

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/360642580>

MJERENJE OBRTNOG MOMENTA NA KARDANOVOM VRATILU UGRAĐENOM U TERETNO MOTORNO VOZILO MEASUREMENT OF TORQUE ON THE CARDAN SHAFT EMBEDDED IN THE FREIGHT VEHICLE

Conference Paper · May 2022

CITATIONS

0

READS

59

4 authors, including:



Miroslav Milutinovic

University of East Sarajevo

22 PUBLICATIONS 97 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Aleksija Djuric

University of East Sarajevo

16 PUBLICATIONS 40 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



Nikola Vucetic

University of East Sarajevo

17 PUBLICATIONS 30 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



MJERENJE OBRITNOG MOMENTA NA KARDANOVOM VRATILU UGRAĐENOM U TERETNO MOTORNO VOZILO

Miroslav Milutinović¹, Aleksija Đurić², Spasoje Trifković³, Nikola Vučetić⁴

Sažetak: Za analize, razvoj ili usavršavanje postojeće konstrukcije pogonskog agregata ili mjenjačkog prenosnika potrebno je prije svega poznavanje opterećenja koje nastaju u toku eksploatacije. U radu je predstavljen način mjerenja opterećenja (obrotnog momenta), na kardanovom vratilu ugrađenom u teretno motorno vozilo, primjenom mjernih traka. Cilj rada je utvrđivanje varijacija obrtnog momenta zavisno od uslova eksploatacije (podloge puta, stepeni prenosa, opterećenja vozila, i dr.). Mjerenje je izvršeno za različite putne karakterisitke (kretanje vozila po ravnom terenu, uz i niz nagib). Rezultati su predstavljeni tabelarno i pomoću dijagrama, a na osnovu dobijenih vrijednosti obrtnog momenta izračunato je procentualno iskorišćenje snage pogonskog agregata ugrađenog u predmetno vozilo. Dobijeni rezultati imaju značajnu ulogu za konstruktore jer daje sveobuhvatnost opterećenja na kardanovom vratilu, a koji predstavljaju podlogu za budući razvoj ili rekonstrukciju pogonskog agregata ili mjenjačkog prenosnika, te osnovu za formiranje spektara opterećenja zupčanika i ležaja ugrađenih u mjenjački prenosnik.

Ključne riječi: obrtni moment, kardanovo vratilo, mjerne trake, teretno vozilo

MEASUREMENT OF TORQUE ON THE CARDAN SHAFT EMBEDDED IN THE FREIGHT VEHICLE

Abstract: Before analysis, development or improvement of existing structure of drive unit or gearboxes, the load that appearing in exploitation must be known. This paper presents a method of load (torque) measurement, on the cardan shaft embedded in the freight vehicle, using strain gauges. The aim of the study is to determine torque variation depending on the exploitation conditions (road surface, speed transmission, vehicle load, etc). The measurement was performed for different road characteristics (vehicle movement on flat terrain, up and down the slope). Results are presented using tables and diagrams, and percentage utilization of the power drive unit, embedded into freight vehicle, was calculated based on obtained values of torque. Obtained results have an important role for designers because they give a general insight in the load on the cardan shaft, which represent the basis for future development or redesign of

¹ Dr Miroslav Milutinović, Istočno Sarajevo, Mašinski fakultet Istočno Sarajevo, m.milutinovic82@gmail.com

² Aleksija Đurić, Istočno Sarajevo, Mašinski fakultet Istočno Sarajevo, aleksijadjuric@gmail.com

³ Spasoje Trifković, Istočno Sarajevo, Mašinski fakultet Istočno Sarajevo, trifkovic_s@yahoo.com

⁴ Nikola Vučetić, Istočno Sarajevo, Mašinski fakultet Istočno Sarajevo, vuceticnikola@yahoo.com

power unit or gearboxes and basis for forming of specter of gear load and bearing embedded into gearbox.

Key words: torque, cardan shaft, strain gauges, freight vehicle

1. UVOD

Eksperimentalna i naučna istraživanja koja prethode razvoju ili rekonstruisanju prenosnika veoma su značajna sa aspekta unapređenja i upotpunjavanja postojećih rezultata, sa ciljem postizanja robustnosti konstrukcije. Istraživanja se mogu sprovoditi neposredno prije samog procesa razvoja odnosno rekonstruisanja proizvoda, a mogu biti izvršena nezavisno pa kasnije po potrebi iskorišćena za rekonstruisanje. Jedno takvo istraživanje eksperimentalnog karaktera, obrađeno je u ovom radu, a odnosi se na mjerenje obrtnog momenta na kardanovom vratilu teretnog vozila pomoću mjernih traka.

Mjerenje obrtnog momenta eksperimentalnim metodama kod vozila može se vršiti na bazi mjerenja brzine kretanje samog vozila [1], te pomoću senzora ugrađenog u motor bez promjene strukture prilikom montaže [2]. U cilju definisanja načina mjerenja obrtnog momenta koji ostvaruju sinhroni motori, ističu se dvije različite metode [3].

Pored ispitivanja na motorima, mjerenja obrtnih momenata se obavljaju i na manuelnim mjenjačkim prenosnicima [4] i samim vratilima vozila [5, 6]. Mjerne trake se vrlo često primjenjuju za mjerenje obrtnog momenta na vratilima i veoma su pogodne za tu upotrebu. One se lijepe na odgovarajuća mjesta na vratilu tako da se može izmjeriti odgovarajući napon. Izmjerena veličina se prenosi do senzorskog kola gdje se upoređuje sa podacima kalibracije i na osnovu čega se proračunavaju vrijednosti obrtnih momenata. Mjerne trake su povezane u Vitstonov most u cilju dobijanja tačnih rezultata obrtnih momenata [6]. Rad je i nastavak istraživanja započetog u radovima [7] i [8], kroz koje je razvijan model, a koji su temelj za analizu i mjenjača prenosnika.

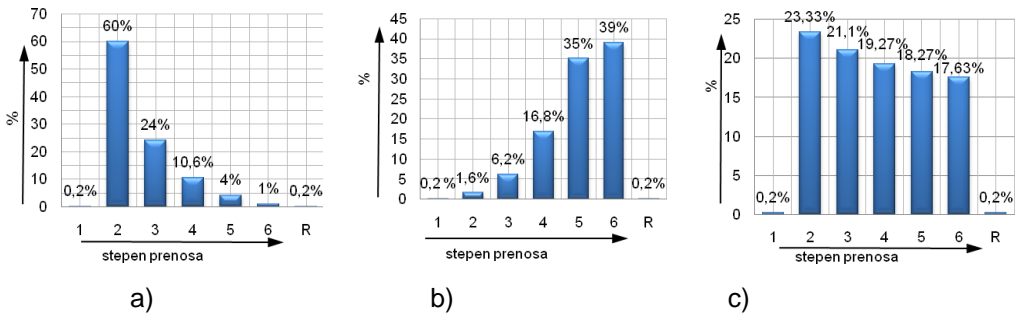
Teretna vozila su neizbježna za primjenu u gotovo svim krajevima svijeta. Ovaj transport decenijama je na usluzi brojnim preduzećima, a pogotovo onim u brdsko-planinskim i šumom bogatim krajevima. Prilikom vožnje teretnog motornog vozila pri različitim uslovima, vozač motornog vozila ima veoma važnu ulogu u čitavom tom procesu. Od njegovih sposobnosti zavisi i način na koji će on vršiti upravljanje motornim vozilom, a samim tim i korišćenje određenih stepeni prenosa. Treba napomenuti da pri istim putnim karakteristikama vožnja motornim vozilom ne mora biti ista.

2. ANALIZA USLOVA RADA I NAČINA MJERENJA OBRJNIH MOMENATA

Eksploatacia teretnih motornih vozila ostvaruje se pri različitim uslovima rada. Tokom eksploatacije variraju putne karakteristike, varira opterećenje, a veliku ulogu imaju i korisnici teretnih motornih vozila. Da bih se ustanovilo kolike se promjene obrtnog momenta javljaju pri različitim uslovima vožnje i pri različitim stepenima prenosa, izvršeno je mjerenje obrtnog momenta na kardanovom vratilu koje je ugrađeno u teretno motorno vozilo marke FAP 1620.

Kako se teretna motorna vozila eksploatišu pri različitim putnim karakteristikama, to je ispitivanje izvršeno pri vožnji vozila po ravnom terenu kao reprezentu ravničarskih terena, uz i niz nagib kao reprezentu planinskih uslova sa

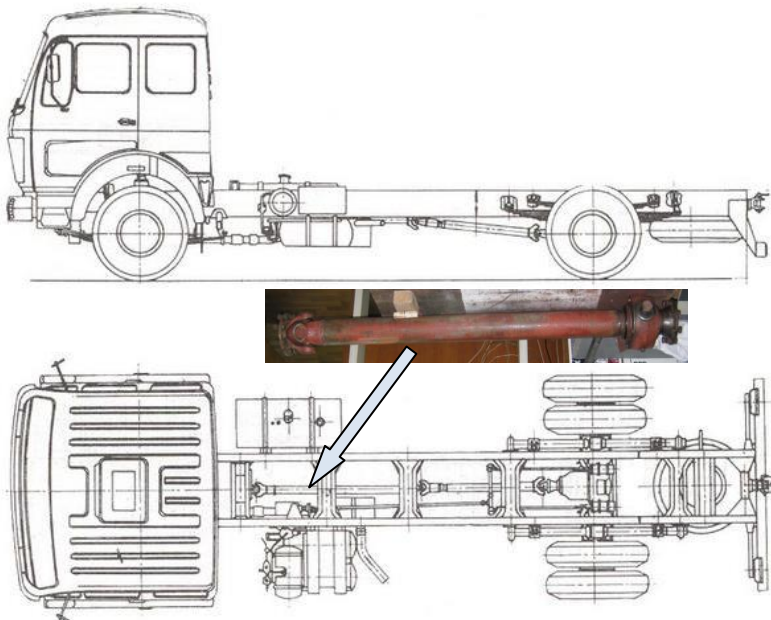
nagibom, pri korišćenju odgovarajućih stepeni prenosa. Za data ispitivanja metodom intervjua dobijena su procentualna učešća stepeni prenosa (slika 1).



Slika 1. Učešće stepeni prenosa za:
a) za planinske uslove vožnje
b) za ravničarske uslove vožnje
c) za kombinovane uslove vožnje

Analizirajući dijagrame procentualnog učešća stepeni prenosa za teretna vozila, može se potvrditi pretpostavka da se pri vožnji planinskim terenima više koriste niži stepeni prenosa, dok se pri vožnji ravničarskim terenima više koriste viši stepeni prenosa.

U predmetno vozilo (Slika 2) ugrađen je šestostepeni mjenajčki prenosnik 6MS-80 i FAMOS-ov motor. Vozilo ima na sebi nadogradnju za prevoz šumske građe, kao i dizalicu za utovar.



Slika 2. Vozilo za mjerenje obrtnog momenta marke FAP 1620 [9]

Osnovne karakteristike motora i mjenjačkog prenosiča ugrađenih u predmetno teretno motorno vozilo su:

motor:

- Tip: FAMOS 2F 131 B,
- Snaga: $147 \text{ kW}/2200 \text{ min}^{-1}$
- Moment: $668 \text{ Nm}/1400\text{-}1600 \text{ min}^{-1}$

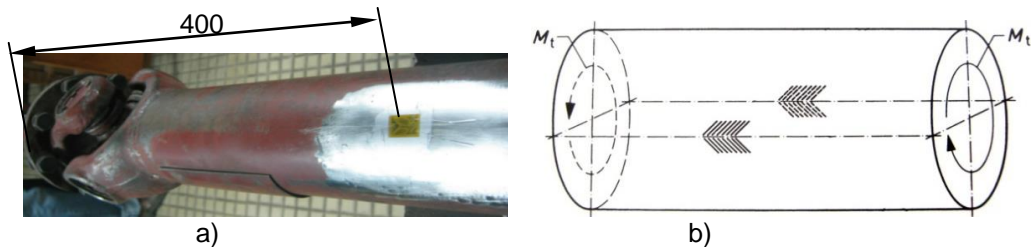
mjenjački prenosnik:

- Tip: FAMOS 6MS-80,
- Konstrukcija: *sinhronizovani sa 6 stepeni prenosa*,
- Prenosni odnos: 6,7; 3,86; 2,34; 1,44; 1,00; 0,73 hod unazad 6,31.

Na osnovu detaljne analize i sagledavanja mogućnosti realizaciji mjerenja obrtnog momenta za sve stepene prenosa za reprezentativne uslove vožnje, utvrđeno je najpogodnije mjesto na kardanovom vratilu. Imajući u vidu da se od mjenjačkog prenosiča do pogonske osovine obrtni moment prenosi preko dva kardanova vratila, od kojih je jedno direktno vezano na izlaz mjenjačkog prenosiča dok je na drugoj strani oslonjeno na ležaj, čija je dužina fiksna, a drugo vratilo je teleskopsko i ono se povezuje na prvi kardan a drugim krajem za diferencijalni prenosnik. Iz razloga jednostavnijeg i lakšeg postavljanje mjernih uređaja na prvo vratilo, to je i mjerenje vršeno na njemu. Mjerenje je izvršeno na taj način što su na pomenuto vratilo zalijepljene mjerne trake na rastojanju od 400 mm od početka kardanovog vratila, odnosno od strane mjenjačkog prenosiča (Slika 3.a).

Tenzometri (mjerne trake) su najpogodniji za ovu svrhu, tako da su na kardanovo vratilo zalijepljene dvije mjerne trake u obliku riblje kosti pod uglom od 180° (Slika 3.b). Karakteristike korišćenih mjernih traka su:

- kompenzacija $\alpha = 11 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{K}$,
- otpornost $120,0 \pm 0,2\%$,
- k-faktor $2,05 \pm 1,0\%$,
- temperaturni koeficijent trake $95 \cdot 10^{-6} / ^\circ\text{K}$.



Slika 3. Mjesto lijepljenja mjernih traka: a) zalijepljena traka na vratilo; b) šematski prikaz lijepljenja traka

Zalijepljene mjerne trake su povezane u Vitstonov most i odgovarajuće konektore na koje se nadovezuje uređaj za beskontaktni prenos podataka.

Na slici 4 dat je šematski prikaz načina povezivanja mjernih traka sa konektorima.



Slika 4. Šematski prikaz povezivanja traka

Kao podrška pri mjerenju obrtnih momenata korišćen je komunikacioni modul RN41 (bluetooth). Veza između komunikacionog modula RN41 i mjernih traka izvršena je pomoću PIC 16 F 887 koji vrši transformaciju mjernih veličina sa mjernih traka u signal pogodan za beskontaktni prenos do prijemnika. Odašiljani signali pomoću odgovarajućeg uređaja (bluetooth za računar) snimani su na računaru, a zatim u odgovarajućem obliku prikazivani i snimani. Pomoću računara vršeno je praćenje određenih promjena koje se dešavaju na vratilu, a kao osnova za vizuelni prikaz i snimanje podataka poslužila je softverska forma DataLogger II v7.0 na kojoj je izvršeno reprogramiranje i prilagođavanje za mjerenja obrtnih momenata. Prije početka svakog mjerenja vršeno je unošenje vrijednosti kompenzacije kako bi se izbjegle moguće temperaturne promjene.

Maksimalni teorijski izlazni obrtni moment iz mjenjačkog prenosnika je manji od 6000 Nm, pa je izvršena kalibracija tako da su maksimalne vrijednosti koje bi se mogle pojaviti na izlazu iz mjenjačkog prenosnika postavljene na datu vrijednost. Pored toga skala na kojoj je podešen opseg pokazivanja je podijeljena na dva dijela, tako da jedan dio skale pokazuje pozitivne vrijednosti za kretanje teretnog motornog vozila naprijed, dok je drugi dio skale podešen na taj način da se prikazuju i zapisuju negativne vrijednosti za kretanje vozila unazad.

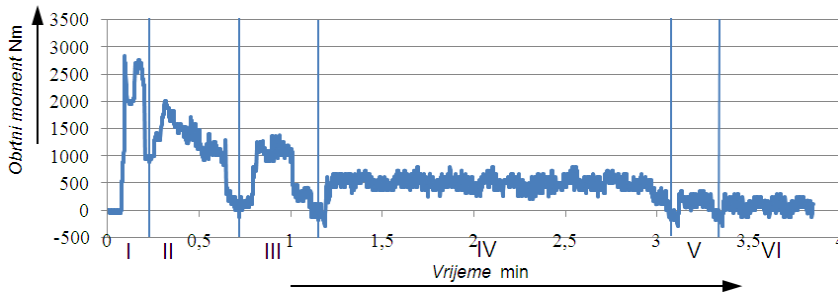
3. MJERENJE OBRTRNOG MOMENTA

Na osnovu dobijenog procentualnog učešća stepeni prenosa i postavljenih mjernih uređaja na kardanovo vratilo, izvršena su mjerenja obrtnih momenata za neopterećeno i opterećeno vozilo za odgovajuće reprezente.

Kretanje neopterećenog vozila po ravnom terenu

Prilikom ispitivanja teretnog motornog vozila po ravnom terenu, kao reprezentu za ravničarske uslove vožnje, korišćeni su svi stepeni prenosa. Iz stanja mirovanja pokrenuto je vozilo prvim stepenom prenosa pri čemu je izmjerena vrijednost maksimalnog obrtnog momenta u iznosu od 2820 Nm (slika 5). Na dijagramu izmjenjenog obrtnog momenta, nagle promjene intenziteta izmjenjenih vrijednosti pokazuju trenutke prebacivanja iz jednog stepena prenosa u drugi. Dijagram, takođe, pokazuje da se sa povećanjem stepena prenosa smanjuje vrijednost izmjenjenog obrtnog momenta. Vrijednosti obrtnog momenta na kardanovom vratilu izmjerene su u uslovima vožnje neopterećenog teretnog motornog vozila pri normalnim uslovima vožnje (bez preopterećenja). Sa dijagrama (slika 5) može se vidjeti da se pri dužoj

vožnji jednim stepenom prenosa mogu pojavljivati više puta maksimalni obrtni momenti, što pokazuje stohastičnost uslova vožnje.



Slika 5. Dijagram izmjerenih obrtnih momenata pri vožnji neopterećenog teretnog motornog vozila korišćenjem svih stepeni prenosa po ravnom terenu

Na osnovu izmjerenih rezultata može se vidjeti da se najveća snaga motora koristi u pri vožnji četvrtim stepenom prenosa oko 83%, dok je najmanje iskorišćenje snage motora pri korišćenju šestog stepena prenosa (tabela 1). Vrijednosti maksimalnog obrtnog momenta za sve stepene prenosa kao i procenatualno iskorišćenje snage motora pri vožnji neopterećenog teretnog motornog vozila korišćenjem svih stepeni prenosa po ravnom terenu date su u tabeli 1.

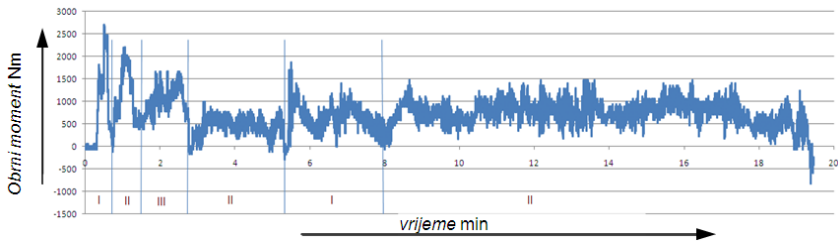
Tabela 1. Vrijednosti maksimalnih obrtnih momenata i procenat iskorišćenja snage pri korišćenju svih stepeni prenosa za vožnju neopterećenog teretnog motornog vozila po ravnom terenu

Stepen prenosa	Maksimalni obrtni moment na Kardanovom vratilu u Nm	Iskorišćenje snage motora u %
Prvi stepen prenosa	2820	62,93
Drugi stepen prenosa	1940	75,15
Treći stepen prenosa	1250	82,95
Četvrti stepen prenosa	770	83,08
Peti stepen prenosa	351	54,83
Šesti stepen prenosa	292	53,25

Pri prebacivanju iz jednog u drugi stepen prenosa vidi se jasan pad obrtnog momenta iz razloga što u tom trenutku zbog inercije vozila više se ne javlja obrtni moment od strane mjenjača nego od strane pogonske osovine.

Kretanje neopterećenog vozila uz nagib

Pri kretanju vozila uz nagib treba napomenuti da se koriste samo tri stepena prenosa, za koje su rezultati mjerenja prikazani na slici 6. Pri korišćenju drugog stepena prenosa izmjerene su različite veličine obrtnog momenta. Varijacije momenta u drugom dijelu na dijagramu (slika 6) su reprezentni vožnje uz nagib po neravnim terenima. Maksimalna vrijednost izmjenjenog obrtnog momenta iznosi 2800Nm, a dobijena je pri korišćenju prvog stepena prenosa.



Slika 6. Dijagram izmjerenih obrtnih momenata pri vožnji neopterećenog teretnog motornog vozila uz nagib

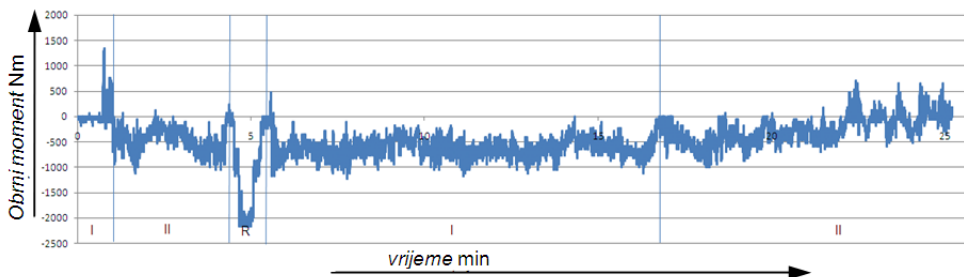
Tabela 2. Vrijednosti maksimalnih obrtnih momenata i procenat iskorišćenja snage pri vožnji neopterećenog teretnog motornog vozila uz nagib

Stepen prenosa	Maksimalni obrtni moment na Kardanovom vratilu u Nm	Iskorišćenje snage motora u %
Prvi stepen prenosa	2800	63,56
Drugi stepen prenosa	2200	85,22
Treći stepen prenosa	1609	87,33
Drugi stepen prenosa	995	38,54
Prvi stepen prenosa	1870	42,45
Drugi stepen prenosa	1450	56,17

Na osnovu rezultata može se vidjeti da se koristi najveća snaga motora u pri korišćenju trećeg stepena prenosa oko 87,33%, dok je najmanje iskorišćenje snage motora pri korišćenju drugog stepena prenosa (tabela 2). Vrijednosti maksimalnog obrtnog momenta za prva tri stepena prenosa, kao i procenatualno iskorišćenje snage motora pri vožnji neopterećenog teretnog motornog vozila uz nagib date su u tabeli 2.

Kretanje neopterećenog vozila niz nagib

Kada se vozilo kreće niz nagib inercijalne sile od tereta kamiona pokušavaju ubrzati vozilo, pa iz tih razloga kardanovo vratilo trpi opterećenja suprotna od onih kada je pogon od strane motora, odnosno od onih kada se vozilo kreće uz nagib. U ovom slučaju se javljaju opterećenja slična onim kada je u funkciji stepen prenosa za vožnju unazad. Na slici 7 prikazani je dijagram rezultata mjerenja obrtnog momenta za dva stepena prenosa i stepen prenosa za kretanje unazad.



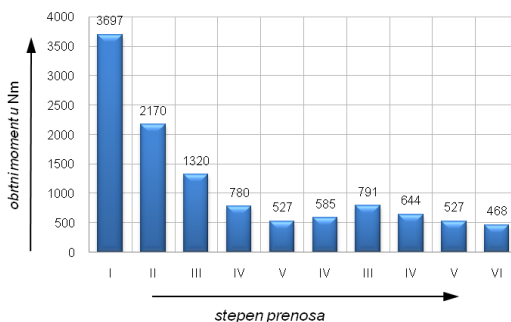
Slika 7. Dijagram izmjerenih obrtnih momenata pri vožnji neopterećenog teretnog motornog vozila niz nagib

Na dionici puta na kojoj je izmjeren obrtni moment pri kretanju vozila niz nagib drugim stepenom prenosa izmjeren je i obrtni moment pri vožnji unazad. Pri korišćenju stepena prenosa za vožnju unazad izmjeren je maksimalni obrtni moment na Kardanovom vratilu od 2170 Nm, tako da je u tom trenutku bilo i najveće iskorišćenje snage motora (tabela 3).

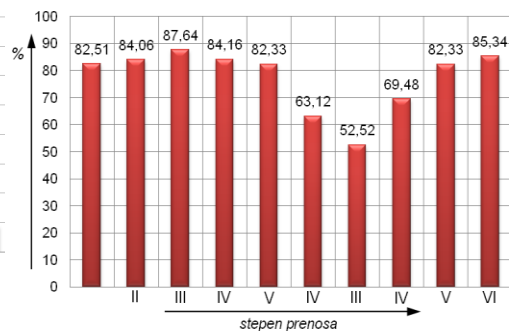
Tabela 3. Vrijednosti maksimalnih obrtnih momenta i procenat iskorišćenja snage pri vožnji neopterećenog teretnog motornog vozila niz nagib

Stepen prenosa	Maksimalni obrtni moment na Kardanovom vratilu u Nm	Iskorišćenje snage motora u %
Prvi stepen prenosa	1346	30,55
Drugi stepen prenosa	-1053	41,50
Stepen prenosa za vožnju unazad	-2170	47,99
Prvi stepen prenosa	-1170	26,33
Drugi stepen prenosa	-995	38,54

Na identičan način i pri istim putnim karakteristikama izvršeno je mjerenje obrtnog momenta za opterećeno teretno motorno vozilo čija je masa iznosila 15980 kg. Pri kretanju opterećenog teretnog motornog vozila po ravnom terenu dobijen je dijagram maksimalnih izmjerenih obrtnih momenata (slika 8) sa procentualnim iskorišćenjem snage motora (slika 9) za odgovarajuće stepene prenosa. Osim toga izmjerene vrijednosti nisu uvek iste i variraju u zavisnosti od uslova vožnje. Pri ponavljanju mjerenja (promjeni stepena prenosa) dobijane su drugačije vrijednosti pri korišćenju određenog stepena prenosa što ukazuje na stohastičnost veličine obrtnog momenta. Izmjerene vrijednosti su samo pokazatelj stanja za reprezentativne radne uslove. Prilikom kretanja opterećenog teretnog motornog vozila prvim stepenom prenosa po ravnom terenu izmjeren je veći obrtni moment za preko 870 Nm, odnosno za preko 23% veće iskorišćenje snage u odnosu na kretanje neopterećenog vozila. Pri korišćenju trećeg stepena prenosa, kao stepena prenosa sa najvećim iskorišćenjem pri vožnji neopterećenog vozila, veće je iskorišćenje snage za preko 5%.

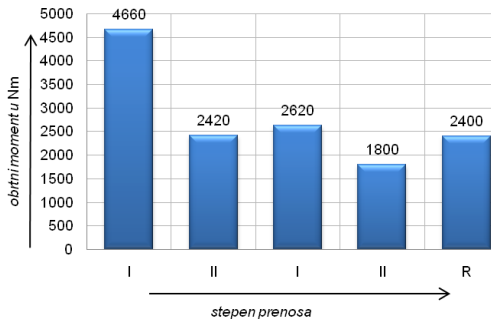


Slika 8. Dijagram maksimalnih izmjerenih obrtnih momenata pri vožnji opterećenog vozila po ravnom terenu

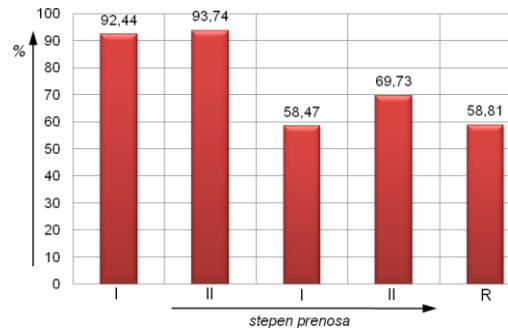


Slika 9. Procentualno iskorišćenje snage pri vožnji opterećenog vozila po ravnom terenu

Prilikom kretanja opterećenog teretnog motornog vozila prvim stepenom prenosa uz nagib izmjereno je obrtni moment od 4660 Nm, odnosno za 1860 Nm više nego pri vožnji neopterećenog vozila (slika 10). Iskorišćenje snage prilikom kretanja vozila uz nagib prvim stepenom prenosa iznosi preko 92% (slika 11), a samim tim i iskorišćenje snage je za preko 30% veće u odnosu na kretanje neopterećenog vozila. Pri korišćenju drugog stepena prenosa veće je iskorišćenje snage za preko 9%, odnosno obrtni moment je za preko 200 Nm veći u drugom slučaju.

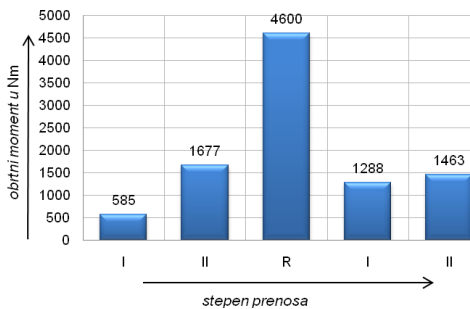


Slika 10. Dijagram maksimalnih izmjerenih obrtnih momenata pri vožnji opterećenog vozila uz nagib

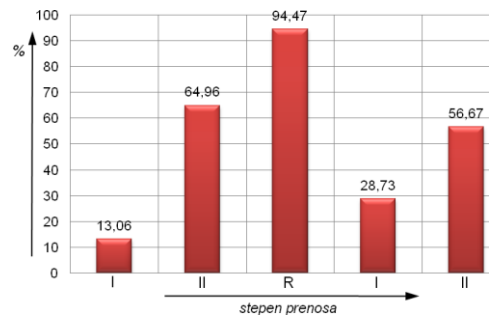


Slika 11. Procentualno iskorišćenje snage pri vožnji opterećenog vozila uz nagib

U slučaju kretanja teretnog motornog vozila niz nagib najveći obrtni moment se javlja pri kretanju vozila unazad. Najveća vrijednost izmjerenog obrtnog momenta pri korišćenju stepena prenosa za vožnju unazad jeste 4600 Nm (slika 12), što je za 2430 Nm više nego pri vožnji neopterećenog vozila. Takvo povećanje obrtnog momenta rezultira i povećanjem iskorišćenja snage pogonskog agregata za preko 49%. Naime, za kretanje opterećenog teretnog motornog vozila uz nagib u odnosu na neopterećeno pri korišćenju stepena prenosa za vožnju unazad potrebna je skoro duplo veća snaga. Makimalno iskorišćenje snage postignuto je pri korišćenju stepena prenosa unazad sa preko 94% (slika 13).



Slika 12. Dijagram maksimalnih izmjerenih obrtnih momenata pri vožnji opterećenog vozila niz nagib



Slika 13. Procentualno iskorišćenje snage pri vožnji opterećenog vozila niz nagib

4. ZAKLJUČAK

Za analize, razvoj ili usavršavanje postojeće konstrukcije pogonskog agregata ili mjenjačkog prenosioca potrebno je prije svega poznavanje opterećenja koje nastaju u toku eksploatacije. U radu je predstavljen jedan od načina mjerenja obrtnih momenata koji se javljaju na kardanovom vratilu u toku eksploatacije, kao i način postavljanja mjernih traka na vratilo. Takođe, dat je i jedan od načina mogućih beskontaktnih prenosa izmjerenih vrijednosti. Izmjerene su vrijednosti obrtnih momenata za različite reprezentе, odnosno za reprezentе planinskih i ravničarskih uslova vožnje, kao i kombinovane uslove vožnje na osnovu kojih se mogu vidjeti i različite vrijednosti opterećenja za iste stepene prenosa. Male razlike koje se javljaju posljedica su promjene putnih karakteristika (podloge, itd). Opšti zaključak da će obrtni moment biti veći za opterećeno vozilo, za iste putne karakteristike, bio je očekivan, ali kolika je njegova vrijednost i u kojim slučajevima će doći do povećanja, kako se mijenja procenat iskorištenja snage motora nije se moglo stvarno znati. U radu su data i procentualna iskorišćenja snage motora pri vožnji određenim stepenom prenosa za opterećeno i neopterećeno vozilo za iste putne karakteristike. Takođe su izračunati procenti iskorišćenja snage opterećenog u odnosu na neopterećeno vozilo. Moguće je očekivati slično ponašanje obrtnog momenta na kardanovom vratilu i za druga teretna vozila slične namjene. Shodno prethodno navedenom može se reći, da su rezultati iz ovog rada značajni za konstruktore i inženjere koji se bave razvojem, analizom i rekonstruisanjem pogonskih agregata, mjenjačkih prenosioca, kardanovih vratila, itd. za teretna motorna vozila. Takođe, rezultati su podloga za formiranje spektara opterećenja zupčanika i ležaja mjenjačkog prenosioca, kao i mogućnosti simulacije realnih uslova rada u laboratorijskim uslovima za odgovarajuća ispitivanja.

LITERATURA

- [1] Hong M, Ouyang M., Shen (2011): Torque-based optimal vehicle speed control, International Journal of Automotive Technology 12(1), pp. 45-49
- [2] Minehane S, Duane R, O'Sullivan P et al (2000): Design for reliability. Microelectron Reliab 40, pp. 1285–1294
- [3] Pfister P. D., Perriard Y. (2008): Torque Measurement Methods for Very High Speed Synchronous Motors, International Conference on Electrical Machines, 978-1-4244-1736-0/08, pp.1-5
- [4] Irimescu A, Mihon L, Pădure G, (2011): Automotive transmission efficiency measurement using a chassis dynamometer, International Journal of Automotive Technology 12(4), 555-559
- [5] White R., Kilworth T.: Torque measurement method and apparatus, 2012-08-23, Patent application number: 20120210767
- [6] Vernon A.: Method and apparatus for measuring torque, 11.05.2000, publication number WO/2000/026625
- [7] Milutinović, M., Ognjanović, M. (2009): Failure probability of gear drives components and reliable fatigue life estimation, - Proceedings of the 3rd International Conference on Power Transmission '09, Kallithea, Greece, 1-2 October 2009, pp 285-290.
- [8] Ognjanovic M., Milutinovic M. (2010): Careing capacity model of automative gearboxes based on reliability as design constraint, International Conference on Gears, October 2010, Munich, Germany, 1377-1380
- [9] FAP- Fabrika Automobila Priboj, tehničko prodajna knjiga, V izdanje, Priboj, Mart 1996.