

PRAVCI RAZVOJA DIZEL MOTORA VELIKIH SNAGA

Boban CVETANOVIĆ¹
Anica MILOŠEVIĆ²

Rezime – Dizel motor još uvek predstavlja osnovnu pogonsku mašinu na železničkim vozilima i brodovima, iako se intenzivno istražuju mogućnosti primene drugih pogonskih mašina koje bi trebalo da zamene klipni dizel motor. Zbog dobrih karakteristika dizel motora veliki svetski proizvođači ove vrste motora ulazu u poslednje vreme dosta napora u konstrukcijskom i istraživačkom smislu da usavrše postojeće i da iznesu na tržište nove dizel motore koji će zadovoljiti potrebe prevoznih sredstava u železničkom i morskome saobraćaju.

Ključne reči – lokomotivski dizel motor, brodski dizel motor, specifična snaga, efektivni pritisak

1. UVOD

Današnji železnički i pomorski saobraćaj u svetu oseća veliku konkurenciju u drumskom i avio saobraćaju. To je razlog zašto se konstantno teži uvođenju vozova i brodova koji će prevesti što veću količinu robe u što kraćem vremenskom periodu. Povećanje brzine i nosivosti zahteva povećanje vučne snage tj. konstrukciju što snažnijih motora. Zbog toga svi svetski proizvođači motora velikih snaga ulažu velike napore u konstrukcijskom i istraživačkom smislu da usavrše postojeće i da iznesu na tržište nove motore koji će zadovoljiti postavljene zahteve. Treba istaći da se ovde radi uglavnom o dvotaktnim dizel motorima koji imaju instaliranu snagu od 1MW do neverovatnih 100MW pri čemu se motori sa snagama blizu donjoj granici ugrađuju na lokomotivama dok se motori sa snagama preko 5MW ugrađuju na brodovima (postoje i brodski motori snaga 2MW).

Ne treba posebno naglašavati da se radi se o vrlo kompleksnim konstrukcijama velikih gabarita i težina pri čemu se od proizvođača motora ne traži samo velika snaga i brzina već i ekonomičnost tj. relativno niska potrošnja goriva, veliki termički i mehanički stepen iskorišćenja, mala specifična težina itd.

Dizel motore velikih snaga možemo podeliti u dve grupe: lokomotivski motori sa snagama maksimalno do 5MW i brodski motori sa snagama preko 5MW. Zbog svojih specifičnosti ove dve grupe velikih motora neophodno je odvojeno posmatrati u pogledu daljeg razvoja.

2. LOKOMOTIVSKI MOTORI

Proizvođači motora danas, za potrebe železnica, intenzivno rade na istraživanju novih konstrukcija dizel motora. Naime, od velikog broja motora, koji se nalaze na tržištu, železnice treba da odaberu dizel motor za svoje lokomotive koji će najbolje ispuniti postavljene uslove. Najvažniji uslovi koji se postavljaju pred proizvođače su: snaga i obrtni moment motora, familija motora, specifična potrošnja goriva, gabarit i težina, sigurnost u radu, jednostavnost održavanja i naravno cena.

Može se reći da železnice danas zahtevaju dizel motore snaga od 400 do 3000kW. Svojevremeno su vršena ispitivanja dizel motora snaga oko 6000kW koji bi se upotreбили na lokomotivama, ali je taj koncept razvoja novih motora preko pukog povećanja snaga polako napušten tako da danas maksimalne snage motora idu do 6000KS (oko 4,4MW).

Primer razvoja jedne familije motora može se videti na dizel motorima 567C koji su ugrađeni na dizel električnim lokomotivama 661 (poznatijim kao Kenedi). Snaga motora je 1,43MW (1950KS) pri maksimalnom broju obrtaja od 850o/min, a proizvođač je General Motors. Motor je napravljen još pedesetih godina prošlog veka i pored relativno velike potrošnje goriva i velike težine pokazao se kao pouzdan. Kao i ostali proizvođači i General Motors je motor koji se dokazao kao dobar samo usavršavao tako da se zadnje verzije ovog motora, a to je motor 16-710G3 i danas ugrađuju na američkim lokomotivama SD70M. Ovi motori imaju snagu od

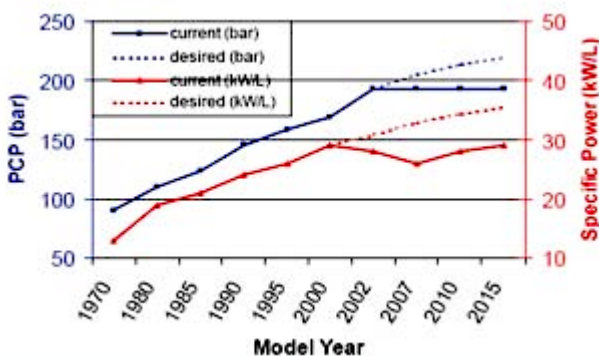
¹ mr Boban Cvetanović, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Nišu, Aleksandra Medvedeva 20, bcvetanovic@vtsnis.edu.sr

² mr Anica Milošević, Visoka tehnička škola strukovnih studija u Nišu, Aleksandra Medvedeva 20, anica_milosevic@yahoo.com

3,2MW (4300KS) pri 900o/min. Radi se o šesnaestocilindričnom V motoru koji je zadržao sve dobre karakteristike originalnog motora, pri čemu je povećana efektivna snaga motora i naravno ispunjeni drugi uslovi (manja specifična potrošnja, povećani stepeni korisnosti, ekološki parametri itd.).

Dokaz da razvoj novog motora ne ide uvek u pravcu samog povećanja snage jeste i pokušaj General Motorsa da ovoj familiji motora pridoda i motor 20-710G3 sa 3,7MW snage (5000KS). Iako je taj motor dobio komercijalnu upotrebu i devedesetih godina prošlog veka ugrađen u lokomotivama SD80MAC uvidelo da taj 20-to cilindrični motor daje premalu razliku u snazi u odnosu na svoj gabarit i težinu uz dodatne teškoće da je zbog dužine motora otežano konstruisanje radilice, pojava vibracija i nepraktičnost za održavanje. Ovo znači da povećanje broja cilindra na motoru u smislu dobijanja veće efektivne snage nije baš najpovoljnije rešenje i da su varijante sa 16 i manje cilindara optimalnije.

Vrlo bitan faktor nije samo instalirana već i tzv. specifična snaga tj. snaga koja se proizvodi po jednom litru zapremine cilindra. Ova snaga kao podatak može poslužiti i za uporednu ocenu različitih dizel motora. Težnja je da ova snaga izražena u KW/lit bude maksimalno moguća za date uslove. Motori izrađeni sredinom prošlog veka imali su specifične snage tek oko 10kW/lit (motor 567C imao je 9,6kW/lit) dok su savremeni motori počeli da se približavaju vrednostima i od 30kW/lit (slika 1).



Slika 1. Dijagram zavisnosti specifične snage od cilindarskog pritiska

Kao što se vidi sa slike trenutni modeli snažnih dizel motora imaju specifičnu snagu od oko 25KW/lit. i u odnosu na 2000.god. ima trend opadanja. Predviđanja govore da će se vrednosti specifičnih snaga do 2015.god. tek vratiti na vrednosti modela motora iz 2000. Pri tome su maksimalne vrednosti pritiska u cilindru (PCP-peak cylinder pressure) bile oko 190 bara. S obzirom da je težnja da vrednosti specifičnih snaga dizel motora do 2015.god. dostignu vrednosti od 35kW/lit to će podrazumevati da vrednosti maksimalnih pritisaka budu oko 220 bara.

Naime poznato je da je za povećanje specifične snage neophodno povećati srednji indikatorski pritisak i broj obrtaja. Veći indikatorski pritisak podrazumeva i više vrednosti pritiska u cilindru čije vrednosti u ovom trenutku iznose maksimalno do 190 bara. Više vrednosti pritiska u cilindru sa postojećim konstrukcijama cilindarskih glava i ostalih bitnih delova nemoguće je postići jer materijali od kojih su ovi delovi sačinjeni ne mogu izdržati veće pritiske. Neki od proizvođača motora i vodećih instuta za ispitivanje motora zato već sada preduzimaju korake u redizajniranju postojećih konstrukcija motora vodeći računa o upotrebi kvalitetnijih materijala za vitalne delove motora. Tako je Southwest Research Institute (SwRI) za poznatog kupca (kineski proizvođač lokomotiva-Dalien Locomotive) razvio novi motor snage 4410kW pri 1000 o/min. Radi se o novoj generaciji lokomotivskih dizel motora sa potpuno novim dizajnom. Do maksimalnih karakteristika došlo se korišćenjem različitih vrsta ispitivanja (kinematička, dinamička, tribološka, strujanja fluida, itd.) i analiza (FEA, CFD, itd.).

Takođe treba raditi na razvoju novih tehnologija koje mogu doprineti boljem radu postojećih dizel motora kao što je tzv. "common rail" sistem koji omogućava optimiziranje procesa ubrizgavanja goriva pod visokim pritiskom. Zbog kvalitetnijeg procesa sagorevanja povećana je i ekonomičnost, a smanjena emisija štetnih materija uz poboljšana vozna svojstva i istovremeno mirniji rad motora.

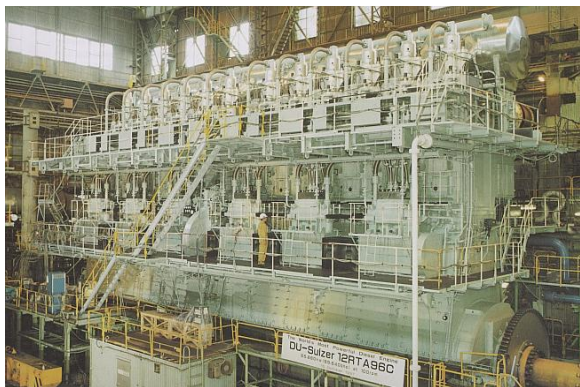
3. BRODSKI MOTORI

Razvoj ovih motora (tzv. marine engine) posledica je vrlo proste konstatacije da je prevoz robe utoliko jeftiniji što je veći brod koji je prevozi tj. veća je količina robe koja se može na takvom brodu smestiti. Takvi brodovi podrazumevaju i adekvatne velike motore. Može se sa sigurnošću reći da su kontejnerski preookeanski brodovi poslednje generacije jedini pokretači razvoja gigantskih dizelskih motora od skoro 100MW instalirane snage. Pri tome treba istaći da vodeće proizvođače ovih motora privlači i istorijski primat ili rekord: ko će prvi dostići ili čak i preskočiti tu brojku?

U smislu dobijanja određenih zaključaka o daljem razvoju ovih motora biće upoređeni važniji parametri trenutno najsnažnijih dizel motora u svetu: motora RTA96-C sa motorom K98ME-C. To su dvotaktni sporohodi dizel motori koji imaju svoju komercijalnu upotrebu na brodovima.

Motor RTA96-C (slika 2), proizvođača Wartsila-Sulzer izvodi se u više verzija (sa različitim brojem cilindara). Verzija sa 14 cilindara je snage 80,08MW (oko 109000KS) pri broju obrtaja od 102 u minuti. Septembra 2006.god. ugrađen je u preookeanski brod Ema Maersk koji je trenutno najveći brod na svetu. Dimenzije motora su 13,5m visine i 27m dužine, a

masa motora je 2300t. Prečnik cilindra je 960mm, srednji efektivni pritisak 18,6bara, a obrtni moment 536kNm.



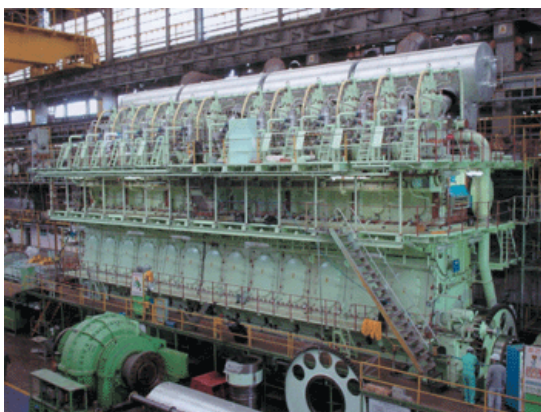
Slika 2. Motor RTA96-C

Interesantan podatak vezan za ovaj motor je i masa radilice od 300t (slika 3).



Slika 2. Radilica motora RTA96-C

Motor K98ME-C (slika 3), proizvođača MAN-B&W takođe se izvode sa različitim brojem cilindara.



Slika 3. Motor K98ME-C

Najsnažnija verzija je 14-to cilindrični motor snage

80,08MW pri 94o/min. Prečnik cilindra kod ovog motora je 980mm, srednji efektivni pritisak 18,2 bara i obrtni moment 581kNm.

Oba motora razvijaju istu snagu, ali pri različitim brojevima obrtaja i srednjim efektivnim pritiscima. Specifična potrošnja goriva je jednaka za oba motora i iznosi 171g/kWh. S obzirom na manji broj obrtaja i veći obrtni moment motor K98 bolje će odgovarati sporijim brodovima gde je izraženija komponenta sile.

Postavlja se pitanje u kom pravcu ide dalji razvoj ovih motora? Proizvođač Wartsila-Sulzer je već najavio da će se do kraja 2008.godine pojaviti poboljšana verzija motora RTA96 snage 84,42MW, dok je MAN- B&W još 2004.godine izradio apsolutno najveći brodski dizelski motor K108ME-C čija snaga iznosi 97,3MW, a masa 3258t. Radi se o 14-to cilindričnom motoru prečnika cilindra 1080mm (prvi put preko 1m), broja obrtaja 94o/min, srednjem efektivnom pritisku 18,2 bara i obrtnom momentu od 706kNm. Ovaj motor još nije dobio svoju komercijalnu upotrebu, a već se razmišlja o poboljšanoj verziji istog motora gde bi se povećanjem broja obrtaja samo za jedan (sa 94 na 95) i povećanjem srednjeg efektivnog pritiska sa 18,2 na 18,53 bara snaga po jednom cilindru povećala od 6950 na 7150kW pa bi 14-to cilindarski sklop dosegao snagu od 100,1MW sa obrtnim momentom od 719kNm.

Bez obzira na ove podatke, opšte je mišljenje da će se, bez obzira na ekonomičnost veće nosivosti, vrlo brzo zaustaviti razvoj ovih prevelikih sklopova od 14 poredanih cilindara. Naime, osnivanje, konstrukcija i uvođenje ogromnih sklopova sporohodnih dvotaktnih motora sa više od 12 cilindara, prečnika cilindra preko 1m, snage preko 100MW, izaziva mnoge neizvesnosti, naročito utrošak energije i vremena, uz velike novčane izdatke. Iskustva iz prošlosti podsećaju i upozoravaju na opasnosti koje donosi taj fizički rast. Troškovi razvoja i uvođenja novih velikih motora, lomovi i finansijski gubici pogađaju pored samih proizvođača indirektno i brodogradilišta. Čini se da je mnogo racionalnije da se pažnja i napor daljeg razvoja ovih motora usmeri na usavršavanje proverenih, ali manje snažnih 12-to cilindarskih verzija ovih motora snaga oko 68,5MW. To podrazumeva buduće umereno povećanje snage putem mogućeg povećanja srednjeg efektivnog pritiska i diskretnog povećanja broja obrtaja što bi praktično značilo snagu od približno 70MW. Takođe bi trebalo nastaviti na poboljšanju i razvoju motora manjih snaga sve do onih najmanjih u smislu povećanja stepena termičkog iskorišćenja, poboljšanja ispusne emisije itd.

4. ZAKLJUČAK

Čini se da su se danas dizel motori velikih snaga

našli na prekretnici. S jedne strane stalne potrebe tržišta primoravaju proizvođače na izgradnju sve snažnijih dizel sklopova, a sa druge strane javljaju se realne teškoće u razvoju i proizvodnji ovih motora.

Izgleda, ipak, da su u pogledu gabarita ovi motori generalno došli do gornjih granica i da će povećanje snage, odnosno njihov dalji razvoj, ići u drugom smeru. Poboljšanje svih bitnih karakteristika moraće se učiniti uvođenjem novih sistema za optimiziranje procesa sagorevanja, redizajniranjem postojećih konstrukcija motora korišćenjem savremenih softvera za ispitivanje svih bitnih elemenata kao i upotrebom novih, kvalitetnijih materijala za izradu vitalnih delova konstrukcije.

LITERATURA

- [1] www.wartsila.com
- [2] www.mandiesel.com
- [3] Belamarić, I.: "Glavni stroj i propulzija", časopis Brodogradnja, br.3, Split, 2003.

COURSES OF DEVELOPMENT LARGE POWER DIESEL ENGINES

Boban CVETANOVIĆ
Anica MILOŠEVIĆ

Abstract – Diesel engines still present primary operating machines on rolling stock and ships, although the possibilities of using other operating machines which would replace piston diesel engines are intensely researched. Because of good characteristics of diesel engines large world manufacturers of this engine kind invest in recent years plenty of effort in constructive and research sense to improve existing engines and bring new diesel engines to the world market which will satisfy needs of vehicles in rail and sea traffics.

Key words – locomotive diesel engine, ship diesel engine, specific power, effective pressure