

ISPITIVANJE KARAKTERISTIKA MOTORA S UNUTRAŠNJIM SAGORIJEVANJEM

SAŽETAK: U svrhu određivanja karakteristika motora, pod pojmom motorna kočnica (dinamometar) se podrazumijeva uređaj koji služi za mjerenje snage i obrtnog momenta motora s unutrašnjim sagorijevanjem. Ovaj uređaj se koristi da se simulira putno opterećenje motora. Vanjskom karakteristikom agregata obuhvaćeni su svi njegovi najvažniji parametri, tj. ona predstavlja oblik dobijene mehaničke energije koja je stigla do zamajca pogonskog agregata i koja predstavlja prikaz raspoložive energije na ulazu u transmisiju. Osnovu mjerenja na motornoj kočnici (dinamometru) čini mjerenje maksimalne snage i obrtnog momenta motora. Laboratorijska ispitivanja karakteristika motora s unutrašnjim sagorijevanjem najčešće se provode prema odredbama standarda ECE R85.

KLJUČNE RIJEČI: ispitivanje motora, dinamometar, neto snaga, ECE R85

1. Uvod

Motori s unutrašnjim sagorijevanjem, kao pogonski agregati motornih vozila, najčešće se ispituju radi dobijanja podataka na osnovu kojih se može doći do saznanja o bitnim izvedenim svojstvima i karakteristikama koje određuju:

- stepen ispunjenosti projektnih zahtjeva i pogodnost za upotrebu,
- kvalitetu proizvodnje,
- proces pretvaranja toplotne energije u mehanički rad,
- efektivnu snagu i moment motora, te brzinsku i ostale karakteristike motora,
- ekonomičnost rada,
- pouzdanost i izdržljivost,
- pogodnost za održavanje itd.

Zbog svoje specifičnosti, u proizvodnji motora se na svakom proizvedenom primjerku obično obavljaju završna ispitivanja kako bi se provjerila kvaliteta montaže i veličine osnovnih efektivnih parametara motora te njegova konačna podešenost prije isporuke. Posebna, razvojna ispitivanja, koja se utvrđuju, zahtijevaju i planiraju u projektnim odjelima proizvođača. Ispitivanja se rade i u naučnim ustanovama – institutima, ali traju znatno duže.

Ispitivanja se izvode u specijalnim, za tu svrhu namijenjenim ispitnim laboratorijima. Takvi laboratoriji, ili ispitne stanice, opremljeni su posebnim ispitnim stolovima.

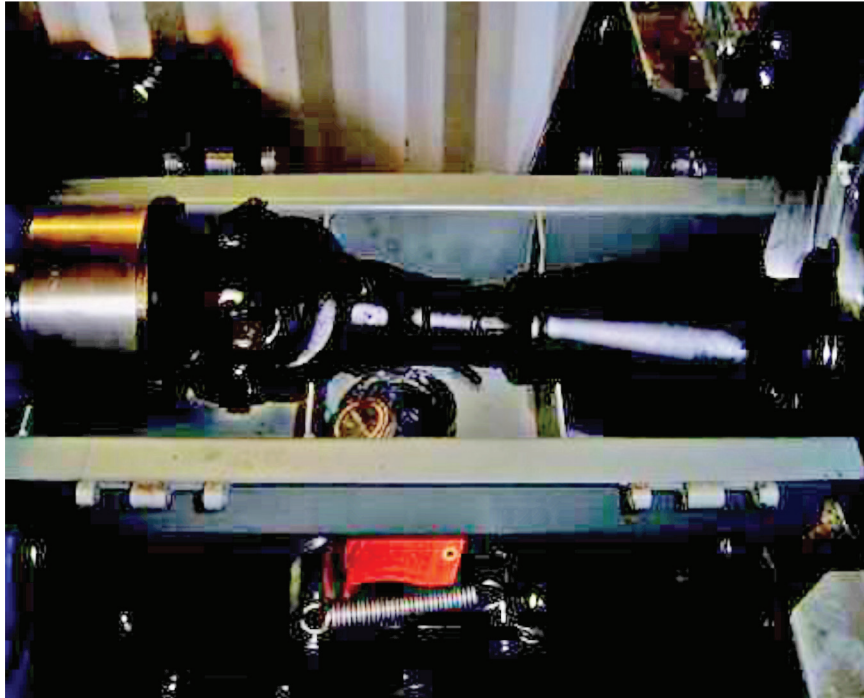
2. Probni stolovi za ispitivanje karakteristika motora

Ispitni stolovi (dinamometri) su posebno projektovani i napravljeni uređaji namijenjeni za navedena ispitivanja motora s unutrašnjim sagorijevanjem. Takvi stolovi omogućuju dostupnost većine standardnih i posebnih zahtjeva¹. Opseg ispitivanja na stolu ovisi o njegovoj opremljenosti – i obratno. Za standardna ispitivanja stol treba imati:

- kočnicu,
- postolje s detaljima za pričvršćivanje motora,
- vratilo za spajanje ispitivanog motora i kočnice,
- sistem za napajanje motora gorivom s ugrađenim uređajem za mjerenje potrošnje goriva,
- sistem za hlađenje motora i kočnice,
- sistem za odvod izduvnih gasova, i
- pult za upravljanje ispitivanjem.

Osnovni uređaj ispitnog stola je kočnica. Ona mora apsorbirati efektivnu snagu motora i omogućiti stabilni rad u svim režimima ispitivanja motora. Osnovni je zahtjev da kočnica posjeduje barem uređaje za mjerenje obrtnog momenta i broja obrtaja motora. Svaka kočnica ima rotor koji se mehanički povezuje s koljenastim vratilom ispitivanog motora, najčešće preko posebnog prenosnog vratila. Na sljedećoj slici je prikazana mehanička veza kočnice i ispitnog motora.

¹Šilić, Đ., Ispitivanje motornih vozila. Velika Gorica: Veleučilište Velika Gorica 2010.



Slika 1. Mehanička veza kočnice i ispitnog motora

Ispitivani motor se opterećuje tako što se na odabrani način u kočnici izaziva kočenje njenog rotora. S obzirom na primijenjeni način kočenja, postoje sljedeće vrste kočnica:

- mehaničke,
- hidraulične,
- pneumatske i
- električne.

3. Električne kočnice za ispitivanje motora

Električne kočnice prema načinu rada mogu se podijeliti na one koje rade kao generatori električne struje ili one koje rade na principu vrtložnih struja. U statoru kočnice se nalazi pobudni namotaj kroz koji teče istosmjerna struja. Ona stvara homogeno magnetsko polje čije su linije okomite na ozubljene površine rotora. Zbog rotacije ozubljenog rotora na unutrašnjoj strani statora nastaju vrtložne struje, koje sa svoje strane stvaraju magnetsko polje suprotno rotaciji rotora. Stoga rotor nastoji zarotirati stator u svom smjeru kretanja. Stator je povezan preko poluge na senzor koji mjeri silu, odnosno moment kočenja. Na sljedećoj slici je prikazana električna kočnica proizvođača “Schenck”, Njemačka.



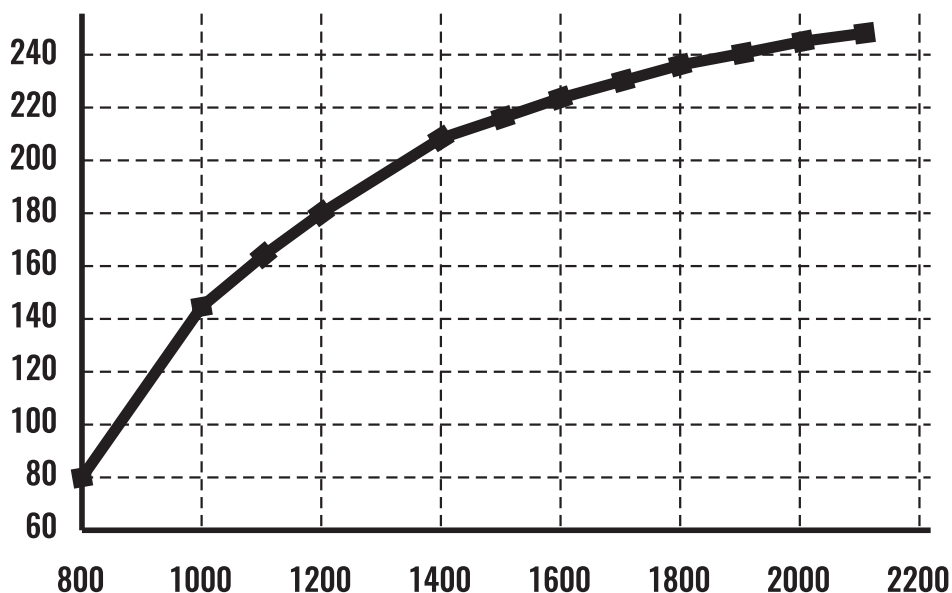
Slika 2. Električna kočnica proizvođača “Schenck”, Njemačka

Kad ispitivani motor snagu troši za pokretanje generatora električne struje, dobija se električna kočnica koja apsorbiranu energiju ispitivanog motora pretvara u električnu energiju koja se može iskoristiti. U poređenju s prethodnim kočnicama, ove kočnice omogućavaju ne samo stabilan rad, jednostavnu regulaciju i jednostavno upravljanje nego i nezanemarive uštede u energetske troškovima ispitivanja. Na ovakvim ispitnim stolovima najčešće se koriste generatori istosmjerne struje s kombinovanom pobudom. Na slici 3. prikazan je primjer ispitivanja snage motora SUI s opisom ispitivanja koji uključuje uslove ispitivanja, računsku obradu dobivenih rezultata ispitivanja, snimljenu brzinsku karakteristiku motora SUI i odgovarajući zaključak o obavljenom ispitivanju.

4. Ispitivanje karakteristika motora s unutrašnjim sagorijevanjem prema standardu ECE R85

Ovaj se Pravilnik primjenjuje na prikaz krive kao funkcije broja obrtaja motora za snagu pri punom opterećenju prema preporukama proizvođača za motore s unutrašnjim sagorijevanjem ili električne pogonske sklopove te najveću 30-minutnu snagu električnih pogonskih sklopova namijenjenih za pogon motornih vozila kategorija M i N. Neto snaga, znači snaga motora postignuta na dinamometru na kraju koljenastog vratila ili jednako vrijednog dijela pri odgovarajućem broju obrtaja motora izmjerena u skladu s metodom mjerenja snage motora koji uključuje i dodatnu opremu motora. Ispitivanje neto snage za motore s vanjskim izvorom paljenja sastoji se od mjerenja s potpuno pritisnutom papučicom gasa, a za motore s kompresijskim paljenjem i motore s dvojnim gorivom od rada pri punom opterećenju, pri čemu je motor opremljen minimumom dodatne opreme potrebne za rad motora.

Mjerenja se provode na dovoljnom broju obrtaja motora kako bi se ispravno utvrdila kriva snage između najmanjeg i najvećeg broja obrtaja motora koje je preporučio proizvođač. Taj raspon brzina obuhvata brzine obrtanja na kojima motor proizvodi najveću snagu i najveći obrtni moment. Na sljedećoj slici je prikazan dijagram ispitivanja neto snage motora prema standardu ECE R85.



Slika 3. Ispitivanje neto snage motora prema standardu ECE R85

Motor i cijeli sklop njegove opreme moraju se kondicionirati na temperaturi $25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ najmanje dva sata. Ispitivanje neto snage sastoji se od rada na najvećoj vrijednosti regulatora snage. Neposredno prije početka ispitivanja motor radi na ispitnom stolu tri minute tako da proizvodi snagu jednaku 80 % najveće snage pri broju obrtaja koju je preporučio proizvođač.

5. Zaključak

U smislu određivanja karakteristika motora, pod dinamometrom se podrazumijeva uređaj koji služi za mjerenje snage i obrtnog momenta motora koji pokreću motorna vozila. Ovaj uređaj se koristi da se simulira putno opterećenje, kako motora (motorni dinamometar), tako i pogonskog agregata (šasijski dinamometar). Zapravo, pored jednostavnih mjerenja snage i obrtnog momenta, dinamometar se može koristiti i kao dio laboratorija za ispitivanje različitih aktivnosti kod razvoja motora, kao što je kalibracija računarske jedinice motora, detaljna ispitivanja sagorijevanja u motoru i tribologije.

LITERATURA

- Šilić, Đ. (2010). *Ispitivanje motornih vozila*. Velika Gorica: Veleučilište Velika Gorica.
- Albers, A. i Duser, T. (2010). Implementation of a Vehicle-in-the-Loop Development and Validation Platform. *U FISITA - World Automotive Congress*.
- Filipović, I. (2011). *Cestovna vozila*. Sarajevo: Mašinski fakultet Sarajevo.
- Filipović, I. (2017). *Motorni s unutarnjim izgaranjem*. Sarajevo: Mašinski fakultet Sarajevo.
- Düser, T., Olms, H., Haase, A., Gavel, R., Schmidt, C. i Schmidt, U. (2011). *Vehicle Chassis Dynamometers – From certification through to a mechatronic development platform*. Die Bibliothek der Technik Band - Verlag Moderne Industrie.

Stojan Aleksić, Ph.D.

Gordana Blagojević, M.Sc.

TESTING THE CHARACTERISTICS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES

Summary

For the purpose of determining the characteristics of an engine, the term engine brake (dynamometer) means a device used to measure the power and torque of an internal combustion engine. This device is used to simulate the road load of the engine. The external characteristic of the aggregate includes all its most important parameters, i.e., it represents the form of the obtained mechanical energy that has reached the flywheel of the drive unit and which represents the display of the available energy at the entrance to the transmission. The basis of measurement on the engine brake (dynamometer) is the measurement of maximum power and engine torque. Laboratory tests of the characteristics of internal combustion engines are usually performed according to the provisions of the ECE R85 standard.

Key words: engine test, dynamometer, net power, ECE R85