

Mr. sc. **Dean Bernečić**  
Pomorski fakultet u Rijeci  
Studentska 2, Rijeka, Hrvatska

---

## MAN B&W, Wärtsilä ili Mitsubishi

### Sažetak

Ovaj rad daje pregled suvremenih sporookretnih dvotaktnih brodskih motora s elektroničkim ubrizgavanjem goriva i kontrolom otvaranja ispušnih ventila. Provedena je usporedba najvećih proizvođača dvotaktnih brodskih motora: MAN B&W i WÄRTSILÄ te UEC-ECO motora proizvođača Mitsubishi Heavy Industries.

Budući da svi proizvode novu generaciju dizel motora s elektroničkom kontrolom kao i onu s mehaničkom kontrolom, zamisao je bila usporedba između ta tri sustava. U radu su analizirani i uspoređeni motori serije 'Wärtsilä-Sulzer' RT-flex i 'MAN B&W' ME serije. Uspoređeni su principi rada i glavni radni parametri. Princip rada UEC-ECO motora također je objašnjen i uspoređen.

Nova koncepcija dvotaktnih brodskih dizel motora s elektroničkom kontrolom donosi nove i široke mogućnosti.

**Ključne riječi:** brodski pogon, dvotaktni brodski dizel motor, elektronička kontrola, ubrizgavanje goriva, ispušni ventil

### 1. Uvod

Novi propisi<sup>1</sup> o zaštiti okoliša postavljaju visoke standarde kojima trebaju udovoljiti nove generacije sporookretnih dvotaktnih brodskih motora. Propisima, koji su trenutno na snazi, udovoljavaju sporookretni brodski motori s klasičnim sustavima ubrizgavanja i kontrolom ispušnih ventila.

Poučeni iskustvom donošenja propisa za brzohodne motore koji se koriste u automobilskoj industriji, može se pretpostaviti da će se granice emisija štetnih tvari u ispušnim plinovima i dalje spuštati. Strožim je propisima moguće udovoljiti upravo novim generacijama sporookretnih brodskih motora s elektronskom regulacijom.

U ovom radu dan je pregled sustava ubrizgavanja goriva i sustava otvaranja ispušnih ventila na dva vodeća svjetska proizvođača sporookretnih brodskih dvotaktnih

---

<sup>1</sup> Najvažniji međunarodni propis je Prilog VI MARPOL 73/78 Konvencije

motora, a to su MAN B&W i WÄRTSILÄ<sup>2</sup> te je prikazan Mitsubishi-jev koncept njegove nove UEC-ECO generacije.

Radom se nastojalo ukazati na razlike u pristupima na osnovi kojih se mogu napraviti daljnje analize po kriterijima jednostavnosti, kao glavnog čimbenika sigurnosti u brodskoj eksploataciji.

## 2. MAN B&W ME serija

Svoju novu generaciju MAN B&W je nazvao ME serijom. Razvoj tog tipa motora započeo je 1991. godine, da bi se prvi motor instalirao na norveški tanker za prijevoz kemikalija u studenom 2000. godine. Od tada pa do danas traju ispitivanja vitalnih dijelova te se rade manje preinake, ali osnovni je koncept ostao isti. On se sastoji u sljedećem:

- s prijašnje MC serije skinuti su vitalni dijelovi koji služe za pokretanje visokotlačnih pumpi, otvaranja ispušnih ventila, razvod uputnog zraka te mehanički regulator broja okretaja, kao i glavni pogonski sklop razvoda (lanac distribucije sa zupčanicima).

Umjesto tih dijelova, na motor je ugrađen novi elektronsko-hidrauličko-mehanički sustav kontrole ubrizgavanja, otvaranja ispušnih ventila, kontrole otvaranja uputnih ventila te elektronski regulator broja okretaja.

Aktuatori za podizanje visokotlačnih pumpi i otvaranje ispušnih ventila su elektronski upravljani upravljačkim jedinicama (CCU<sup>3</sup> i ECU<sup>4</sup>), čineći tako kompletan upravljački sustav (ECS<sup>5</sup>).

Bitna značajka tih sustava je elektro-hidraulički ventil (ELFI ventil<sup>6</sup>) kojim se upravlja protok ulja. Njegova bitna značajka je vrlo brzo otvaranje i zatvaranje. Umjesto da se protok na ventilu regulira okretanjem vretena ventila, obavlja se njegovo otvaranje i zatvaranje u sekvenci s visokom frekvencijom. ECU može upravljati vremenskom širinom impulsa te na taj način upravljati otvorenošću ventila. Promjenom širine impulsa može se vrlo brzo otvarati i pritvarati ventil te na taj način regulirati protok ulja na aktuator klipa pumpe za ubrizgavanje goriva. Tako se formira željena vremenska promjena tlaka ubrizgavanja i protoka goriva pri ubrizgavanju<sup>7</sup>.

Shematski prikaz sustava ubrizgavanja prikazan je na slici 1.

<sup>2</sup> WÄRTSILÄ je kupila Sulzera koji je bio glavni proizvođač sporookretnih brodskih motora

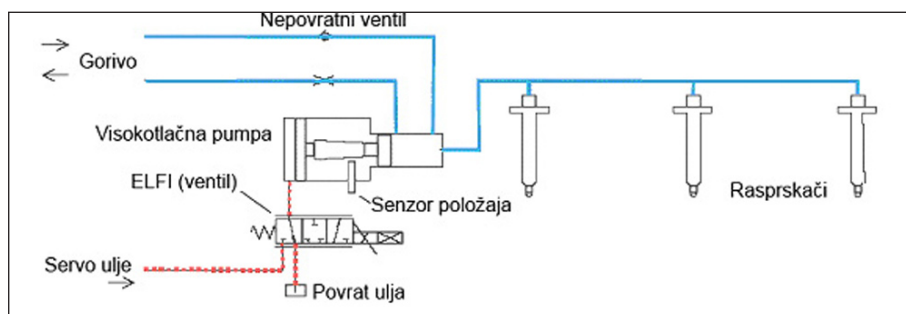
<sup>3</sup> CCU – Cylinder Control Unit (Elektronska upravljačka jedinica za svaki cilindar)

<sup>4</sup> ECU – Electronic Control Unit (Elektronska kontrolna jedinica koja upravlja CCU-ima)

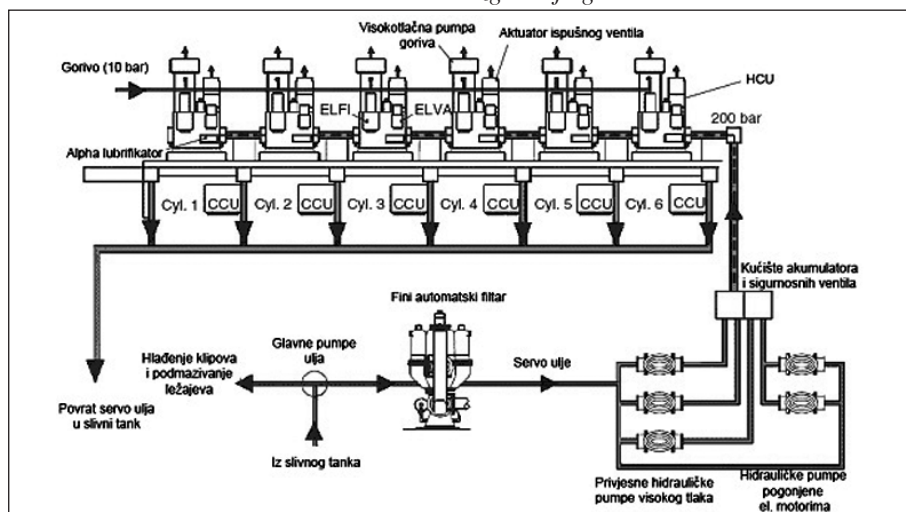
<sup>5</sup> ECS – Engine Control System (Sustav upravljanja motorom)

<sup>6</sup> ELFI – Electronic Fuel Injection (Elektro-hidraulički ventil za regulaciju ubrizgavanja)

<sup>7</sup> Npr. pri 90 min-1, ubrizgavanje koje se proteže na 200 koljenastog vratila iznosi 37,04 ms. Ako je takt ventila 1 kHz, tada se cijelo ubrizgavanje može regulirati u nizu od 37 vremenskih impulsa, različitoga trajanja, ovisno o potrebnom trenutnom protoku.



Slika 1. Sustav ubrizgavanja goriva



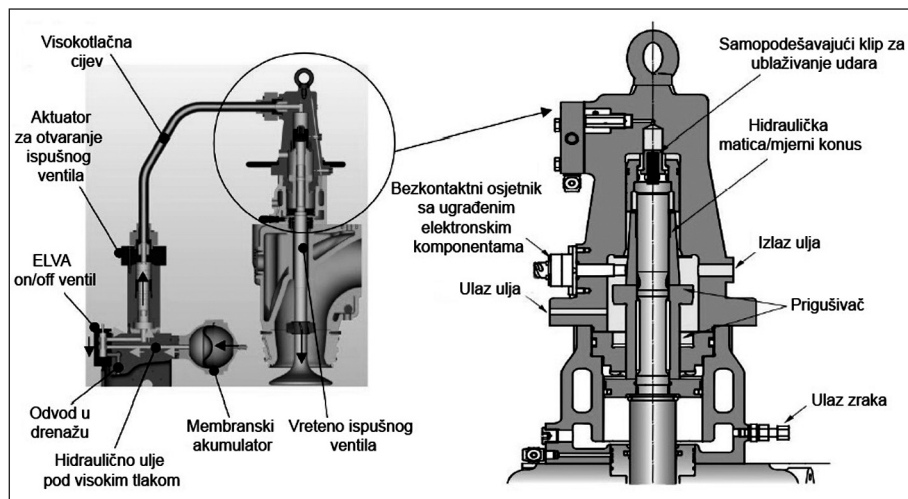
Slika 2. Prikaz hidrauličke petlje

Na slici 2. prikazana je hidraulična shema protoka ulja te glavne komponente. Sustav otvaranja ispušnog ventila sličan je sustavu ubrizgavanja goriva. Njime upravlja ELVA<sup>8</sup> ventil, kojim se regulira vrijeme otvaranja i vrijeme zatvaranja ispušnog ventila što optimira cijeli proces izgaranja goriva i poboljšava okretni moment.

Ispušni ventil se otvara hidraulički pomoću dvostupanjskog hidrauličkog aktuatora, pogonjenog servo uljem koje propušta ELVA ventil u točno određenom trenutku, ovisno o signalu CCU i ECU (slika 3). Signal se, kao i kod signala za visokotlačnu pumpu, može mijenjati, ovisno o režimu rada i optimizaciji radne točke motora.

<sup>8</sup> ELVA – Electronic Valve Actuator (Elektro-hidraulički ventil za regulaciju otvaranja ispušnog ventila)

Ventil se, kao i kod MC serije, zatvara pomoću zračne «opruge»<sup>9</sup>. Ispušni ventil ima sustav zaustavljanja vretena prije krajnjeg položaja. Da bi se spriječile prekomjerne sile na klip vretena u tom položaju, ugrađen je i hidraulički ublaživač (amortizer) koji smanjuje protok ulja prije samog krajnjeg položaja vretena.



Slika 3. Aktuator ispušnog ventila i povećani dio pogonskog sklopa vretena ventila

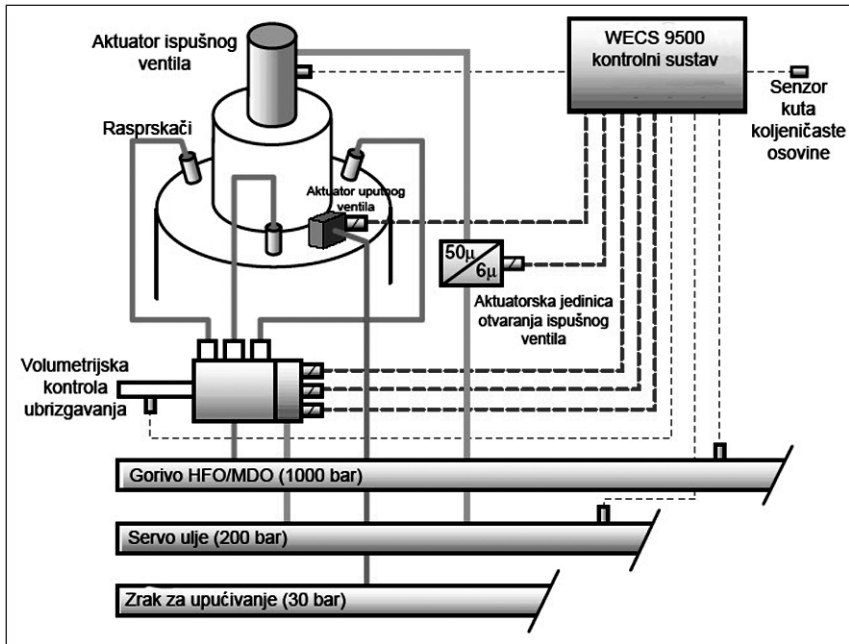
### 3. Wärtsilä – Sulzer rt Flex koncept

Wärtsilä (bivši Sulzer) je razvoj nove generacije dvotaktnih dizelskih motora započeo daleke 1981. (deset godina prije MAN-B/W), kao nadogradnja na seriju RTA. Koncept je bio vrlo sličan sustavu kojeg danas koristi MAN-B&W<sup>10</sup>. To je bila prva generacija s elektronski kontroliranim ubrizgavanjem nazvana RTX serija (EFIC<sup>11</sup> – 1. generacija). Koncept se nadgradio drugom generacijom, kada je uvedena elektronska kontrola otvaranja i zatvaranja ispušnog ventila (1990.). Godine 1998. Sulzer mijenja koncept i prelazi na sustav ubrizgavanja goriva sa zajedničkim vodom («Common Rail»), koji je uveo u brodsku eksploataciju početkom 2001. Sustav je nazvao RT Flex i prikazan je na slici 4.

<sup>9</sup> Komora s komprimiranim zrakom u kojoj klip, pričvršćen na vreteno ventila, tlači zrak u periodu otvaranja ventila te ga taj isti zrak vraća u zatvoreni položaj kad padne tlak ulja za otvaranje ventila.

<sup>10</sup> Sustav hidraulički pogonjene visokotlačne pumpe s zasebnom elektronskom kontrolom za svaki cilindar

<sup>11</sup> EFIC – Electronic Fuel Injection Control



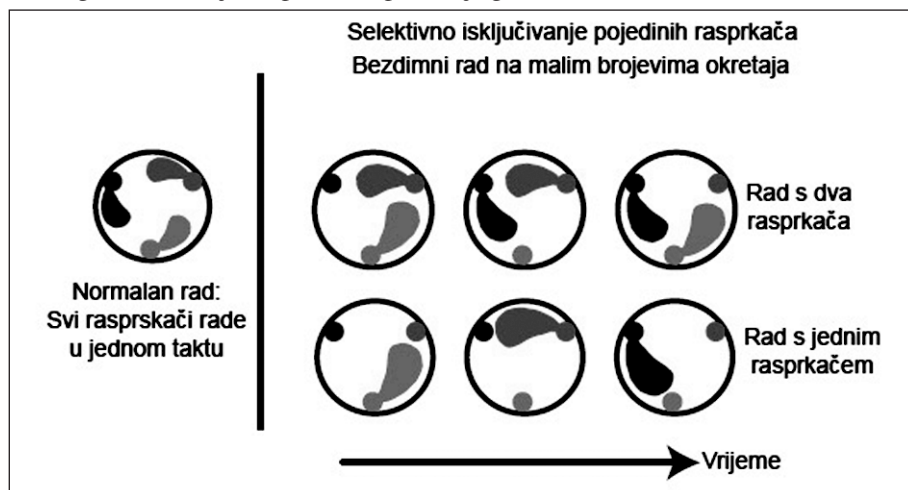
Slika 4. Prikaz sustava ubrizgavanja, otvaranja ispušnog ventila i kontrola uputnih ventila na Wärtsilä RT Flex seriji

Na RT-Flex seriji su svi dijelovi koji kontroliraju ubrizgavanje te otvaranje i zatvaranje ispušnog ventila, kao i upućivanje te sve kontrolne funkcije, zamijenjene hidrauličkim sustavom ulja (200 bara) i visokotlačnim sustavom goriva (1000 bara), koji tlači gorivo u zajedničku sabirnicu («Common Rail»). Svim tim sustavima upravlja WECS 9500<sup>12</sup>.

Najveća razlika, u odnosu na MAN-B&W ME sustav, je mogućnost zasebnog upravljanja rasprskičima. Dakle, dok kod MAN.B&W sustava gorivo u cilindar ulazi kroz sva tri rasprskiča istovremeno neovisno o opterećenju, kod RT Flex serije postoji mogućnost da se gorivo ubrizgava kroz jedan, dva ili sva tri rasprskiča, ovisno o opterećenju i željenom režimu (slika 5). Pritom treba naglasiti da u svakom taktu ubrizgava drugi rasprskič. Takav rad omogućuje upravo jedinica volumetrijske kontrole ubrizgavanja (slika 4.), koja u svom kućištu ima zasebne elektro-hidrauličke ventile za svaki rasprskič. Kod MAN B&W ELFI ventil propusti servo ulje na pogonski sklop visokotlačne pumpe koja stlači gorivo na sva tri rasprskiča istovremeno.

<sup>12</sup> WECS 9500 – Wärtsilä Electronic Control System (WECS 9500 je razvijen posebno za dvotaktne sporohodne motore na temelju iskustva sa WECS jedinicama za četverotaktne brodske motore koji su i prije bili u upotrebi)

Treba naglasiti i razlike u tlakovima ubrizgavanja koji se kod RT Flex serije kreću oko 1.000 bara, dok se kod ME serije kreću oko 700 bara. Za razliku od klasičnih generacija motora, gdje tlakovi ubrizgavanja znatno opadaju padom okretaja bregastog vratila (na manjim opterećenjima), kod novih generacija oni su približno isti na svim režimima rada. Visoki tlakovi ubrizgavanja, uz optimalan početak i kraj ubrizgavanja, kao i neograničena mogućnost upravljanja ispušnim ventilom, glavni su razlog bezdimnog rada i smanjene specifične potrošnje goriva.



Slika 5. Prikaz naizmjeničnog rada jednog ili dva rasprkača ili normalni rad

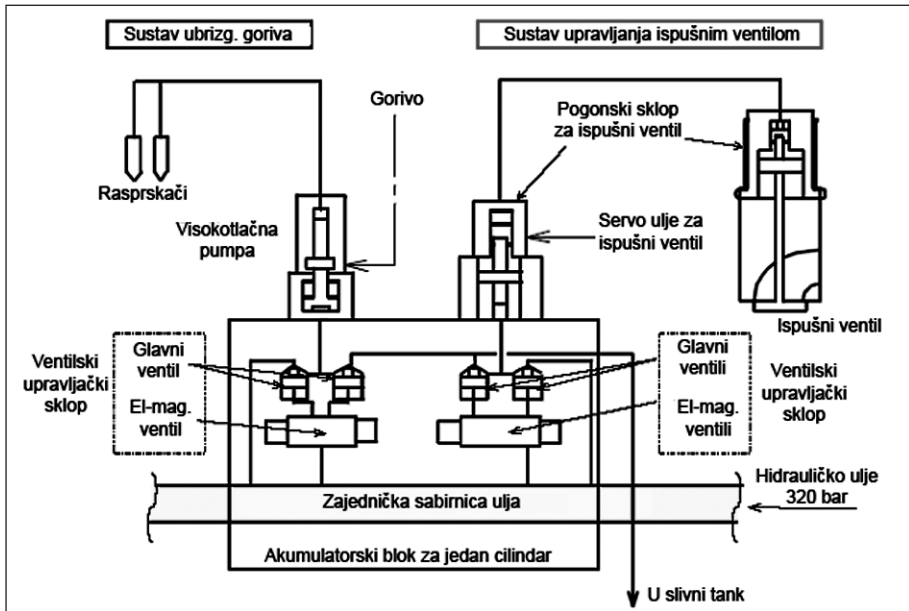
#### 4. Mitsubishi UEC – ECO serija

Mitsubishi je ispitivanja na elektronski upravljanim sporohodnim motorima započeo 1988., po uzoru na Sulzera i MAN B&W-a, te je testiranja na prvoj generaciji obavljao do 1993. Druga generacija testnog motora ispituje se do 1997., da bi UEC – ECO projekt započeo 2000. Prvi komercijalni sporookretni motor tipa 7UEC-LS33 II konvertiran je u elektronsku izvedbu i ugrađen na stacionarno postrojenje u prosincu 2001., te je tijekom tri godine pokazao zadovoljavajuće rezultate.

Tek u lipnju 2004. kompletiran je prvi UEC-ECO motor<sup>13</sup> za brod, te je nakon tri mjeseca ispitivanja na probnom stolu ugrađen na brod za prijevoz automobila i kamiona, čija je probna vožnja bila u svibnju 2005.

Shematski prikaz ovog koncepta prikazan je na slici 6.

<sup>13</sup> Motor je tipa: 8 UEC60LS II - ECO



Slika 6. Shematski prikaz ubrizgavanja i upravljanja ispušnim ventilom na Mitsubishi UEC – ECO seriji

Ako se analizira sustav sa slike 6., vidi se velika sličnost s MAN B&W ME sustavom, što ne iznenađuje ako se zna da Mitsubishi i sa svojim starijim serijama dvotaktnih sporohodnih motora uvijek prati MAN B&W-a. Jedna od većih razlika je znatno veći tlak servo ulja koji kreće oko 320 bara dok je kod MAN B&W ME serije oko 200 bara.

## 5. Razlike u performansama između RT FLEX i ME serije

RT-flex ima klasičan CR sustav sa zajedničkom sabirnicom goriva koja je pod visokim tlakom. Takav sustav omogućuje vrlo visoki gradijent porasta tlaka u trenutku početka ubrizgavanja. Taj sustav ima i selektivno upravljanje rasprskачima koji omogućuje rad jednog, dva ili tri rasprskачa u bilo kakvim sekvencama. Otvaranje i zatvaranje rasprskачa se može programirati za željeni režim rada, a na temelju teoretskih proračuna i simulacija. Na taj način se optimizira izgaranje te smanjuje emisija polutanata na najnižu moguću razinu.

Takvom kombinacijom upravljanja početkom i krajem ubrizgavanja te nezavisnim upravljanjem dovoda goriva na svaki rasprskач zasebno, omogućuje se bezbroj kombinacija kojima se profil ubrizgavanja može formirati po želji konstruktora.

Na taj način je moguć rad na vrlo malim okretajima (desetak posto od maksimalnog broja okretaja) bez dima i s emisijama ispod granica propisanih najnovijim propisima o onečišćenju zraka.

Nedostatak tog sustava je dio sustava goriva od visokotlačnih pumpi do zajedničke sabirnice te sama zajednička sabirnica, koji su pod visokim tlakom goriva, povećavajući opasnost od nezgode. Zbog toga su ti dijelovi sustava zaštićeni dvostrukim cijevima što povećava sigurnost. Dosadašnja praksa je pokazala da sustav dobro podnosi brodske uvjete, a i pregledom vitalnih komponenti nisu ustanovljeni veći nedostaci.

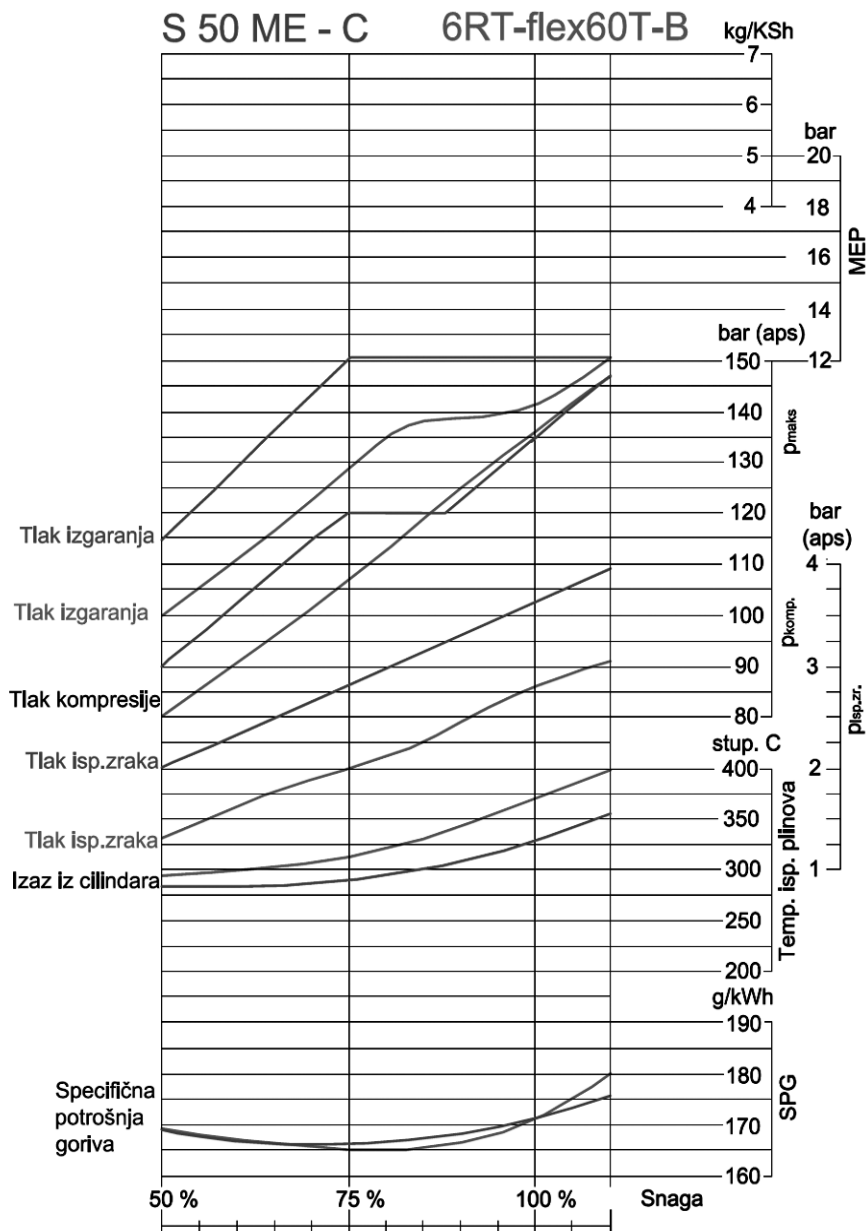
Sustav je jednostavan za održavanje, a neki se problemi na sustavu ubrizgavanja, kao zamjena elektro-hidrauličkog ventila koji dobavlja gorivo na rasprskič, mogu rješavati u radu motora (na klasičnim sustavima to nije bilo moguće – primjerice, kvar - zamjena visokotlačne pumpe).

«MAN B&W» i «Mitsubishi» ima drukčiji koncept sustava ubrizgavanja. Može se reći da je kod tih sustava klasičan pogon visokotlačne pumpe brijegom bregastog vratila zamijenjen hidrauličkim pogonom. Zbog toga je i gradijent porasta tlaka na početku ubrizgavanja manji nego kod sustava na RT-Flex motoru, ali, ipak, veći nego kod klasičnog sustava ubrizgavanja. Za razliku od RT-Flex motora, kod «MAN B&W» nije moguće upravljanje svakim rasprskičem posebno, iako treba naglasiti da preinaka koja bi omogućila takav rad nije neizvediva. Bilo bi potrebno imati tri aktuatorске jedinice, umjesto jedne koliko ih ima sada. Postojećim sustavom moguća je kontrola profila ubrizgavanja, ovisno o režimu rada što je i opisano. Taj motor, također, udovoljava najstrožim propisima o emisiji NO<sub>x</sub> i čvrstih čestica, a neizgorenih ugljikovodika nema.

Promatrajući vrijeme između pregleda vitalnih dijelova (košuljice, klipovi, ispušni ventili, rasprskiči, visokotlačne pumpe) može se zaključiti da će se kod oba motora, prvenstveno zbog optimiziranog izgaranja, to vrijeme znatno produžiti u odnosu na prijašnju generaciju motora. Komponente koje su dodane na motor su još u razdoblju ispitivanja i nadogradnje pa se vrijeme njihovog trajanja još ne može sa sigurnošću odrediti.

Ovdje treba naglasiti još jednu veliku prednost obaju sustava, a to je vrlo kvalitetna raspodjela količine goriva, pa samim time i snage po cilindrima. To naročito dolazi do izražaja kod prestanka rada jednog ili više cilindara, kad se profilom ubrizgavanja snaga može raspodijeliti na preostale cilindre, tako da se vibracije gotovo ne osjete.





Slika 7. Razlike u performansama između Wärtsilä RT Flex seriji i MAN B&W ME seriji

Iz slike 7. vide se razlike u performansama. Vidljivo je da u području snage od 70 do 100 % MCR-a RT-Flex motor troši 1 do 2 g/kWh goriva manje. Te podatke svakako treba uzeti s rezervom jer nedostaju bitni podaci u testu poput kalorične vrijednosti goriva, temperature okolnog zraka i sl.

Tlakovi ispirnog zraka, tlakovi kompresije te maksimalni tlakovi izgaranja u području snage ispod 80% MCR-a su kod RT-flex motora znatno manji. Samim tim, i pojedini dijelovi motora mehanički su manje opterećeni. Na 100 % snage je maksimalni tlak u cilindru kod RT-Flex motora desetak bara manji.

Krivulje tlaka kompresije u području snage iznad 85 % MCR-a približno su iste. Temperature ispušnih plinova su manje kod «MAN B&W» motora u cijelom području snage – na 100 % snage, za četrdesetak stupnjeva.

Manje temperature ispušnih plinova manje opterećuju ispušni ventil, pa se može očekivati da će i vrijeme između zamjene biti produženo. Manje temperature povoljnije utječu i na trajnost košuljice, stapova, prstenova, glave cilindra te rasprskaća.

Krivulje performansi 8 UEC60LS II - ECO motora su vrlo slične MAN B&W ME seriji te ih je nepotrebno posebno izdvajati. Može se reći da je specifična potrošnja goriva smanjena za 1 – 2 % dok je emisija NO<sub>x</sub>-a smanjena za 10,2 % kod iste specifične potrošnje goriva. Sve ostale navedene prednosti važe i za taj tip motora.

## 6. Zaključak

Na maksimalnoj trajnoj snazi, tj. za radnu točku na kojoj je motor optimiziran, razlike performansi između motora s klasičnom kontrolom ubrizgavanja i motora s elektronskom kontrolom gotovo da nema ili su neznatne.

Na maksimalnoj trajnoj snazi postoje znatne razlike u emisijama NO<sub>x</sub>-a u korist motora s elektronskom kontrolom analiziranih sustava.

Najveće razlike se pojavljuju na manjim snagama gdje se vide prednosti novih generacija sporookretnih motora. Tu se vidi smanjenje specifične potrošnje goriva te znatno smanjenje emisije NO<sub>x</sub>, ugljikovodika i krutih čestica.

Ti će motori pokazati sve svoje prednosti najviše na brodovima koji veliki dio putovanja provedu u vožnji na smanjenim ili promjenjivim snagama.

Kako se stanje tržišta stalno mijenja, tj. mijenjaju se ponuda tereta, cijene goriva i maziva, vozarine i ostalo, optimalno korištenje broda uvelike utječe na krajnji profit. Optimiziranje novih generacija motora moguće je u radu i u cijelom području snage, ovisno o trenutnim zahtjevima brodara i tržišta.

Drugim riječima, ovisno o stanju tržišta, potrebno je mijenjati i optimalnu brzinu broda, tj. mijenja se potreba za snagom. Zbog tih potreba nova generacija motora nudi mogućnost optimizacije rada u cijelom području snage, pa se može reći da imaju veliku «elastičnost».

Prikazom i analizom nastojao se umanjiti uvijek prisutni problem odabira novog pogonskog stroja, iako, treba napomenuti, glavni pogonski stroj ide u kompletu s narudžbom broda te brodogradilište ugrađuje motor kojeg i proizvodi. Odabir drugog pogonskog stroja poskupljuje ukupnu investiciju te je sigurno da kod odabira brodogradilišta treba imati na umu i čimbenik tipa pogonskog stroja kojeg to brodogradilište ugrađuje na brod.

**LITERATURA**

1. Annex VI of MARPOL 73/78 Regulations for the Prevention of Air Pollution from Ships and NOx Technical Code, 2002.
2. Born C., *Schadstoffreduzierung am DI-Dieselmotor durch Emulsioneinspritzung*, Dissertation, RWTH Aachen, 2001.
3. Thiessen F., Dales D., *Diesel Fundamentals, Principles and Service*, A Reston Book, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1986.
4. Aeberli K., *Large Common Rail Engines at Sea*, The Motor Ship, December 2004.
5. Aeberli K., *Sulzer RT-flex 96 C into Containership Service*, February 2005.
6. Berthold F., *Ueber den Einfluss einen waessrigen H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-Loesung auf die Verbrennung und Schadstoffemission eines DI-Dieselmotors*, Dissertation, Gerhard Mercator Universitaet, Duisburg, 2001.
7. Bertola Andrea G., *Technologies for Lowest NOx and Particulate Emissions in DI-Diesel Engine Combustion – Influence of Injection Parameters, EGR and Fuel Composition*, Dissertation, ETH Zurich, 2003.
8. Dolenc A., *Sistemi za neposredno vbrijzavanje goriva za nove hitrotekoče dizelske motorje*, Inovativna avtomobilska tehnologija – IAT'01, Ljubljana, 5.-6. april, 2001.
9. Glöckner M., *Universal Electronic Fuel Injection Control Device for Marine, Locomotive and Genset Application*, CIMAC Congress, Hamburg 2001.
10. Gröne Ole & Aabo Kjeld: *The Latest Two-Stroke Control Technology*, Motorship 2004.
11. Hlousek J., Bernhaupt M. & Kögler B., *Electronically Controlled Injection Rate Shaping for Medium Speed Diesel Engines*, CIMAC Congress, Hamburg 2001.
12. Kytölä J., Jay D. & Lehtonen D., *Common Rail Fuel Injection for Heavy Fuel Medium Speed Engines*, CIMAC Congress, Hamburg 2001.
13. Lustgarten G., *Acert for emissions reduction*, MER, December/January 2005.
14. *MHI's first electronically controlled engine for PCC*, The Motor Ship, May 2004.
15. *Operation Manual for RT-flex 60 C*, 2002.
16. *Series 4000 Common Rail Fuel System Technician Guide*, Detroit Diesel.
17. Sørensen P & Pedersen P.S., *The Intelligent Engine Design Status and Service Experience*, CIMAC Congress, Hamburg 2001.
18. Sugihara M., Edo K. & Tanida T., *Environmental Friendly Two-stroke Marine Diesel Engine, "Mitsubishi UEC-Eco-Engine"*, 7<sup>th</sup> International Symposium on Marine Engineering, Tokyo, October 24<sup>th</sup> to 28<sup>th</sup>, 2005.
19. <http://www.epa.gov> (2002.)
20. <http://www.manbw.com> (2005.)
21. <http://www.wartsila.com> (2005.)

Dean Bernečić

## MAN B&W, Wärtsilä or Mitsubishi

### Summary

The paper presents the review of modern two stroke slow speed marine diesel engines with electronically fuel oil injection control and exhaust valve actuating control. The comparisons were made between two biggest manufacturers of marine two stroke diesel engines; MAN B&W and WÄRTSILÄ as well as UEC – ECO engine made by Mitsubishi Heavy Industries.

Since all of them produce new generation of electronically control diesel engines as well as mechanically controlled diesel engines, the idea was to compare those three systems. In the paper, “Wärtsilä – Sulzer” RT-flex series engines, and “MAN B&W” ME series engines have been analyzed and compared. The comparison has been made between working principles and main working parameters. The working principle of new UEC ECO engine has been also explained and compared.

The new concepts of electronically controlled marine two stroke diesel engines bring new and wide possibilities.

**Key words:** marine propulsion, marine two stroke diesel engine, electronic control, fuel injection, exhaust valve

## Man-B&W, wärtsilä o mitsubishi

### Sommario

Il lavoro è una rassegna dei recenti motori marini diesel lenti a due tempi ad iniezione e valvole di scarico a comando elettronico. Gli autori mettono a confronto i maggiori produttori odierni di motori marini diesel a due tempi, cioè MAN-B&W e WÄRTSILÄ, includendo nell'esame anche il motore UEC-ECO prodotto dalla Mitsubishi Heavy Industries.

I detti produttori oltre a fabbricare motori marini di vecchio stampo a comando meccanico, hanno dato inizio a una nuova generazione di motori a comando elettronico e l'idea di base degli autori è stata di raffrontare i due sistemi.

Il lavoro esamina e mette a raffronto la serie dei motori WÄRTSILÄ – SULZER RT-FLEX e la serie di motori MAN-B&W ME. Il riscontro è basato sul principio di funzionamento ed i principali parametri operativi. Si illustra inoltre il principio di funzionamento del nuovo motore UEC ECO.

L'ideazione del motore marino diesel a due tempi a comando elettronico apre nuovi orizzonti e prospetta vaste possibilità per il futuro.

**Parole chiave:** propulsione navale, motore diesel marino a due tempi, comando elettronico, iniezione di combustibile, valvola di scarico.