja.

Radijalno opterećenje pri ispitivanju veka deluje u centru točka vozila na odstojanju od ose ispitivanog ležaja za veličinu koja odgovara radijusu točka vozila (slika 11b). Aksijalno opterećenje deluje u osi ležaja i točka vozila (slika 11b).

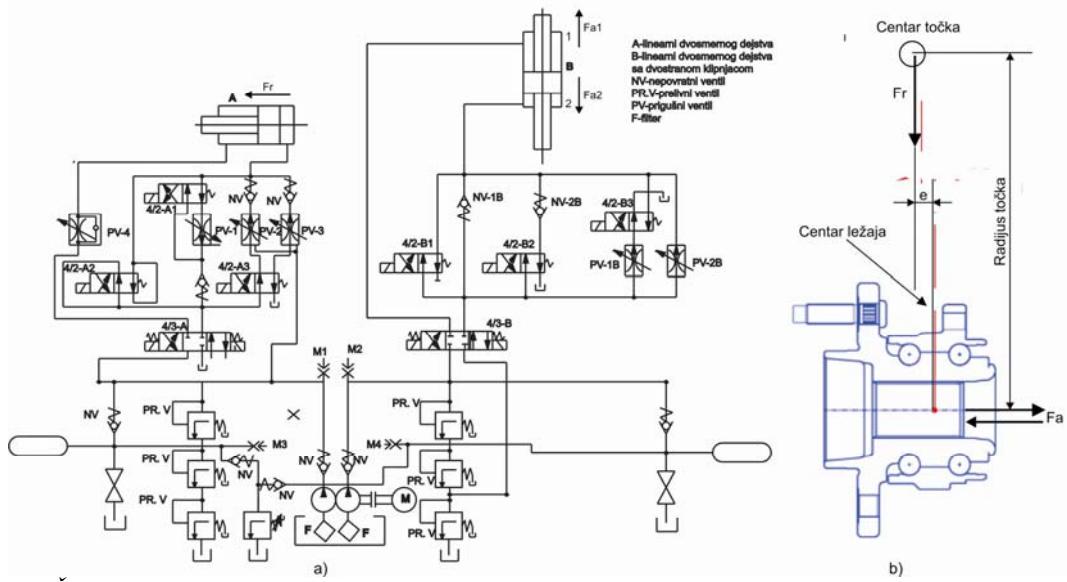
Ispitivanje se izvedi uz pretpostavku da se vozilo kreće pravolinijski, kao i da je određeni procenat putanje vozila krivolinijski, odnosno ležaji su opterećeni ravnomerno raspoređenom radijalnom i aksijalnom silom koje se određuju iz uslova da se obezbedi maksimalni kontaktni napon  $\sigma = (1800-2200)$  [MPa].

Radijalno i aksijalno opterećenje ispitivanog ležaja ostvaruje se preko hidrauličkog agregata za opterećenje a merenje stvarnog opterećenja vrši se posredno, merenjem pritiska ulja u hidrauličkom cilindru pomoću davača pritiska koji je preko priključnog panela priključen na sistem za akviziciju podataka.

Pomeranje klizača A (slika 11a) na kojem je smeštena poluga za ostvarivanje radijalnog jednosmernog opterećenja u levi položaj vrši se aktiviranjem razvodnika 4/3 A u njegov levi položaj (razvodnik 4/3 ima 4 priključka i tri stanja kojima se regulišu pomeranja klipa A). Ali ovo nije dovoljan uslov da bi se klip A pomerio u levi položaj. Pri pomeranju klizača A aktivira se i razvodnik 4/2-A3 u levi položaj. Odzračivanje leve strane klipa A vrši se preko prigušnog nepovratnog ventila PV 4. Vraćanje klizača A u početni položaj vrši se aktiviranjem razvodnika 4/3A u desni položaj. Dalje ulje prolazi kroz prigušni nepovratni ventil PV4 čime se dobija pritisak na levoj stani cilindra. Odzračivanje desne strane cilindra vrši se preko prigušnog ventila 1.

Pomeranje klizača B (slika 11a) na kojem se nalazi poluga za opterećivanje ispitivanog ležaja aksijalnom silom u gornji položaj (1) vrši se aktiviranje razvodnika 4/3 B u levi položaj pri čemu se bobija željeni pritisak u donjoj strani cilindra (2). Na ovaj način se dobija aksijalno opterećenje  $F_{a1}$ . Pri ovome dolazi do pada pritiska u gornjoj strani cilindra (1) preko propusnog nepovratnog ventila NV-1B. Aksijalno opterećenje u drugom smeru ( $F_{a2}$ ) se dobija vraćanjem cilindra B u donji položaj (2), aktiviranjem razvodnika 4/3 B u desni položaj. Pražnjenje donje strane cilindra B vrši se preko nepovratnog ventila NV-1B.

Promena smera dejstva aksijalnog opterećenja kao i njegovo trajanje u vremenu je regulisano preko vremenskog releja koji je preko priključnog panela povezan sa sistemom za akviziciju.



Slika 11. Šematski prikaz a) hidraulične instalacija za ostvarivanje spoljašnjeg opterećenja; b) delovanja opterećenja pri ispitivanju

### 3.2 Sistem za akviziciju, obradu i prikazivanje rezultata merenja

Za prikupljanje, obradu i prikazivanje rezultata kod opitnog uređaja za ispitivanje veka integrisanog ležaja točka služi sistem za akviziciju A2 Logger.

Način rada i arhitektura A2 Loggera zasnovana je na principu virtualne instrumentacije. Virtualna instrumentacija podrazumeva gradnju instrumenata za merenje pomoću standardnog PC računara, specijalnih hardverskih komponenti za akviziciju i digitalnu konverziju signala i računarskih programa koji omogućavaju prikupljanje, obradu i prikaz mernih signala na računaru. Ovakva postavka sistema za akviziciju je omogućila objedinjavanje različitih tipova davača u jednu celinu. Takođe je obezbeđeno lako programiranje, reprogramiranje i nadogradnja opitnog uređaja za ispitivanje.

Pri ispitivanju se prate istovremeno na displeju akvizicionog sistema i memorišu u odgovarajuće datoteke na disku sledeći parametri:

- temperatura unutrašnjih prstenova ležaja (ovi prstenovi su fiksni) u dve mernе tačke
- ubrzanje-vibracije unutrašnjeg prstena ležaja u jednoj tački u tri pravca
- broj obrtaja spoljašnjeg prstena ležaja.

Pored prethodno nabrojanog obezbeđeno je i memorisanje:

- Ubrzanja u različitim frekventnim pojasevima
- Automatsko postprocesiranje komponenti uskopojasnog frekvентnog spektra kao i spektra ubrzanja: komponente i umnošci frekvencija oštećenja na spoljnoj stazi, unutrašnjoj stazi, kotrljajnom telu i kavezu
- Automatsko postprocesiranje parametara vremenskih zapisa (sirovi vremenski zapis, pojasno filtrirani vremenski zapisi, autokorelacijske i unakrsno korelacijske funkcije): Peak, Peak-Peak, RMS, Kurtosis

## **4. EKONOMSKI EFEKTI PRIMENE OPITNOG UREĐAJA**

Ekonomski opravdanost primene predloženog opitnog uređaja sa stanovišta participanta se može sumirati kroz sledeće:

- a. stvoreni su preduslova za usavršavanje unutrašnje geometrije integrisanog ležaja točka vozila sa stanovišta veka;
- b. osvajanje novih proizvoda, odnosno razvoj integrisanih ležaja točka nove generacije;
- c. stvaranje preduslova za osvajanje novih tržišta u oblasti autoindustrije , kao i stavljanje na raspolaganje domaćoj autoindustriji savremenih rešenja integrisanih ležaja točka;

## **5. PRIMENLJIVOST OPITNOG UREĐAJA**

***Opis:*** Predloženo tehničko rešenje predstavlja opitni uređaj za eksperimentalno određivanje veka integrisanog ležaja točka vozila. Uređaj je namenjen za ispitivanje ležaja kod kojih je unutrašnji prsten fiksan, a spoljašnji je pokretan. Jedini element uređaja koji je promenljiv i zavisi od veličine ležaja je prirubnica koja se prilagođava prema veličini venca (glavčine) spoljnog prstena ležaja. Opitni uređaj omogućava simuliranje eksploatacionih uslova integrisanog ležaja točka vozila (vožnja na pravom putu 90% u krivinama leva i desna po 5%, odnosno ukupno 10%). Ovaka vremenska zastupljenost opterećenja je proizašla na osnovu odgovarajućih standarda, i može se vrlo lako promeniti na komandnom pultut uređaja. Pri ispitivanju veka integrisanog ležaja točka meri se temperatura unutrašnjih prstenova, vibracije u tri pravca i broj obrtaja za definisane vrednosti radijalnog i aksijalnog opterećenja. Obrada rezultata kao i upravljanje radom opitnog uređaja omogućava računarski sistem. Na ovaj način se omogućava relativno brzo ispitivanje veka integrisanog ležaja točka vozila za uslove koji sa velikom pouzdanošću odgovaraju uslovima eksploatacije, pri čemu je moguće verifikovati svaku modifikaciju unutrašnje geometrije ležaja sa kosim dodirom.

***Tehničke karakteristike:*** Opitni uređaj obezbeđuje ispitivanje veka integrisanog ležaja u eksploatacionim uslovima. Predloženo tehničko rešenje obezbeđuje ispitivanje integrisanog ležaja pri dejstvu radijalnog opterećenja i po definisanom vremenskom dijagramu aksijalnog opterećenja. Uređaj omogućava ispitivanje pri radijalom oprećenju do 10.000 [N], aksijalnom opterećenju do 6.000 [N], i broju obrtaja do 1500 [o/min]. Na osnovu proračunskog modela ležaja, definisanog maksimalnog dozvoljenog napona na stazama prstenova i kotrljajnih tela, uslova eksploatacije svakog konkretnog tipa ležaja može se odrediti očekivano vreme neprekidnog rada uređaja do otkaza ležaja. U konkretnom slučaju to iznosi od 240 do 300 časova, odnosno oko 120.000 [km]. Za određivanje otkaza ležaja, odnosno zaustavljanja ispitivanja se koriste dva kriterijuma: pojava nedozvoljene veličine vibracija i prekomerni porast temperature na unutrašnjem prstenu ispitivanog ležaja. U toku ispitivanja moguće je preko računarskog sistema menjati spoljašnje opterećenje i pratiti stvarne vrednosti ostvarenog opterećenja na ispitivanom ležaju. Na ovaj način omogućeno je određivanje realnog veka integrisanog ležaja u eksploatacionim uslovima.

Radijalno i aksijalno opterećenje ispitivanog ležaja ostvaruje se preko hidrauličkog agregata a merenje stvarnog opterećenja vrši merenjem pritiska ulja u hidrauličkom cilindru pomoću davača pritiska. Vibracije se mere u horizontalnom (radijalnom), uzdužnom (aksijalnom) i vertikalnom pravcu ležaja minijaturnim troaksijalnim davačem ubrzanja. Merenje temperature se ostvaruje preko termoparova koji su izolovani PVC izolacijom, i smeštenih u prethodno izbušene otvore u osovini na koju se postavlja ispitivani ležaj. Na opitnom uređaju se kontinualno pratiti broj obrtaja ležaja. Broj obrtaja se meri laserskim beskontaktnim davačem broja obrtaja. Pri ispitivanju se prate istovremeno na monitoru računarskog sistema i memorišu u odgovarajuće datoteke temperatura,

ubrzanje, broj obrtaja, intenzitet opterećenja. Pored ovoga omogućeno je i automatsko postprocesiranje parametara vremenskih zapisa ubrzanja.

**Usluga sa ciljevima projekta:** Osnovni cilj projekta je istraživanje i razvoj kotrljanih ležajnih sklopova i njihovih komponenti. Prikazano tehničko rešenje u potpunosti omogućava određivanje veka integrisanog ležaja točka vozila u eksploracionim uslovima. Navedeno rešenje predstavlja rezultat predviđen Fazom 7 u okviru realizacije projekta.

## 6. LITERATURA

- [1] Choudhury, A, Tandon, N.: A theoretical model to predict vibration response of rolling bearings to distributed defects under radial load. Trans ASME, J Vibr Acoust 1998; Vol. 120 (1) pp.214-220.
- [2] Kim, P. Y, Lowe, IRG.: A review of rolling element bearing health monitoring. In: Proceedings of Machinery Vibration Monitoring and Analysis Meeting, Vibration Institute, Houston, TX, 19-21, 1983. pp.145-154.
- [3] Kim, P. Y.: A review of rolling element bearing health monitoring (II): Preliminary test results on current technologies. In: Pro-ceedings of Machinery Vibration Monitoring and Analysis Meeting, Vibration Institute, New Orleans, LA, Vol. 26-28, 1984. pp.127-137.
- [4] Mathew, J, Alfredson, R. J.: The condition monitoring of rolling element bearings using vibration analysis. Trans ASME, J Vibr, Acoust, Stress Reliab Design, Vol. 106 1984; pp. 447-453.
- [5] Marsh, E. R., Yantek, D. S.: Experimental measurement of precision bearing dynamic stiffness, Journal of Sound and Vibration, ISSN: 0022-460X, 1997, Vol. 202, Pages 55-66.
- [6] McFadden, P. D, Smith, J. D.: Vibration monitoring of rolling element bearings by the high frequency resonance technique D a review. Tribol Int, Vol. 17, 1984; pp. 3-10.
- [7] Meyer, L. D., Ahlgren, F. F, Weichbrodt, B.: An analytic model for ball bearing vibrations to predict vibration response to distrib-uted defects. Trans ASME, J Mech Design, Vol. 102, 1980, pp. 205-210.
- [8] Sunnersjo, C. S.: Varying compliance vibrations of rolling bearings, Journal of Sound and Vibration Vol. 58, 1978, pp. 58-59
- [9] Tallian, T. E, Gustafsson, O. G.: Progress in rolling bearing vibration research and control. ASLE Trans Vol. 8, 1965, pp. 195-207.
- [10] Tandon, N, Nakra, B. C.: Vibration and acoustic monitoring tech-niques for the detection of defects in rolling element bearings D a review. Shock Vibr Digest, Vol. 24, 1992, pp. 3-11
- [11] Tedric, A. H., Michael, N. K.: Rolling bearing analysis: Advanced Concepts of Bearing Technology, Fifth edition, Taylor & Francis Group, ISBN: 0-8493-7182-X, 2007
- [12] Tedric, A. H., Michael, N. K.: Rolling bearing analysis: Essential Concepts of Bearing Technology, Fifth edition, Taylor & Francis Group, ISBN: 0-8493-7183-X, 2007
- [13] Todić, V., Mijušković, M., Milošević, M., Živković, A.: Prikaz i analiza konstrukcionih rešenja HUB integrisanih ležaja, Zbornik radova, VIII međunarodni stručni skup o dostignućima elektrotehnike, mašinstva i informatike DEMI 2007, Banjaluka, 2007., str 107-114, ISBN 978-99938-39-15-6

- [14] Živković A., Zeljković M., Mijušković M., Borojević Lj.: Matematički model za određivanje deformacija integrisanog ležaja, Zbornik radova - CD ROM, 35. JUPITER konferencija, 31. simpozijum NU-ROBOTI-FTS, 2009, str. 3.21-3.26, ISBN 978-86-7083-666-2
- [15] Živković, A., Zeljković, M. , Borojević, Lj.: Nelinearni matematički model za analizu statičkog ponašanja kugličnih ležajeva, Zbornik radova, 33. Savetovanja proizvodnog mašinstva Srbije sa međunarodnim učešćem, Beograd, 2009., str. 131-134, ISBN 978-86-7083-662-4
- [16] Živković, A., Zeljković, M., Borojević, Lj., Gatalo, R.: Računarom podržan sistem za merenje i prikupljanje podataka pri eksperimentalnom ispitivanju toplotno-elastičnog ponašanja, Zbornik radova na CD ROM-u, Infoteh - Jahorina, Vol. 7, ref. c -8, Jahorina, mart 2008.god., str. 295-299, ISBN 99938-624-2-8,
- [17] Živković, A., Zeljković, M., Mijušković, M., Borojević, Lj.: Eksperimentalno određivanje veka integrisanog ležaja točka, Zbornik radova - CD ROM, 36. JUPITER konferencija, 32. simpozijum NU-ROBOTI-FTS, 2010, str. 3.58-3.62, ISBN 978-86-7083-666-2
- [18] Živković, A., Zeljković, M., Tabaković, S.: Mathematical Model for the Roller Bearing Life Determination, Academic Journal of Manufacturing Engineering, Vol. 8, ISSUE 3/2010, 2010, pp 108-115, ISSN 1583-7904

**Napomena:**

*Rezultati prikazani u ovom tehničkom rešenju su deo rezultata istraživanja na projektu "Istraživanje i razvoj kotrljajnih ležajnih sklopova i njihovih komponenti", evid. broj TR-14048, koji finansira Ministarstvo za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.*



УНИВЕРЗИТЕТ  
У НОВОМ САДУ

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија  
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централна: 021 485 2000  
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763  
Телефон: 021 458-133; e-mail: ftdean@uns.ac.rs



ФАКУЛТЕТ  
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИНТЕГРИСАНИ  
СИСТЕМ  
МЕДИЦИНСКЕ  
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: \_\_\_\_\_

Ваш број: \_\_\_\_\_

Датум: 2011-03-05

## ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 18. редовној седници одржаној дана 02.03.2011. године, донело је следећу одлуку:

-непотребно изостављено-

### Тачка 13. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње

У циљу доношења одлуке о прихвату техничког решења под називом:

### ОПИТНИ УРЕЂАЈ ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ВЕКА ИНТЕГРИСАНОГ ЛЕЖАЈА ТОЧКА

Аутори: mr Александар Живковић, проф. др Милан Зељковић, дипл. инж Милорад Родић, дипл. инж Миливоје Мијушковић, проф. др Љубомир Боројев, доц. др Слободан Табаковић.

именују се рецензенти:

- Проф. др Милош Главоњић, Машински факултет у Београду
- Проф. др Ференц Часњи, Факултет техничких наука у Новом Саду

-непотребно изостављено-

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

Тачност података оверава:  
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник



**Naučno-nastavnom veću Departmana za proizvodno mašinstvo  
i**

**Naučno-nastavnom veću Fakulteta tehničkih nauka Novi Sad**

**Predmet:** Recenzija tehničkog rešenja kategorije **M83** (Novo laboratorijsko postrojenje, novo eksperimentalno postrojenje, novi tehnološki postupak).

**Naziv: OPITNI UREĐAJ ZA ODREĐIVANJE VEKA  
INTEGRISANOG LEŽAJA TOČKA**

**Projekat iz koga proizilazi tehničko rešenje:** **TR – 14048** “Istraživanje i razvoj kotrljajnih ležajnih sklopova i njihovih komponenti”, finansiranog od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije za period 2008 – 2010.

**Nosilac realizacije projekta:** Fakultet tehničkih nauka, Departman za proizvodno mašinstvo, Novi Sad

**Rukovodilac projekta: Prof. dr Milan Zeljković**

**Autori:**

mr Aleksandar Živković

Prof. dr Milan Zeljković

Milorad Rodić, dipl. ing.

Milivoje Mijušković, dipl. ing.

Prof. dr Ljubomir Borojev

Doc. dr Slobodan Tabaković

## **Mišljenje recenzenta**

Tehničko rešenje pod nazivom:

### **OPITNI UREĐAJ ZA ODREĐIVANJE VEGA INTEGRISANOG LEŽAJA TOČKA**

urađeno je u skladu sa zahtevima koji su definisani u *Pravilniku o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučno istraživačkih rezultata – „Službeni Glasnik RS“ 38/2008.* Rešenje je prikazano na 14 strana formata A4, pisanih fontom veličine 12 pt, sa normalnim proredom i sadrži 11 slika i 18 citata korišćene literature.

Sadržaj rešenja prikazan je kroz sledeće celine:

1. OSNOVE I CILJ PREDLOŽENOG TEHNIČKOG REŠENJA
2. PREGLED DOSADAŠNJIH REZULTATA EKSPERIMENTALNIH ISTRAŽIVANJA KOTRLJAJNIH LEŽAJA
3. PRIKAZ OPITNOG UREĐAJA
  - 3.1 Opis konstrukcionog rešenja opitnog uređaja
    - 3.1.1 Merenje vibracija na unutrašnjem prstenu
    - 3.1.2 Merenje temperature na unutrašnjem prstenu
    - 3.1.3 Merenje broja obrtaja
    - 3.1.4 Postupak zadavanja spoljašnjeg opterećenja
  - 3.2 Sistem za akviziciju, obradu i prikazivanje rezultata merenja
4. EKONOMSKI EFEKTI PRIMENE OPITNOG UREĐAJA
5. PRIMENLJIVOST OPITNOG UREĐAJA
6. LITERATURA

U prvom delu opisa rešenja (**Osnove i cilj predloženog rešenja**) ukazano je na hronologiju razvoja uležištenja točka vozila i na prednosti pojedinih tipova integrisanog ležaja točka. Eksperimentalna ispitivanja na opitnim uređajima koje poseduje participant projekta omogućuju ispitivanje ležaja samo pod dejstvom radijalnog oprerećanja, što ukazuje na potrebu razvoja novog rešenja koje će omogućiti i kombinovana opterećenja ležaja.

Kroz deo opisa rešenja (**Prikaz dosadašnjih rezultata eksperimentalnog istraživanja kotrljajnih ležaja**), je dat prikaz dosadašnjih eksperimentalnih istraživanja kotrljajnih ležaja i primena različitih kriterijuma za definisanje veka ležaja. Analiza je potkrepljena citiranjem dvanaest literaturih naslova.

Poglavlje **Prikaz opitnog uređaja** detaljno opisuje konstrukciono rešenje navedenog uređaja, način dovodenja kretanja na spoljni prsten, zadavanje opterećenja na unutrašnji prsten, merenje vibracije, temperature i broja obrtaja ležaja. Posebnu celini čini sistem za akviziciju, obradu i prikazivanje rezultata merenja. Opitni uređaj je koncipiran tako da omogućava ispitivanje veka svih veličina integrisanih ležaja točka kod kojih je spoljni prsten pokretan uz promenu samo jednog elementa uređaja. Promenljiva je prirubnica koja se prilagođava dimenzijama i obliku venca spoljnog prstena. Takođe se zakonitosti zadavanja opterećenja mogu menjati u skladu sa standardima kojima se definiše vek ležaja.

U poglavlju **Ekonomski efekti primene opitnog uređaja**, navedeni su osnovni efekti neposredne i posredne koristi koje se očekuju da će imati participant projekta pri primeni razvijenog opitnog uređaja.

Kroz poglavlje **Primenljivost opitnog uređaja**, dat je sažeti opis razvijenog uređaja, tehničke karakteristike i usklađenost rešenja sa ciljevima projekta.

Tehničko rešenje pod nazivom "*Opitni uređaj za određivanje veka integrisanog ležaja točka*", realizovano kao rezultat projekta **TR – 14048 "Istraživanje i razvoj kotrljajnih ležajnih sklopova i njihovih komponenti"**, predstavlja novo eksperimentalno postrojenje koncipirano primenom savremennih davača, sistema za akviziciju podataka, automatskog memorisanja rezultata i zaustavljanja po dostizanju graničnih vrednosti definisanih mernih parametara. Zato sa zadovoljstvom predlažem Naučno-nastavnom veću Departmana za proizvodno mašinstvo i Nastavno-naučnom veću Fakulteta tehničkih nauka da isto prihvati kao novo tehničko rešenje.

U Beogradu,  
28. 03. 2010. godine

RECENTZENT:



Prof. Dr Miloš Glavonjić

Univerzitet u Beogradu, Mašinski fakultet

**Naučno-nastavnom veću Departmana za proizvodno mašinstvo**

**i**

**Naučno-nastavnom veću Fakulteta tehničkih nauka Novi Sad**

**Predmet:** Recenzija tehničkog rešenja kategorije M83 (Novo laboratorijsko postrojenje, novo eksperimentalno postrojenje, novi tehnološki postupak).

**Naziv: OPITNI UREĐAJ ZA ODREDIVANJE VEKA  
INTEGRISANOG LEŽAJA TOČKA**

**Projekat iz koga proizilazi tehničko rešenje:** "Istraživanje i razvoj kotrljajnih ležajnih sklopova i njihovih komponenti", evidencijski broj TR – 14048, finansiranog od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije za period 2008 – 2010.

**Nosilac realizacije projekta:** Fakultet tehničkih nauka, Departman za proizvodno mašinstvo, Novi Sad

**Rukovodilac projekta: Prof. dr Milan Zeljković**

**Autori:**

mr Aleksandar Živković

Prof. dr Milan Zeljković

Milorad Rodić, dipl. ing.

Milivoje Mijušković, dipl. ing.

Prof. dr Ljubomir Borojević

Doc. dr Slobodan Tabaković

**Mišljenje recenzenta**

**Tehničko rešenje:**

**OPITNI UREĐAJ ZA ODREDIVANJE VEKA  
INTEGRISANOG LEŽAJA TOČKA**

je urađeno u skladu sa zahtevima koji su definisani u Pravilniku o postupku i načinu vrednovanja i kvantitativnom iskazivanju naučno istraživačkih rezultata – „Službeni glasnik RS“ 38/2008. Rešenje je prikazano na 14 strane, sadrži 11 slika i 18 literaturnih naslova.

U prvom delu opisa rešenja (Osnove i cilj predloženog tehničkog rešenja) ukazano je na hronološki razvoj integrisanih ležaja točka vozila i prednosti ovih rešenja.

Drugu celinu čini prikaz dosadašnjih eksperimentalnih istraživanja kotrljajnih ležaja i primena različitih kriterijuma za definisanje veka ležaja.

U poglavlju **Prikaz opitnog uređaja** detaljno je opisano konstrukcionalno rešenje navedenog uređaja, način dovođenja kretanja na spoljni prsten, zadavanje opterećenja na unutrašnji prsten, merenje vibracija, temperature i broja obrtaja ležaja. Posenbu celini čini sistem za akviziciju, obradu i prikazivanje rezultata merenja. Opitni uređaj je koncipiran tako da omogućava ispitivanje veka svih veličina integrisanih ležaja točka kod kojih je spoljni prsten pokretan uz promenu samo jednog elementa uređaja. Promenljiva je prirubnica koja se prilagođava dimenzijama i obliku venca spoljnog prstena. Takođe se zakonitosti zadavanja opterećenja mogu menjati u skladu sa standardima kojima se definiše vek ležaja.

U poglavlju **Ekonomski efekti primene opitnog uređaja**, navedeni su osnovni efekti neposredne i posredne koristi koju će imati participant projekta pri eksploataciji istog.

Kroz poglavlje **Primenljivost opitnog uređaja**, prikazan je sažeti opis razvijenog uređaja, tehničke karakteristike i usklađenost rešenja sa ciljevima projekta.

Tehničko rešenje "Opitni uređaj za određivanje veka integrisanog ležaja točka" predstavlja novo eksperimentalno postrojenje za ispitivanje veka ležaja te ga stoga preporučujem Naučno-nastavnom veću Departmana za proizvodno mašinstvo i Naučno - nastavnom veću Fakulteta tehničkih nauka da ga prihvati.

Novi Sad, 28.03.2011. god.

**RECENZENT:**

Dr Ferenc Časnij, redovni profesor  
Fakultet tehničkih nauka Novi Sad





УНИВЕРЗИТЕТ  
У НОВОМ САДУ

Трг Доситеја Обрадовића 6, 21000 Нови Сад, Република Србија  
Деканат: 021 6350-413; 021 450-810; Централа: 021 485 2000  
Рачуноводство: 021 458-220; Студентска служба: 021 6350-763  
Телефакс: 021 458-133; e-mail: ftndean@uns.ac.rs



ФАКУЛТЕТ  
ТЕХНИЧКИХ НАУКА

ИНТЕГРИСАНИ  
СИСТЕМ  
МЕДАЦИМЕНТА  
СЕРТИФИКОВАН ОД:



Наш број: 01.сл

Ваш број:

Датум: 2011-03-31

## ИЗВОД ИЗ ЗАПИСНИКА

Наставно-научног већа Факултета техничких наука у Новом Саду, на 19. редовној седници одржаној дана 30.03.2011. године, донело је следећу одлуку:

*-непотребно изостављено-*

### **ТАЧКА 14. Питања научноистраживачког рада и међународне сарадње**

Одлука

На основу извештаја рецензената прихвата се техничко решење категорије M83 ("Ново лабораторијско постројење, ново експериментално постројење, нови технолошки поступак") под називом

### **ОПИТНИ УРЕЂАЈ ЗА ОДРЕЂИВАЊЕ ВЕКА ИНТЕГРИСАНОГ ЛЕЖАЈА ТОЧКА**

Аутори: mr Александар Живковић, проф. др Милан Зељковић, дипл. инж Милорад Родић, дипл. инж Миливоје Мијушковић, проф. др Љубомир Боројев, доц. др Слободан Табаковић.

Ово техничко решење је резултат пројекта по јавном позиву Министарства за науку и технолошки развој ТР 14048 "Истраживање и развој котрљајних лежајних склопова и њихових компоненти".

*непотребно изостављено-*

Записник водила:

Јасмина Димић, дипл. правник

2 Тачност података оверава:  
Секретар

Иван Нешковић, дипл. правник

