

Brodski motori na dvojno gorivo

Mastelić, Bruno

Undergraduate thesis / Završni rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Split, Faculty of Maritime Studies / Sveučilište u Splitu, Pomorski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:164:642857>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-01-24**

Repository / Repozitorij:

[Repository - Faculty of Maritime Studies - Split -
Repository - Faculty of Maritime Studies Split for
permanent storage and preservation of digital
resources of the institution](#)



UNIVERSITY OF SPLIT



**SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU**

BRUNO MASTELIĆ

BRODSKI MOTORI NA DVOJNO GORIVO

ZAVRŠNI RAD

SPLIT, 2021.

SVEUČILIŠTE U SPLITU
POMORSKI FAKULTET U SPLITU

STUDIJ: BRODOSTROJARSTVO

BRODSKI MOTORI NA DVOJNO GORIVO

ZAVRŠNI RAD

MENTOR:

Prof.dr. sc. Gojimir Radica

STUDENT:

Bruno Mastelić

(MB:0171275382)

SPLIT, 2021.

SAŽETAK

Razvoj tehnologije, kao i rast cijena fosilnih goriva uvjetuje napredak alternativnih opcija pogona. Jedna od njih je i tehnologija motora na dvojno gorivo. Tehnologija dvojnog goriva kod LNG brodova omogućuje korištenje energije plina koja bi se inače gubila i na taj način povećava se iskoristivost i ekonomičnost motora, a bez promjene u performansama. Automatski sustav nadziranja najvažnijih parametara i karakteristika motora omogućuje njegov siguran rad u svim uvjetima, a obradom informacija te usporedbom sa predhodnim vrijednostima se motor optimizira.

Ključne riječi: *tehnologija, pogon na dvojno gorivo, automatizacija.*

ABSTRACT

The development of technology, as well as the growth of fossil fuel prices, enables the advancement of alternative propulsion options, one of which is dual fuel technology. Dual fuel technology allows the use of gas energy that would otherwise be lost and thus increases the efficiency and economy of the engine, without changing the performance. The automatic system for monitoring the most important parameters and characteristics of the engine enables its safe operation in all conditions, and by processing information and comparing it with previous values, it is optimized.

Keywords: *technology, dual fuel, automatization.*

SADRŽAJ

| | |
|-------------------------------------------------------------------|-----------|
| 1. UVOD | 1 |
| 2. WÄRTSILÄ 34DF | 2 |
| 2.1. TEHNIČKE KARAKTERISTIKE | 2 |
| 2.2. KONSTRUKCIJA MOTORA | 3 |
| 2.2.1. BLOK MOTORA | 3 |
| 3. SUSTAV GORIVA | 5 |
| 3.1. SUSTAV PLINA | 6 |
| 3.2. SUSTAV TEKUĆEG GORIVA (MDF/HFO) | 9 |
| 3.3. PILOT GORIVO | 11 |
| 4. ULJE ZA PODMAZIVANJE | 13 |
| 4.1. ZAHTJEVI ULJA ZA PODMAZIVANJE | 13 |
| 4.2. SUSTAV ULJA ZA PODMAZIVANJE | 14 |
| 5. SUSTAV RASHLADNE VODE | 18 |
| 5.1. SUSTAV RASHLADNE VODE U KRUGU VISOKE TEMPERATURE | 19 |
| 5.2. SUSTAV RASHLADNE VODE U KRUGU NISKE TEMPERATURE | 20 |
| 6. SUSTAV UPUTNOG ZRAKA | 22 |
| 6.1. GLAVNI UPUTNI VENTIL | 22 |
| 7. SUSTAV ISPUHA | 25 |
| 7.1. EMISIJA ISPUŠNIH PLINOVA | 26 |
| 8. SUSTAV AUTOMATIZACIJE MOTORA “UNIC” | 27 |
| 8.1. SENZORI I ALARMI | 29 |
| 9. ZAKLJUČAK | 31 |
| LITERATURA | 32 |
| POPIS SLIKA | 33 |
| POPIS KRATICA | 35 |

1. UVOD

Pojam dvojno gorivo (dual fuel) podrazumijeva da motor radi na dizelsko gorivo i prirodni plin. Dizelsko gorivo može biti lako i teško (MDO i HFO) , a plin može biti u tekućem ili komprimiranom stanju (LNG i CNG).

U ovom radu prikazan je sustav dvojnog goriva motora Wärtsilä 34DF i opisane su njegove značajke i karakteristike.

Prvi dio rada opisuje osnovni princip rada motora na dvojni pogon i glavne dijelove i dimenzije motora.

Drugi dio rada opisuje glavne sustave motora na dvojni pogon , njihove dijelove te princip rada.

Treći dio odnosi se na kontrolu te nadzor motora na dvojno gorivo.

2. WÄRTSILÄ 34DF

Wärtsilä 34DF je ne - reverzibilan, turbopunjeni i međuhlađeni četverotaktni motor s dva goriva s izravnim ubrizgavanjem tekućeg goriva i neizravnim ubrizgavanjem plinskog goriva.

Motor može raditi u Dizel ili plin modu. Prijelaz između goriva izvodi se bez gubitka snage i brzine. Ova fleksibilnost goriva omogućuje sukladnost za zahtjevima regulacije emisija ispušnih plinova u kontroliranim područjima.



slika 1. Wartsilla 34DF [1]

2.1. Tehničke karakteristike

Wärtsilä 34DF motori rađeni su u konfiguracijama od 6L do 16V, proizvodeći 500kW po cilindru i ukupnu mehaničku snagu 8000kW, varirajući od 2610kW do 8000kW . Brzina motora je 750/720 okr/ min.

| | |
|-------------------------|-------------------------------------------|
| Promjer cilindra | 340 mm |
| Hod klipa | 400 mm |
| Volumen cilindra | 36.3 l/cyl |
| Broj ventila | 2 usisna i 2 ispušna |
| Konfiguracija cilindara | 6 , 8 i 9 redni motori , 12 i 16 V-motori |
| Brzina | 720 , 750 okr/min |
| Brzina klipa | 9.6 , 10 m/s |

tablica 1. Tehničke karakteristike motora [1]

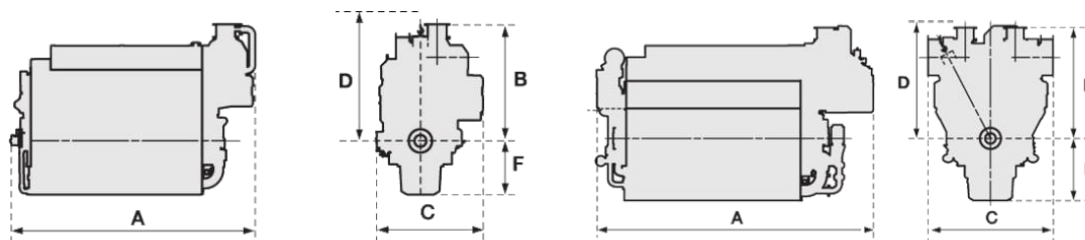
| Konfiguracija | Glavni motor 750 okr/min | | Agregati | | |
|---------------|-----------------------------|----------------|--------------------|----------------|--------------------|
| | Motor [kW] | 720 okr/min | | 750 okr/min | |
| | | Motor [kVA] | Generator [kVA] | Motor [kVA] | Generator [kVA] |
| 6L34DF | 3000 | 2880 | 3460 | 3000 | 3600 |
| 8L34DF | 4000 | 3840 | 4610 | 4000 | 4800 |
| 9L34DF | 4500 | 4320 | 5180 | 4500 | 5400 |
| 12V34DF | 6000 | 5760 | 6910 | 6000 | 7200 |
| 16V34DF | 8000 | 7680 | 9220 | 8000 | 9600 |

Tablica 2. Maksimalan kontinuirani učinak [1]

2.2. KONSTRUKCIJA MOTORA

Wärtsilä 34DF motori dolaze u rednim (L) i V izvedbama.

U rednim izvedbama javljaju se kao motori sa 6, 8 i 9 cilindara , dok u V izvedbi kao motori sa 12 i 16 cilindara.



slika 2. Prikaz motora sa dimenzijama [2]

| Motor | A [mm] | B [mm] | C [mm] | D [mm] | F [mm] | Težina [mm] |
|---------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|----------------|
| 6L34DF | 5335 | 2550 | 2380 | 2345 | 1155 | 35 |
| 8L34DF | 6315 | 2550 | 2295 | 2345 | 1155 | 44 |
| 9L34DF | 6869 | 2550 | 2610 | 2345 | 1155 | 49 |
| 12L34DF | 6865 | 2435 | 2900 | 2120 | 1210 | 61 |
| 16L34DF | 7905 | 2570 | 3325 | 2120 | 1210 | 77 |

Tablica 3. Dimenzije i težina motora [1]

2.2.1. BLOK MOTORA

Blok motora, izrađen od nodularnog lijeva, izliven je u jednom komadu za sve brojeve cilindara. Ima krutu i izdržljivu konstrukciju koja apsorbira unutarnje sile i omogućuje motoru otpornu montažu bez posrednih temelja.

Motor ima potisnuto koljenasto vratilo koje na mjestu drže kapice glavnih ležajeva. Poklopci glavnih ležaja, izrađeni od nodularnog lijeva, učvršćeni su odozdo s dva hidraulički zategnuta vijka. Bočno ih vodi blok motora na vrhu, kao i na dnu. Hidraulički pritegnuti vodoravni bočni vijci na donjoj vodilici osiguravaju vrlo kruti ležaj radilice.

Hidraulični priključak, poduprt u karteru, nudi mogućnost spuštanja i podizanja glavnih poklopaca ležaja, npr. pri pregledu ležajeva. Ulje za podmazivanje vodi se do ležajeva i klip pomoću priključka. Kombinirani zamašnjak/potisni ležaj nalazi se na pogonskom kraju motora.

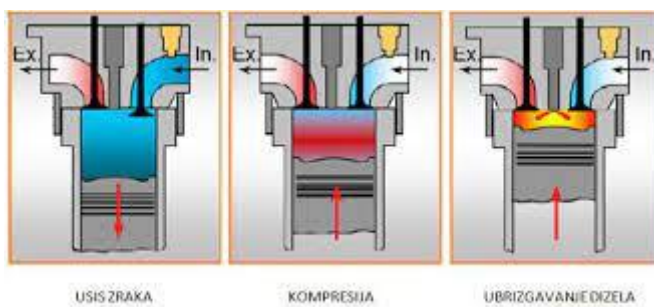
Karter ulja, lagano varene izvedbe, montira se na blok motora odozdo i brtvi O-prstenovima. Karter za ulje dostupan je u dva dizajna, mokri ili suhi, ovisno o vrsti aplikacije. Mokri karter sadrži, osim usisne cijevi i pumpi mazivog ulja, također glavnu distribucijsku cijev za mazivo, kao i usisne cijevi i povratni priključak za separator. Suha se posuda ispušta s bilo kojeg kraja (slobodan izbor) u zaseban spremnik ulja.

3. SUSTAV GORIVA

Kao motor s dvostrukim gorivom, motor Wärtsilä 34DF projektiran je za kontinuirani rad na plin ili na dizel. Za kontinuirani rad pri nazivnom izlazu, plin koji se koristi kao glavno gorivo u načinu rada plina mora ispunjavati zahtjeve. Kod sustava goriva DF motora podrazumijeva se:

- Sustav lakog goriva (MDO)
- Sustav teškog goriva(HFO)
- Sustav plina
- Sustav pilot goriva

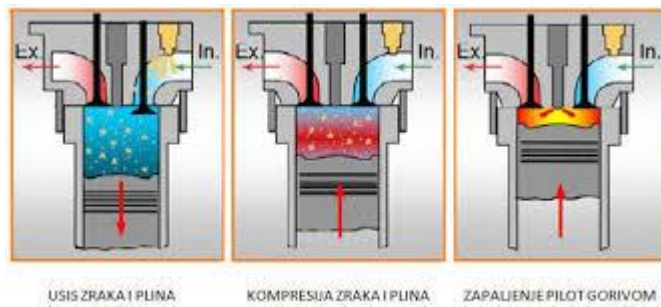
U dizelskom načinu rada motor radi samo na tekuće gorivo. MDF ili HFO se koriste kao gorivo s konvencionalnim sustavom ubrizgavanja goriva s dvostrukom sapnicom. Pokretanje motora se uvijek vrši s MDF . Pilot ubrizgavanje MDF -a je uvijek aktivno. Dobava goriva je pumpom pogonjenom bregastim vratilom.



slika 3. Dizel režim motora na dvojno gorivo [3]

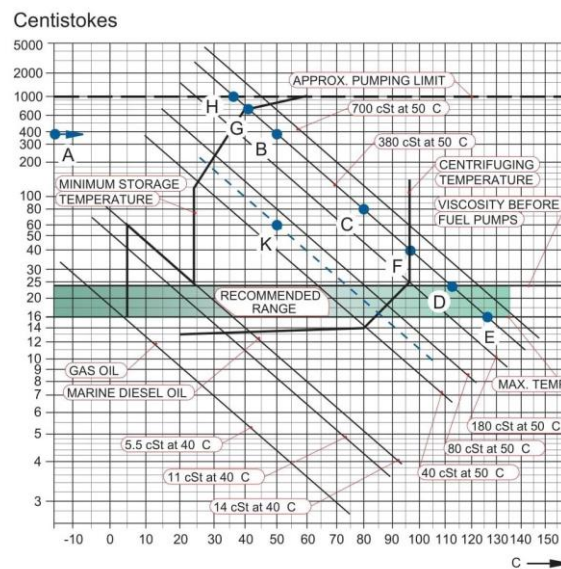
U plinskom načinu rada, glavno gorivo je prirodni plin koji se ubrizgava u motor pri niskom tlaku . Plin se zapali ubrizgavanjem male količine pilot dizelskog goriva (MDF). Plin i pilot ubrizgavanje goriva su solenoidni i elektronički kontrolirani common rail sustavi. Motor Wärtsilä 34DF zadovoljava zahtjeve NOx prema IMO Tier III.

Plinski rad temelji se na Lean burn metodi, plin se ubrizgava u cilindar s pretičkom zraka koji smanjuje emisije ugljikovodika.



slika 4. Plinski režim motora na dvojno gorivo [3]

Kako bi se osigurala dovoljna količina goriva bitno je održavati određenu temperaturu kako bi viskozitet goriva bio optimalan.

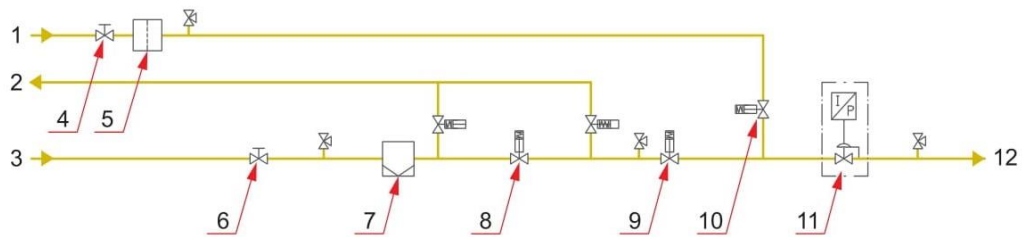


slika 5. Odnos temperature i viskoziteta [4]

3.1. SUSTAV PLINA

Motor se opskrbljuje plinom putem vanjske jedinice za obradu plina (eng. Gas valve unit - GVU) koja upravlja tlakom plina temeljenom na ulazu kontrolnog sustava motora. Ona obuhvaća tlačni ventil i odzračne ventile kako bi se omogućio siguran rad u plinskom režimu. Jedinica sadrži fine filtere, ručni isključni ventil, spojeve za pročišćavanje, glavni regulator tlaka, isključne stop ventile, tlačne i temperaturene senzore. Filtar štiti opremu od oštećenja, te je opremljen diferencijalnim osjetnikom tlaka koji alarmira u slučaju zaprljanog filtera. Količina ubrizganog plina određena je daljinski od upravljanog regulatora tlaka koji je kontroliran preko I/P pretvarača. Sistem je opremljen sigurnosnim isključnim ventilom kako bi se spriječila potencijalna šteta uzrokovana

prekomjernim tlakom u sustavu. Porastom tlaka sustava prekinut će se dovod plina. Sigurnosni ventil za isključivanje može samo ručno biti resetiran. Očitavanja sa senzora jedinice za kontrolu plina kao i otvaranje i zatvaranje ventila elektronički je kontrolirano. Elektropneumatski isključni ventili na zahtjev prekidaju dobavu plina motoru. Solenoid ventili ispuštaju zaostalu količinu plina pod pritiskom nakon zatvaranja. Odzračni ventili aktiviraju se u slučaju trenutnog prestanka rada. Jedinica za kontrolu plina sadrži dva priključka za inertni plin.



slika 6. Jedinica za obradu plina [4]

| Komponente | | | |
|------------|--------------------------|-----|-----------------------|
| 1. | Inertni plin | 7. | Filter plina |
| 2. | Odzračavanje plina | 8. | Shut off ventil |
| 3. | Ulaz plina | 9. | Shut off ventil |
| 4. | Shut off ventil | 10. | Ventil inertnog plina |
| 5. | Filter inertnog plina | 11. | Regulator tlaka plina |
| 6. | Ručni ventil ulaza plina | 12. | Odvod prema motoru |

Tablica 4. Komponente jedinice za obradu plina [5]

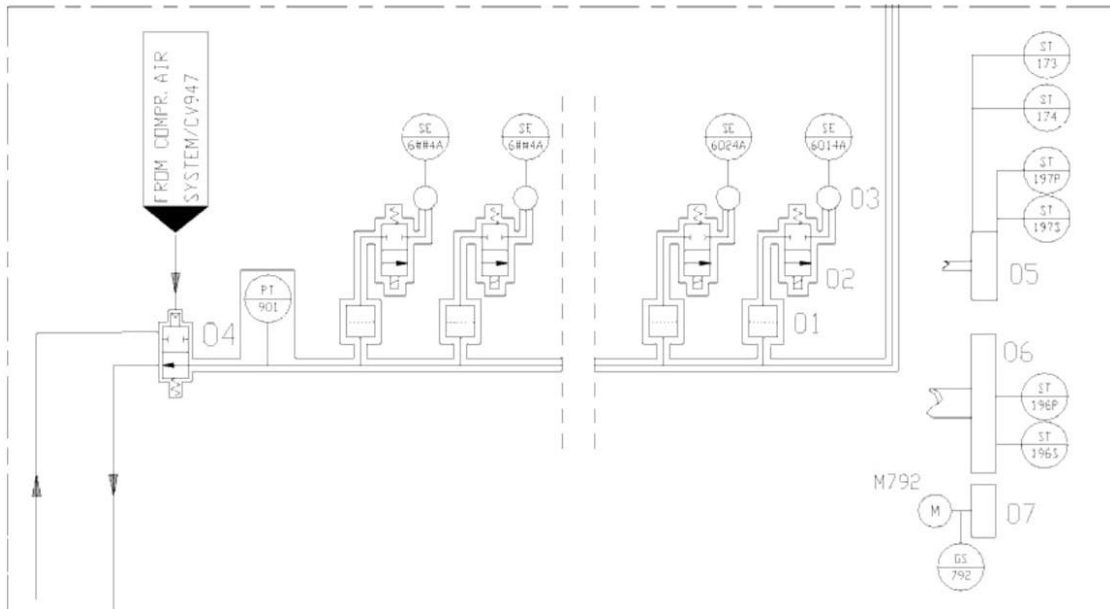
Glavni dobavni ventil plina dovode plin u ulazne kanale glava cilindara. Ventili su elektromagnetni solenoid ventili s izravnim pokretanjem(eng. Solenoid operated gas admission valve- SOGAV). SOGAV ima visoku izlaznu snagu i kratak pomak što rezultira brzim i dosljednim zatvaranjem. Dizajniran je za primjenu kod četverotaktnih plinskih ili dual fuel motora. Za svaki cilindar koristi se po jedan ventil za prihvat plina . Ventil se nalazi između glave cilindra i razdjelnika plina. Sustav upravljanja motorom kontrolira vrijeme i trajanje ubrizgavanja plina glavnog ventila za prihvat plina. [6]



slika 7. SOGAV ventil [6]

Ubrizgavanje plina mora se vršiti pri određenim parametrima temperature i tlaka. U slučajevima prekida rada motora vrši se smanjivanje tlaka preko ventila za odzračivanje. Mali dio plina može biti ispušten direktno u atmosferu gdje nema rizika od zapaljenja. Prije svakog rada plinski sistem treba biti odzračen i pročišćen inertnim plinom. Plinska instalacija sadrži slijedeću opremu:

- Fini filter
- Niskotlačni common rail cjevovod
- Plinski dobavni ventil za svaki cilindar
- Sigurnosni filter za svaki dobavni ventil
- Odzračni common rail ventil
- Cjevovod s dvostrukim stjenkama



slika 8. Sustav plina [2]

| Komponente | | | |
|------------|-------------------|----|------------------------|
| 1. | Sigurnosni filter | 4. | Ventil za odzračavanje |
| 2. | Dobavni ventil | 5. | Bregasta osovina |
| 3. | Cilindar | 6. | Zamašnjak |

Tablica 5. Komponente sustava plina [3]

3.2. SUSTAV TEKUĆEG GORIVA (MDF/HFO)

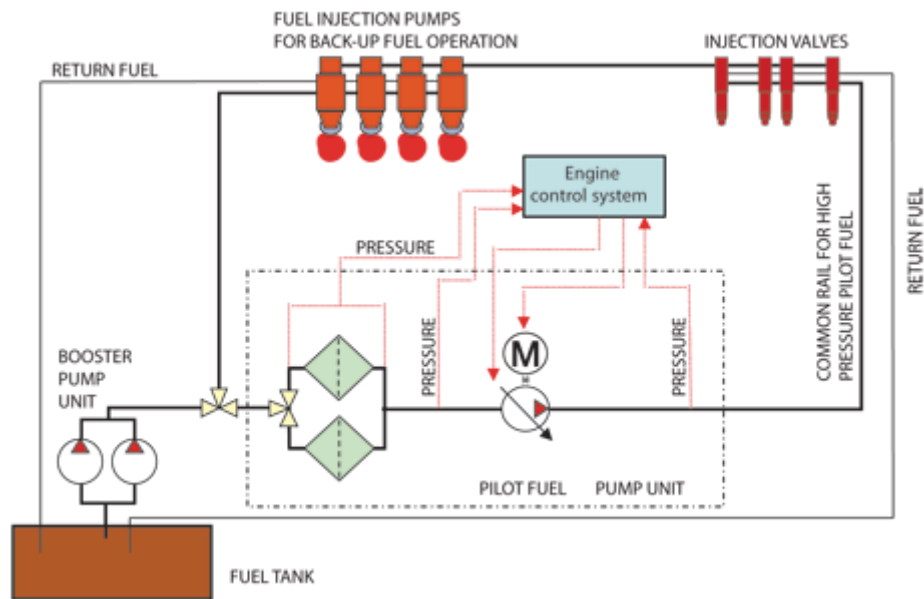
Sustav dizelskog goriva sastoji se od:

- Pumpe pilot goriva
- Sigurnosnog ventila pilot goriva
- Ventila za kontrolu tlaka
- Kolektora ispuštenog goriva
- Prigušivača pulsacija
- Pumpe ubrizganja goriva

U motorima s dva goriva gorivo se isporučuje i kroz glavne dovode goriva i kroz dovode pilot goriva, iz zajedničkog spremnika. Na pilot liniji goriva gorivo se dovodi do filtera za gorivo koji vodi do pumpe pilot goriva.

Sustav goriva napaja sustav ubrizgavanja. Tlak pilot goriva common rail –a dovedenog putem pumpe pilot goriva regulira se pomoću regulacije usisavanja u pumpi.

Sustav goriva opremljen je povratnim i cjevovodom iscurenog goriva koji vode do čistog kolektora iscurenog goriva koji je opremljen alarmom u slučaju prevelikog curenja goriva. Čisto iscureno gorivo ide nazad u spremnik common rail – a . Povratni vod pilot goriva iz ubrizgača goriva spojen je na glavni povratni vod. [13]



slika 9. Sustav dizel goriva [4]

Glavni sustav ubrizgavanja dizel goriva sastoji se od:

- Pumpi za ubrizgavanje goriva
- Visokotlačnog cjevovoda
- Ubrizgača goriva

Sustav ubrizgavanja goriva motora smješten je na glavi cilindra. Cirkulirajuće gorivo zajedno s toplinom motora održavaju sustav toplim tako da nema potrebe za dodatnim grijanjem.

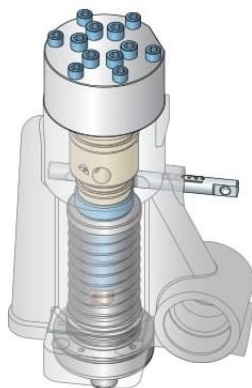
Motor se u radu može prebacivati sa plina na lako ili teško gorivo.



slika 10. Ubrizgač sa dvije sapnice [12]

Pumpa za ubrizgavanje goriva dovodi gorivo pod tlakom u ubrizgač goriva .

Pumpa je povezana sa kontrolnim mehanizmom koji određuje količinu ubrizganog goriva u odnosu na opterećenje i brzinu glavnog motora.



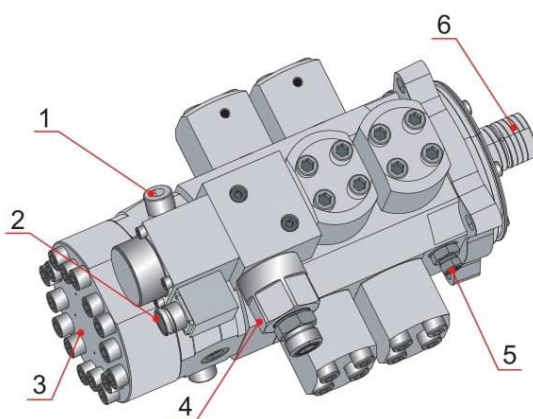
slika 11. Pumpa za ubrizgavanje goriva [5]

3.3. PILOT GORIVO

Pilot gorivo služi za zapaljenje smjese i plina u plinskom režimu rada. Ubrizgavanje pilot goriva elektronički se kontrolira i pokreće električnim motorom ili mehanički putem sustava zupčanika postavljenog na poklopcu crpke. Uobičajene rezervne pumpe za gorivo pokreću bregasto vratilo i imaju pneumatski sustav zaustavljanja. Mlaznice za ubrizgavanje goriva opremljene su s dvije igle, jednom za pilotsko gorivo i jednom za rezervno gorivo.

Sustav upravljanja i sigurnosti motora ili sustav za otkrivanje zatajenja mogu u nekim situacijama prebaciti motor u rad u rezervnom načinu rada. U ovom načinu rada pilot sustav ubrizgavanja MDF -a nije aktivan. Rad dulji od 30 minuta (s HFO -om) ili 10 sati (s MDF -om) može uzrokovati začepljenje pilot mlaznica za ubrizgavanje goriva.

Pumpa pilot goriva je klipna pumpa pogonjena osovinom preko sustava zupčanika. Kontrolni sustav glavnog motora kontrolira regulator tlaka pumpe. S napojne strane usisni tlak se kontrolira pomoću ventila. Sigurnosni ventil postavljen je na visokotlačnu cijev. Osovina je opremljena sa 2 valjkasta ležaja, elementi pumpe klize na kliznim prstenovima, jedan prsten za dva elementa. Gorivo služi kao lubrikant, pumpa sadrži indikatorsku rupicu za privjeru brtve osovine. [8]



slika 12. Pumpa pilot goriva [5]

| Komponente | | | |
|-------------------|-----------------------------|----|---------------------------|
| 1. | Izlazni priključak goriva | 4. | Priključak dovoda goriva |
| 2. | Priključak regulatora tlaka | 5. | Priključak povratnog toka |
| 3. | Pumpa pilot goriva | 6. | Pogonsko vratilo |

Tablica 6. Komponente pumpe pilot goriva [2]

4. ULJE ZA PODMAZIVANJE

Unutarnji sustav ulja za podmazivanje motora uključuje pumpu za ulje za podmazivanje motora, pumpu za podmazivanje ulja s električnim pogonom, termostatski ventil, filtri i hladnjak ulja za podmazivanje. Pumpe za podmazivanje ulja nalaze se na slobodnom kraju motora, dok automatski filter, hladnjak i termostatski ventil integrirani su u jedan modul.

4.1. ZAHTJEVI ULJA ZA PODMAZIVANJE

Ulje za podmazivanje mora biti klase viskoznosti SAE 40 i imati minimalni indeks viskoznosti (VI) 95. Alkalnost ulja za podmazivanje (BN) vezana je za vrstu goriva, kako je prikazano u donjoj tablici. BN je kratica od Base Number. Vrijednost označava miligrame KOH po gramu ulja.

| kategorija | Standard goriva | | Bazni broj mazivog ulja | Sadržaj Sumpora goriva [%] |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------|
| A | ASTM D 975-01 BS MA 100:1996 CIMAC 2003 ISO 8217:2017(E) | GRADE 1-D, 2-D, 4-D DMX,DMA,DMB DX, DA, DB ISO-F-DMX-DMB | 10-15 | <0.4 |
| B | ASTM D 975-01 BS MA 100:1996 CIMAC 2003 ISO 8217:2017(E) | GRADE 1-D, 2-D, 4-D DMX,DMA,DMB DX,DA,DB ISO-F-DMX-DMB | 15-20 | 0.4-1.5 |
| C | TEKUĆE BIOGORIVO | | 10-20 | <=0.05 |

Tablica 7. Zahtjev ulja za rad u plinskom / MDF načinu [5]

Ako se plinsko ulje ili MDF neprestano koriste kao gorivo, preporučuje se ulje za podmazivanje s BN 10-20. U povremenim pogonima s prirodnim plinom i MDF-om, ulje za podmazivanje s BN 10-15 se preporučuje.

Potrebna lužnatost mazivog ulja u radu HFO vezana je za gorivo navedeno za motor, što je prikazano u sljedećoj tablici.

| Kategorija | Standard goriva | | Bazni broj mazivog ulja | Sadržaj Sumpora goriva [%] |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|
| C | ASTM D 975-01 ASTM D 396-04 BS MA 100:1996 CIMAC 2003 ISO 8217:2017(E) | GRADE 4D GRADE 5-6 DMC,RMA10-RMK55 DC,A30-K700 RMA10-RMK700 | 30-55 | <4.5 |

Tablica 8. Zahtjev mazivog ulja za rad u HFO načinu [1]

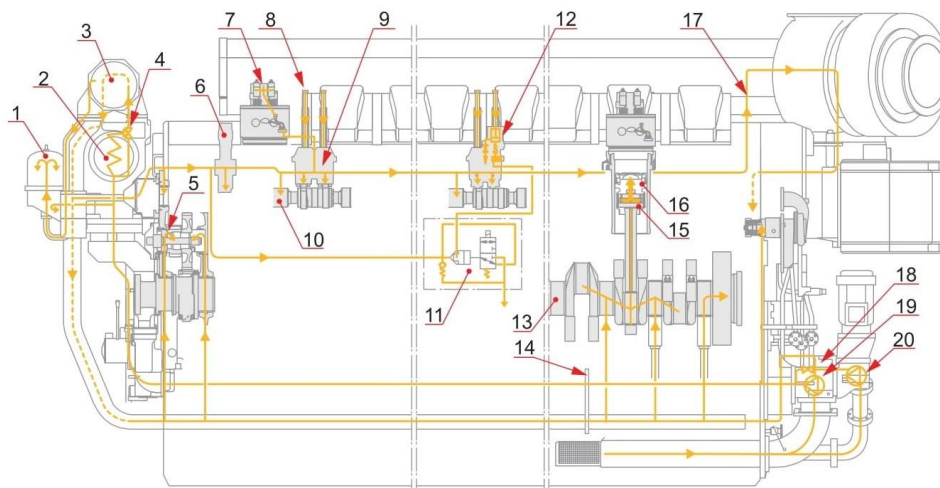
U instalacijama gdje motori povremeno rade s različitim kvalitetama goriva, tj. Prirodnim plinom, MDF i HFO, kvaliteta ulja za podmazivanje mora se odabrati na temelju zahtjeva HFO. Za rad na HFO-u prvo će se odabrati maziva BN 50-55 . Maziva BN 40 mogu se također koristiti s HFO -om pod uvjetom da je sadržaj sumpora u gorivu relativno nizak, i BN ostaje iznad osuđujuće granice za prihvatljive intervale zamjene ulja. BN 30 ulja za podmazivanje treba koristiti zajedno s HFO - om samo u posebnim slučajevima; na primjer u SCR –u (eng. Selective catalytic reduction), ako se unatoč tome može postići bolja ukupna ekonomičnost i kraći intervale zamjene ulja. Donji BN može imati pozitivan utjecaj na vijek trajanja SCR - a.

4.2. SUSTAV ULJA ZA PODMAZIVANJE

Motor se podmazuje uljem za podmazivanje sustavom mazivog ulja gdje ulje konstanto cirkulira uz pomoć pumpe. Ulje za podmazivanje ne služi samo za podmazivanje glavnih dijelova motora, također odvodi toplinu i čisti unutarnje dijelove motora. Sustav ulja za podmazivanje integriran je u konstrukciju motora, a sastoji se od:

- Pumpe ulja za podmazivanje
- Rashladnika ulja za podmazivanje
- Filtera ulja za podmazivanje
- Centrifugalnog filtera
- Modula za podmazivanje
- Pumpe za predpodmazivanje

Filteri i rashladnici ulja održavaju stanje ulja , a glavna obrada vrši se konstantnom separacijom.



Slika 13. Sustav ulja za podmazivanje [5]

| Komponente sustava | | | | | | | |
|--------------------|----------------------|-----|-------------------------|-----|------------------------|-----|-----------------------------------|
| 1. | Centrifugalni filter | 6. | Pumpa za ubrizgavanje | 11. | Kontrolni ventil VIC-a | 16. | Klip |
| 2. | Rashladnik ulja | 7. | Klackalica | 12. | Vodilica VIC-a | 17. | Ulje za podmazivanje turbopunjača |
| 3. | Automatski filter | 8. | Podizna motka | 13. | Glavni ležaji | 18. | Nepovratni ventil |
| 4. | Termostatski ventil | 9. | Otvarač ventila | 14. | Šipka za mjerenje ulja | 19. | Pumpa ulja za podmazivanje |
| 5. | Ležaj zupčanika | 10. | Ležaj bregastog vratila | 15. | Osovinica klipa | 20. | Pumpa ulja za predpodmazivanje |

Tablica 9. Komponente sustava ulja [5]

Motor je opremljen pumpom za podmazivanje ulja koju izravno pokreće zupčanik pumpe na slobodnom kraju koljenastog vratila. Pumpa usisava ulje iz spremnika ulja i prisiljava ulje kroz hladnjak ulja za podmazivanje. Hladnjak je opremljen termostatskim ventilom za regulaciju temperature ulja. Ulje teče kroz glavni filter ulja za podmazivanje do glavnog razvodnog kanala u spremniku ulja i do glavnih ležajeva.

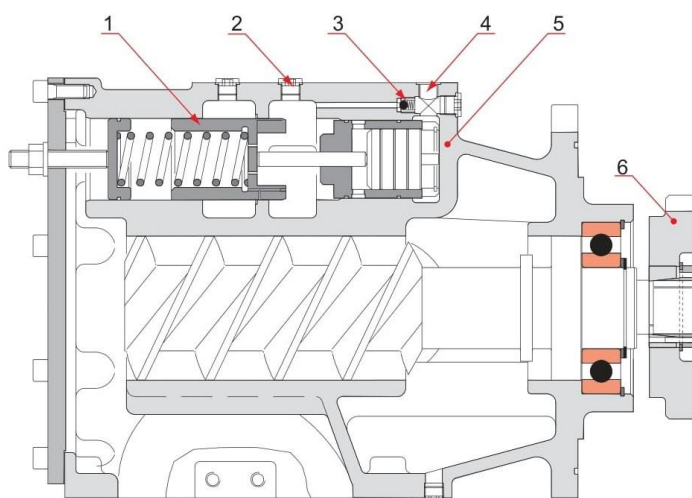
Dio ulja protječe kroz rupice na koljenastom vratilu do letećih ležaja malo i dalje do ojnice, osovine klipa, podmazuje košuljice cilindra i protječe kroz rashladne prostore klipa.

Ulje se odvodi zasebnim cjevovodima do:

- Ležajeva bregastog vratila
- Ventilnih mehanizama
- Pogonskih mehanizama bregaste osovine
- Zupčanika pumpi pogonjenih glavnim motorom
- Pumpi ubrizgavanja goriva
- Turbopunjača

Tlak u distribucijskim cijevima regulira se ventilom za regulaciju tlaka na pumpi ulja za podmazivanje. Tlak se može podesiti podešavanjem vijka na ventilu za regulaciju tlaka.

Koristi se vijčana pumpa ulja za podmazivanje. Pumpa je niskotlačna i opremljena je integriranim kombiniranim sigurnosnim ventilom za regulaciju tlaka. Ventil štiti pumpu od previsokog tlaka.



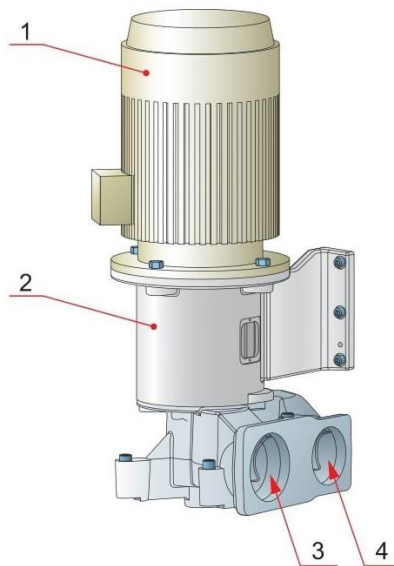
Slika 14. Jedinica pumpe ulja za podmazivanje [5]

| Komponente | | | |
|------------|----------------------------|----|----------------------------|
| 1. | Ventil za regulaciju tlaka | 4. | Referentni tlak |
| 2. | Čep | 5. | Pumpa ulja za podmazivanje |
| 3. | Sigurnosni ventil | 6. | Zupčanik |

Tablica 10. Komponente Jedinice pumpe ulja za podmazivanje [2]

Dio sustava je i pumpa za predpodmazivanje motora, to je zupčasta pumpa pogonjena elektromotorom. Pumpa sadrži i podesivi ventil za regulaciju tlaka. Pumpa predpodmazivanja koristi se za:

- Punjenje sustava ulja za podmazivanje prije pokretanja.
- Konstantno predpodmazivanje zaustavljenog motora kroz koje teče grijano teško gorivo.
- Konstantno predpodmazivanje zaustavljenog motora u izvedbama s više pogonskih motora, kada je jedan motor u radu.
- Podmazivanje nakon zaustavljanja motora kako bi se osiguralo dovoljno hlađenje ležaja i brtvi turbopunjača.



Slika 15. Pumpa predpodmazivanja [5]

| Komponente | | | |
|-------------------|------------------------|----|--------------------------|
| 1. | Elektromotor | 3. | Priključak za izlaz ulja |
| 2. | Pumpa predpodmazivanja | 4. | Priključak za ulaz ulja |

Tablica 11. Komponente pumpe predpodmazivanja [2]

5. SUSTAV RASHLADNE VODE

Kroz motor može protjecati samo pročišćena slatka voda koja sadrži potvrđene inhibitore korozije. Važno je da je voda prihvatljive kvalitete i potvrđeni inhibitori korozije koriste se izravno kada se sustav napuni nakon dovršene instalacije.

Ako postoji opasnost od smrzavanja, glikol je potrebno dodati u rashladnu vodu. Međutim, u slučaju da postoji nema rizika od smrzavanja, upotreba glikola u rashladnoj vodi mora se izbjeći zbog njegovog štetnog učinka u prijenosu topline.

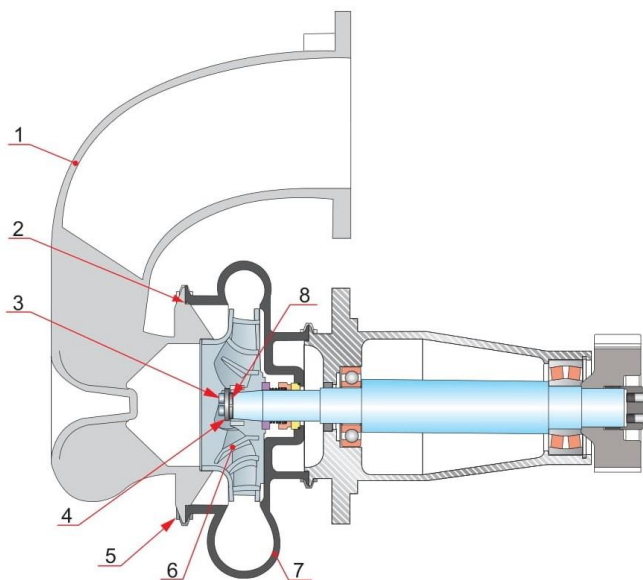
Sustav rashladne vode sastoji se od kruga visoke temperature(HT) i kruga niske temperature(LT).

Pumpe u sustavu vode su Centrifugalne pumpe pogonjene motorom preko zupčanika.

Vratilo pumpe postavljeno je na kuglični ležaj koji je podmazivan s uljem pod tlakom.

Brtva ležaja sprječava curenje ulja, prodor kontaminacija, a također sprječava prodor vode u ležajeve.

U pumpi, mehanička brtva sprječava isticanje rashladne vode. Mehanička brtva rotira se zajedno sa vratilom pumpe, Opruga pritiska rotirajući prsten od fiksni prsten i na taj način brtvi.



slika 16. Pumpa vode [6]

| Komponente | | | |
|------------|---------------|----|-------------|
| 1. | Kućište usisa | 5. | V-stezaljka |
| 2. | O-prsten | 6. | Impeler |

| | | | |
|----|-------------------|----|----------------|
| 3. | Vijak impelera | 7. | Kućište izlaza |
| 4. | Podloška impelera | 8. | Podloška |

Tablica 12. Komponente pumpe vode [5]

Motor je opremljen s odzračnim ventilima za sustave vode.

Odzračni ventili cilindara povezani su s cirkulacijskim cijevima vode.

Iz cirkulacijske cijevi i rashladnika zraka prednabijanja, odzračni ventil vodi u ekspanzijski tank. Cijevi ekspanzijskog tanka povezane su s usisom pumpi vode visoke i niske temperature.

U sustavu visoke temperature rashladne vode odzračni ventili nalaze se na multiduct - u i HT strani rashladnika zraka prednabijanja.

U sustavu niske temperature rashladne vode odzračni ventili nalaze se na LT strani rashladnika zraka prednabijanja i rashladniku ulja.

5.1. SUSTAV RASHLADNE VODE U KRUGU VISOKE TEMPERATURE

Rashladna voda u krugu visoke temperature hladi stijenke cilindra , glave cilindra i zrak prednabijanja.

Krug visoke temperature rashladne vode sastoji se od:

- Pumpe rashladne vode
- Sustava hlađenja zraka prednabijanja (ako se koristi rashladnik s dva stupnja)
- Termostatskog ventila

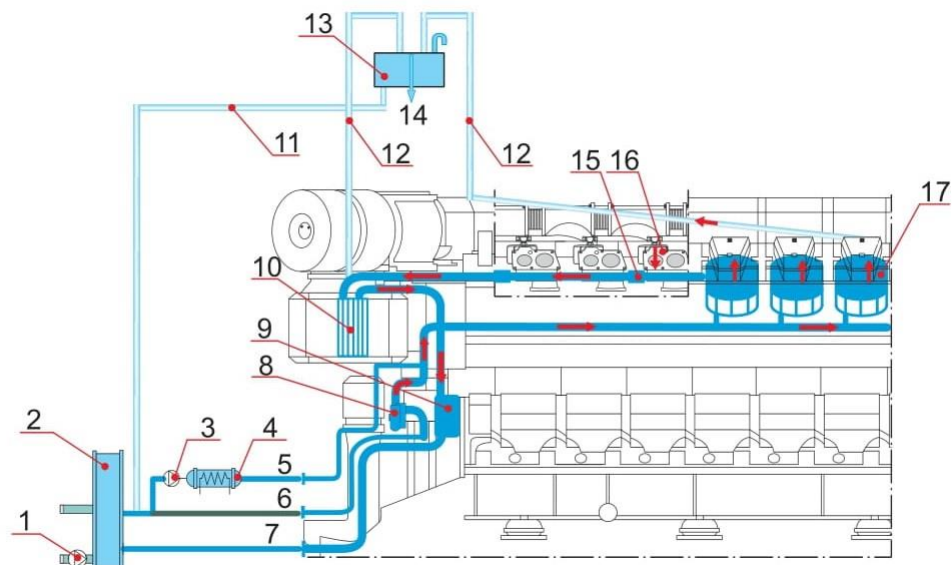
Termostatski ventil može biti postavljen na vanjski sustav rashladne vode , ne treba biti na motoru.

U nekim postrojenjima, rashladnik zraka prednabijanja hladi se vodom iz kruga niske temperature (LT).

Iz pumpe za rashladnu vodu visoke temperature, voda teče u razvodni kanal koji ju šalje u blok motora. Iz razvodnog kanala voda teče u vodeni omotač cilindra i dalje do glave motora.

U glavi cilindra voda prolazi oko ventila, sjedišta ispušnih ventila do ubrizgača goriva.

Iz glave cilindra voda otječe u cijev za sakupljanje odakle odlazi u prvi stupanj rashladnika zraka prednabijanja.



slika 17. Sustav rashladne vode kruga visoke temperature [2]

| Komponente | | | | | |
|------------|---------------------------|-----|--------------------------------|-----|-------------------|
| 1. | Pumpa vode | 7. | Izlaz HT vode | 13. | Ekspanzijski tank |
| 2. | Rashladnik | 8. | Pumpa HT vode | 14. | Preljevanje |
| 3. | Pumpa vode predgrijavanja | 9. | Termostatski ventil | 15. | Povratni vod |
| 4. | Predgrijač | 10. | Rashladnik zraka prednabijanja | 16. | Multiduct |
| 5. | Voda iz predgrijača | 11. | Linija za nadopunu sustava | 17. | Glava cilindra |
| 6. | Ulaz HT vode | 12. | Ventil za odzračivanje | | |

Tablica 13. Komponente sustava vode u krugu visoke temperature [1]

Predgrijavanje motora vrši se vodom iz kruga visoke temperature.

Prije pokretanja motora voda se pomoću zagrijača grije na željenu temperaturu, a pomoću pumpe šalje do motora. Nepovratni ventili u sustavu osiguravaju tok vode u pravom smjeru.

5.2. SUSTAV RASHLADNE VODE U KRUGU NISKE TEMPERATURE

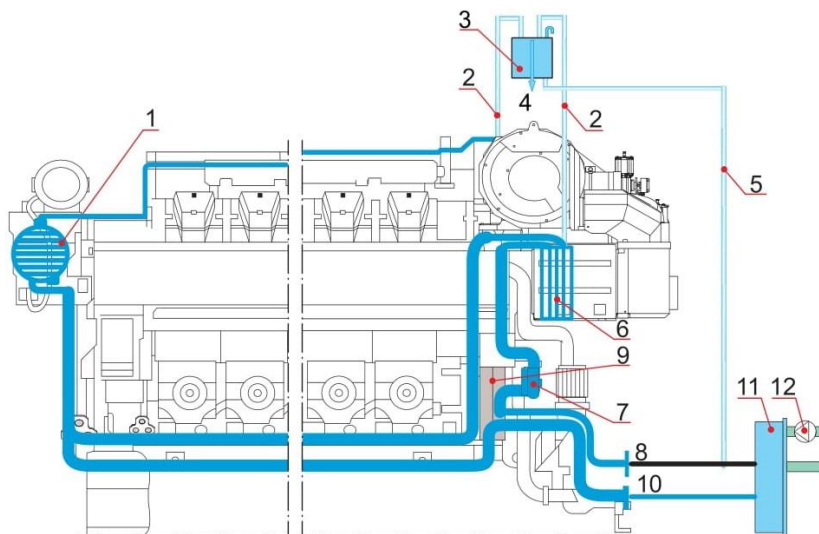
Rashladna voda u krugu niske temperature hladi zrak prednabijanja i ulje za podmazivanje, a sastoji se od:

- Pumpe rashladne vode

- Rashladnika zraka prednabijanja
- Rashladnika ulja za podmazivanje
- Termostatskog ventila

Termostatski ventil regulira temperaturu u sustavu.

Voda niske temperature prolazi kroz rashladnik zraka za prednabijanje, zatim kroz rashladnik ulja za podmazivanje, i na kraju kroz termostatski ventil. Ako je potrebno, hlađenje vode niske temperature vrši se preko centralnog rashladnika.



Slika 18. Sustav rashladne vode u krugu niske temperature [2]

| Komponente | | | |
|------------|-----------------------------------|-----|---------------------|
| 1. | Rashladnik ulja | 7. | Pumpa vode LT |
| 2. | Odzračni ventil | 8. | Ulaz vode LT |
| 3. | Ekspanzijski tank | 9. | Termostatski ventil |
| 4. | Preljevanje | 10. | Izlaz vode LT |
| 5. | Linija za nadopunu | 11. | Rashladnik |
| 6. | Rashladnik zraka za prednabijanje | 12. | Pumpa vode |

Tablica 14. Komponente sustava rashladne vode u krugu niske temperature [2]

6. SUSTAV UPUTNOG ZRAKA

Komprimirani zrak koristi se za pokretanje motora i za osiguravanje pokretačke energije radi sigurnosti i kontrole uređaja. Korištenje uputnog zraka u druge svrhe ograničeno je klasifikacijskim propisima.

Kako bi se osigurala funkcionalnost komponenti u sustavu komprimiranog zraka, komprimirani zrak ne smije sadržavati čvrste čestice i ulje.

Motor je pokretan direktnim ubrizgavanjem komprimiranog zraka u cilindre, preko glavnog uputnog ventila.

Svi motori, neovisno o broju cilindra, pokreću se pomoću komprimiranog zraka sa nazivnim tlakom od 3 MPa (30 bara).

Sustav uputnog zraka opremljen je ventilom za sporo okretanje, koji polako okreće motor bez ubrizgavanja goriva nekoliko okretaja prije starta kako bi se zaštitio motor u slučaju da u cilindrima ima ulja, goriva ili vode.

Sustav uputnog zraka sadrži:

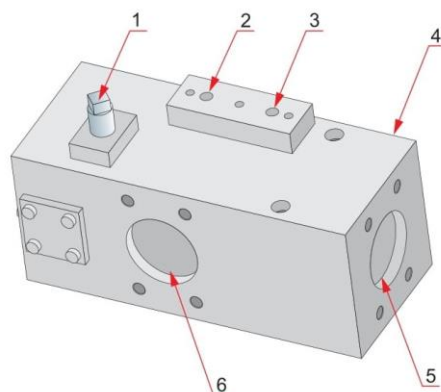
- Glavni uputni ventil
- Distributor uputnog zraka
- Uputne ventile
- Cjevovode uputnog zraka
- Pneumatski sustav

Kontrolni zrak koji aktira glavni uputni ventil, opskrbljen je zrakom preko solenoid ventila. Kao mjera opreza, motor ne može biti uključen kada je spojen uređaj za prekretanje, zato što je kontrolni zrak blokiran prema glavnom uputnom ventilu.

6.1. GLAVNI UPUTNI VENTIL

Glavni uputni ventil sastoji se od uputnog ventila i ventila za sporo okretanje.

Uputni ventil i ventil za sporo okretanje pokretani su pneumatski preko solenoid ventila. Solenoid ventili uobičajeno su daljinski upravljani, ali mogu se upravljati i ručno pritiskom tipke na solenoid ventilu.



Slika 19. Glavni uputni ventil [3]

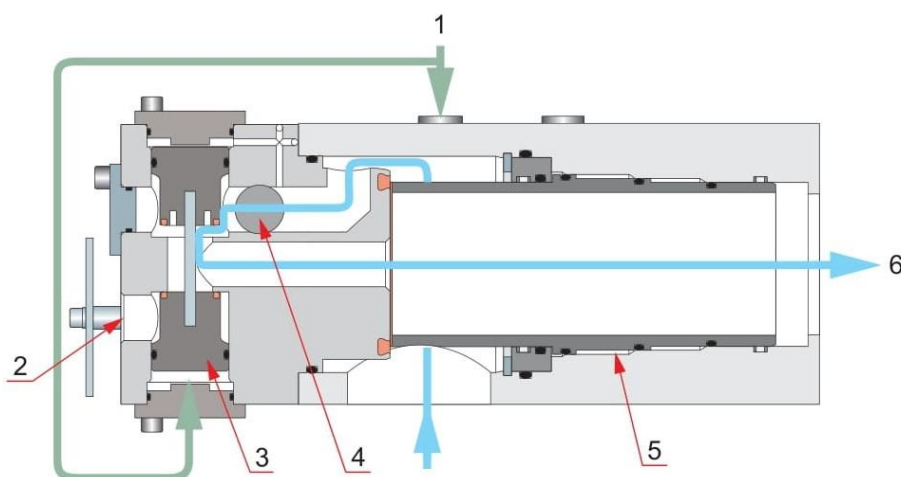
| Komponente | | | |
|------------|--------------------------------------|----|---------------------------------|
| 1. | Dugme za sporo okretanje | 4. | Glavni uputni ventil |
| 2. | Priključaka zraka za sporo okretanje | 5. | Priključak potrošačkog zraka |
| 3. | Priključak zraka za glavni start | 6. | Ulazni priključak uputnog zraka |

Tablica 15. Komponente glavnog uputnog ventila [3]

Glavni uputni ventil ima tri radne faze:

- Sporo okretanje
- Start
- Zatvoren

U fazi sporog okretanja, upravljački zrak (1) pomiče dvostruki klip(3) tako da krug sporog okretanja bude otvoren. Glavni uputni ventil ima regulacijski ventil (4) za prilagođavanje brzine sporog okretanja.

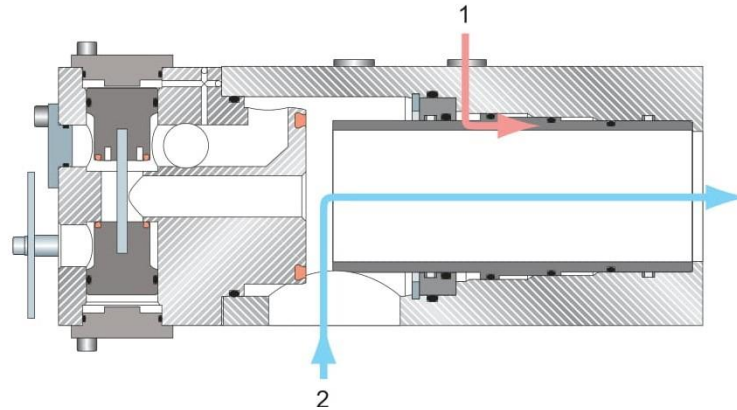


Slika 20. Sporo okretanje [5]

| Komponente | | | |
|------------|------------------|----|---------------------|
| 1. | Upravljački zrak | 4. | Regulacijski ventil |
| 2. | Odzračivanje | 5. | Šuplji klip |
| 3. | Dvostruki klip | 6. | Potrošački zrak |

Tablica 16. Komponente Glavnog uputnog ventila u sporom okretanju [5]

U start fazi, upravljački zrak (1) pritiska šuplji klip tako da uputni zrak teče slobodno.

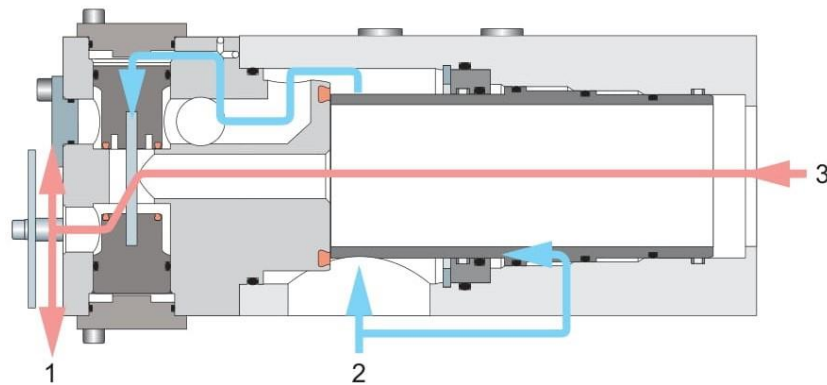


Slika 21. Glavni uputni ventil u start fazi [5]

| Komponente | | | |
|------------|------------------|----|--------------------|
| 1. | Upravljački zrak | 2. | Spoj usisne cijevi |

Tablica 17. Komponente glavnog uputnog ventila u start fazi [5]

U zatvorenoj fazi, nema upravljačkog zraka, Glavna linija zraka je zatvorena.



Slika 22. Glavni uputni ventil u zatvorenoj fazi [5]

| Komponente | |
|------------|------------------------|
| 1. | Odzračavanje |
| 2. | Spoj usisne cijevi |
| 3. | Spoj potrošačke cijevi |

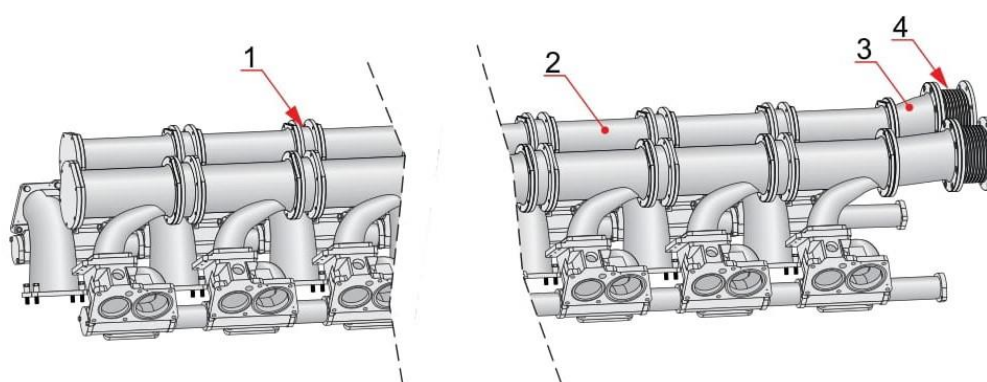
Tablica 18. Komponente Glavnog uputnog ventila u zatvorenoj fazi [5]

7. SUSTAV ISPUHA

Sustav ispuha sastoji se od razdjelnika zatvorenih u izolacijskoj kutiji. Sustav ispuha je izvedbe s jednom cijevi (eng. Single-pipe exhaust system- SPEX).

Sustav je kombiniran pulsni i konstantnog tlaka, zato može koristiti pulsacije tlaka bez ometanja ispiranja cilindara.

Ispušni plinovi iz svih cilindara vode u jedan razdjelnik koji odvodi u turbopunjač sa svake strane motora. Sekcije cijevi imaju ekspanzijske zglobove kako bi zaštitili cjevovode od termičkih deformacija.



Slika 23.Sustav ispuha SPEX [3]

| Komponente | | | |
|------------|--------------------|----|--------------------|
| 1. | Ekspanzijski zglob | 3. | Priključni dio |
| 2. | Ispušna cijev | 4. | Ekspanzijski zglob |

Tablica 19. Komponente sustava ispuha [3]

Prirodni plin može ući u ispušni sustav ako dođe do kvara tijekom plinskog rada.

Plin se može nakupiti u ispušnom cjevovodu i mogao bi se zapaliti u slučaju izvora paljenja (poput iskre) pojavljuje se u sustavu. Vanjski ispušni sustav stoga mora biti projektiran tako da povećanje tlaka u slučaju eksplozije ne prelazi maksimalni dopušteni tlak za bilo koju komponentu u sustavu. Motor može podnijeti tlak od najmanje 200 kPa. Ostale komponente u sustavu mogu imati niži maksimum granica tlaka. Posljedice moguće eksplozije plina mogu se minimizirati odgovarajućim postupkom dizajna ispušnog sustava; motor neće biti oštećen, a eksplozivni plinovi će biti sigurno usmjereni unaprijed definiranim rutama. Treba se pridržavati sljedećih smjernica pri projektiranju vanjskog ispušnog sustava:

- Cijevi i sve ostale komponente u ispušnom sustavu trebaju imati konstantno prema gorenagib kako bi se spriječilo nakupljanje plina u sustavu. Ako se vodoravni presjeci cijevi ne mogu potpuno izbjeći, njihovu duljinu treba svesti na minimum. Prigušivači i ispušni kotlovi itd. moraju biti projektirani tako da se plin ne može nakupljati unutra.
- Ispušni sustav mora biti opremljen uređajima za uklanjanje eksplozije, poput diskova koji se lome, kako bi se osiguralo sigurno ispuštanje tlaka eksplozije. Izlazi uređaja za pomoć od eksplozije moraju biti na mjestima na kojima se tlak može sigurno otpustiti.

7.1. Emisija ispušnih plinova

Emisije ispušnih plinova iz motora s dva goriva uglavnom se sastoje od dušika, ugljičnog dioksida (CO₂), vodene pare s manjim količinama ugljičnog monoksida (CO), sumpornih oksida (SO_x) i dušikovih oksida (NO_x), djelomično reagiranih i negorivih ugljikovodika i čestica.

Zbog visoke učinkovitosti i čistog goriva koje se koristi u motoru s dva goriva u plinskom načinu rada, emisije plina pri radu na plin izuzetno su niske. U motoru na dva goriva, omjer zraka i goriva je vrlo visok i ujednačen po cilindrima. Maksimalne temperature i naknadne emisije Nox-a zbog toga su male. Budući da se ista specifična količina topline oslobađa izgaranjem i koristi se za zagrijavanje velike mase zraka.

Koristeći se ovom jedinstvenom značajkom lean burn - a, emisije NO_x iz motora Wärtsilä DF vrlo su niske, u skladu s većinom postojećih odredbi. U plinskom načinu rada ispunjene su najstrože emisije IMO - a, EPA - e i SECA - e.

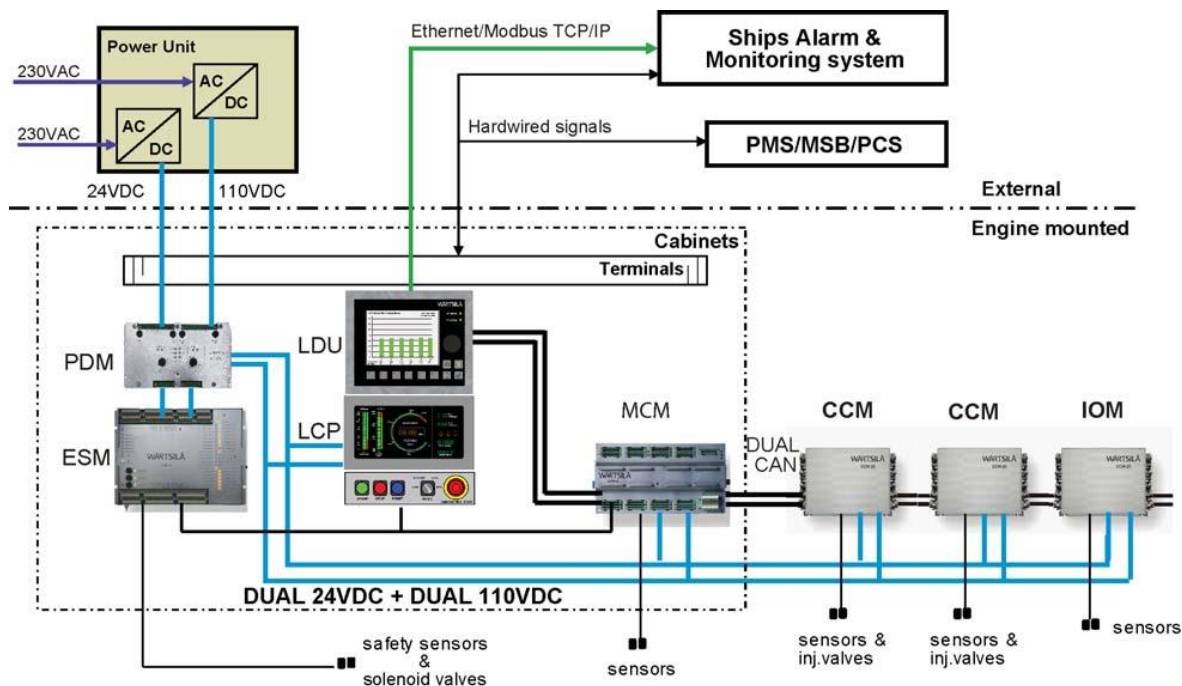
Da bi se postigle niske emisije u radu plina, bitno je da se ubrizga vrlo mala količina dizelskog goriva. Motori Wärtsilä DF stoga koriste "mikro - pilot" s manje od 1% dizel goriva ubrizganog pri nazivnom opterećenju. Tako su emisije SO_x iz motora s dvostrukim gorivom zanemarive. Kad je motor u dizelskom načinu rada, emisije su u istom rasponu kao i za svaki obični dizelski motor, a motor će se isporučiti s EIAPP certifikatom u pokazati usklađenost s MARPOL -ovim Prilogom VI.

8. SUSTAV AUTOMATIZACIJE MOTORA “UNIC”

Kontrolom i nadzorom upravlja sustav UNIC (eng. Unified controls system). Sustav kontrolira i regulira funkcije motora, poput brzine i opterećenja, ubrizgavanja goriva, te razne ventile motora i upravljačke uređaje. Sustav također prati status motora.

Funkcije UNIC sustava:

- Start/ stop motora
- Kontrola brzine i opterećenja
- Gašenje motora (eng. shutdown)
- Zaustavljanje motora u slučaju nužde
- Alarmi
- Komunikacija unutar sustava i s ostalim sustavima putem ožičenih kanala
- Kontrola električnog ubrizgavanja goriva(EFIC)
- Menadžment goriva u plinskom, dizel ili backup režimu

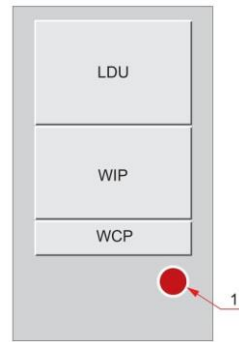


Slika 24.UNIC [4]

Komponente UNIC-a su:

- Lokalna upravljačka ploča (LCP)

LCP je sučelje na motoru za pokretanje i zaustavljanje motora (ako je WCP opremljen) kao i provjeru statusa motora (mjerjenja, postavke, vrijednosti signala i statusi, itd.).

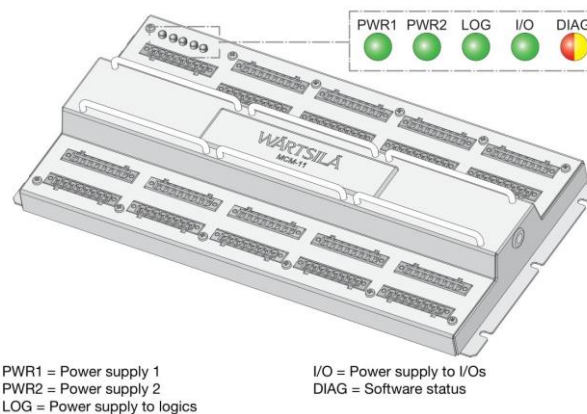


1 Emergency stop

slika 25. Lokalna upravljačka ploča [6]

- Glavni upravljački modul (MCM)

MCM je modul za upravljanje i prikupljanje podataka. Ima niz analognih i digitalnih ulaza i izlaza.



PWR1 = Power supply 1
PWR2 = Power supply 2
LOG = Power supply to logics

I/O = Power supply to I/Os
DIAG = Software status

slika 26. Glavni upravljački modul [6]

- Modul ulaza i izlaza (IOM)

IOM upravlja mjerenjima i ograničenim kontrolnim funkcijama u određenom području motor u kojem se nalaze senzori i uređaji. Broj modula varira prema vrsti motora, primjeni i broju cilindara.

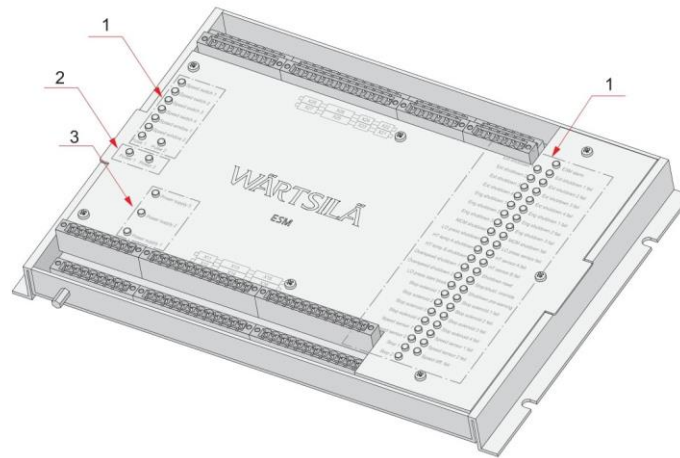
- Modul upravljanja cilindrima (CCM)

CCM upravlja kontrolom ubrizgavanja goriva i mjerenjima vezanim za cilindar. CCM izračunava relevantno trajanje i vrijeme ubrizgavanja na temelju referenci koje je poslao glavni upravljački modul (MCM). Komunicira s MCM -om i drugim modulima putem CAN -a.

- Sigurnosni modul motora (ESM)

Glavni zadaci sigurnosnog modula motora (ESM) su : Sigurnosne funkcije, Ugašenje motora u slučaju prekoračenja brzine, Isključivanje motora u slučaju preniskog tlaka

mazivog ulja, Isključivanje motora u slučaju previsoke temperature HT rashladne vode (ako postoji), Otkrivanje grešaka na sensorima, solenoidima i žicama

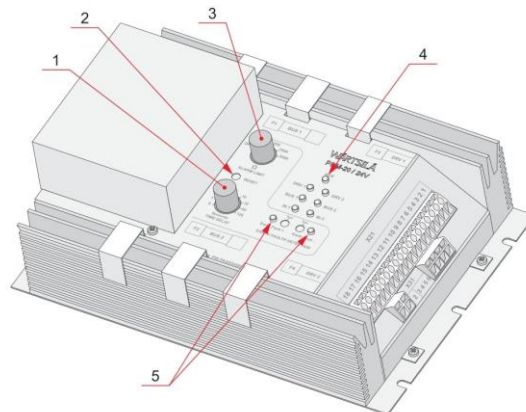


- 1 LED indications for safety actions and the engine status
- 2 Power supply LEDs
- 3 Internal power supply LEDs

slika 27. Sigurnosni modul motora [6]

- Modul raspodjele snage (PDM)

Svrha PDM -a je napajati svu elektroničku opremu na motoru: Filtriranje napajanja, Zaštita od prenapona i naponskih prijelaza, Nadzor uzemljenja.



- 1 Time delay
- 2 Reset button access hole
- 3 Alarm limit
- 4 LED indicators for input supply voltage and fuses
- 5 LED indicators for earth faults

slika 28. Modul raspodjele snage [5]

8.1. SENZORI I ALARMI

Svi senzori na motoru spojeni su na module u sustavu upravljanja i nadzora.

Senzori su spojeni na glavni upravljački modul (MCM), ulazne i izlazne module (IOM) i upravljački moduli cilindara (CCM). Senzori spojeni na IOM -ove I CCM -ove šalju informacije putem CAN- a MCM-u gdje se oni obrađuju (na primjer,

provjeravaju se sigurnosne granice). Neka odabrana mjerenja senzora također se šalju vanjskim sustavima preko vanjske komunikacijske sabirnice.

Senzori omogućuju kontrolu i nadziranje sustava mjerenjem parametara motora:

- Senzori brzine i faze
- Senzori temperature
- Tranzmiteri tlaka, Tlačne sklopke
- Senzori razine
- Granični prekidači
- Pozicijski prekidači

UNIC sustav omogućuje nadziranje grešaka za :

- Kvar senzora
- Sve ulazne analogne signale
- Zaustavljanje u slučaju nužde (digitalni ulaz)
- Vanjska otkazivanja (digitalni ulaz)
- Kvarove sigurnosnog modula motora
- Greške u napajanju električnom energijom

Ako veza sa sensorom ne uspije, aktivira se alarm kvara senzora. Neka mjerenja, poput broja okretaja motora, redundantna su, a u slučaju kvara senzora, sustav se automatski prebacuje na rezervni senzor. Osim toga, koriste se neke rezervne strategije kontrole temeljene na drugim mjerenjima koja se aktiviraju po potrebi.

9. ZAKLJUČAK

Cijena goriva, kao i mjere zaštite okoliša predstavljaju neke od najvećih problema modernog pomorstva. Motori na dvojno gorivo mogu raditi u plinskom ili dizel režimu, s mogućnošću prebacivanja tijekom rada motora bez gubitaka snage. U plinskom režimu rada motori ispuštaju zanemarivu količinu sumporovih oksida u atmosferu i znatno manje količine ostalih štetnih emisija. Sustav automatiacije pokriva sve bitne radne sustave što omogućuje siguran i pouzdan rad motora. Wärtsilä 34DF motori zadovoljavaju IMO norme razreda 3 (Tier III). Za očekivati je da će se područja ECA i SECA u bliskoj budućnosti širiti, a u daljnjoj budućnosti obuhvatiti će cijeli svijet. U radu su obrađeni najvažniji sustavi motora na dvojno gorivo, prikazane su njihove funkcije i značajke. Imajući u vidu činjenicu da su rezerve prirodnog plina dosta veće od nafte, a s ekološke strane je prirodni plin dosta čišći i manje zagađuje okoliš, potencijal za korištenje prirodnog plina za pogon brodskih dizelskih motora je velik.

LITERATURA

- [1] <https://www.wartsila.com/media/news/03-10-2018-new-wartsila-power-plant-will-support-industry-development-in-equatorial-guinea-2628039>
- [2] <https://www.wartsila.com/marine/build/engines-and-generating-sets/dual-fuel-engines/wartsila-34df>
- [3] Wärtsilä 34DF project guides, Vassa, November 2020.
- [4] Wärtsilä 34DF product guide, Vassa, November 2020.
- [5] Wärtsilä, Wärtsilä Instruction manual, Finland Oy, Vassa.
- [6] Woodward, SOGAV 250 Installation, Operation and Maintenance Manual, 2007
- [7] Wärtsilä, Training manual, Wärtsilä Finland Oy, 2011.
- [8] Wärtsilä, Wärtsilä Engine operation and maintenance manual, Finland Oy, 2020.
- [9] Tirelli G.; Wärtsilä dual-fuel engines, Rijeka, September 2009.
- [10] MARPOL 73/78 Annex VI – Regulations for the prevention of Pollution from ships
- [11] Radica G.:*Brodski motori*, nastavni materijali, Pomorski fakultet u Splitu

- [12] <https://www.wartsila.com/services-catalogue/engine-services-4-stroke/refurbishing-of-injection-valves-for-dual-fuel-engines>
- [13] Wärtsilä, LNG Shipping solutions, Finland, 2017.

POPIS SLIKA

| | |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| slika 1. Wartsilla 34DF [1]..... | 2 |
| slika 2. Prikaz motora sa dimenzijama [2]..... | 3 |
| slika 3. Dizel režim motora na dvojno gorivo [3] | 5 |
| slika 4. Plinski režim motora na dvojno gorivo [3] | 6 |
| slika 5. Odnos temperature i viskoziteta [4] | 6 |
| slika 6. Jedinica za obradu plina [4] | 7 |
| slika 7. SOGAV ventil [6]..... | 8 |
| slika 8. Sustav plina [2] | 8 |
| slika 9. Sustav dizel goriva [4] | 10 |
| slika 10. Ubrizgač sa dvije sapnice [12] | 10 |
| slika 11. Pumpa za ubrizgavanje goriva [5] | 11 |
| slika 12. Pumpa pilot goriva [5]..... | 12 |
| Slika 13. Sustav ulja za podmazivanje [5] | 15 |
| Slika 14. Jedinica pumpe ulja za podmazivanje [5]..... | 16 |
| Slika 15. Pumpa predpodmazivanja [5] | 17 |
| slika 16. Pumpa vode [6] | 18 |
| slika 17. Sustav rashladne vode kruga visoke temperature [2] | 20 |
| Slika 18. Sustav rashladne vode u krugu niske temperature [2] | 21 |
| Slika 19. Glavni uputni ventil [3] | 23 |
| Slika 20. Sporo okretanje [5]..... | 23 |
| Slika 21. Glavni uputni ventil u start fazi [5] | 24 |
| Slika 22. Glavni uputni ventil u zatvorenoj fazi [5] | 24 |
| Slika 23. Sustav ispuha SPEX [3]..... | 25 |
| Slika 24. UNIC [4] | 27 |
| slika 25. Lokalna upravljačka ploča [6]..... | 28 |
| slika 26. Glavni upravljački modul [6] | 28 |
| slika 27. Sigurnosni modul motora [6] | 29 |
| slika 28. Modul raspodjele snage [5] | 29 |

POPIS TABLICA

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| tablica 1. Tehničke karakteristike motora [1]..... | 2 |
| Tablica 2. Maksimalan kontinuirani učinak [1] | 3 |
| Tablica 3. Dimenzije i težina motora [1] | 3 |
| Tablica 4. Komponente jedinice za obradu plina [5] | 7 |
| Tablica 5. Komponente sustava plina [3]..... | 9 |
| Tablica 6. Komponente pumpe pilot goriva [2] | 12 |
| Tablica 7. Zahtjev ulja za rad u plinskom / MDF načinu [5] | 13 |
| Tablica 8. Zahtjev mazivog ulja za rad u HFO načinu [1] | 14 |
| Tablica 9. Komponente sustava ulja [5] | 15 |
| Tablica 10. Komponente Jedinice pumpe ulja za podmazivanje [2]..... | 16 |
| Tablica 11. Komponente pumpe predpodmazivanja [2] | 17 |
| Tablica 12. Komponente pumpe vode [5] | 19 |
| Tablica 13. Komponente sustava vode u krugu visoke temperature [1] | 20 |
| Tablica 14. Komponente sustava rashladne vode u krugu niske temperature [2] | 21 |
| Tablica 15. Komponente glavnog uputnog ventila [3] | 23 |
| Tablica 16. Komponente Glavnog uputnog ventila u sporom okretanju [5] | 24 |
| Tablica 17. Komponente glavnog uputnog ventila u start fazi [5] | 24 |
| Tablica 18. Komponente Glavnog uputnog ventila u zatvorenoj fazi [5] | 24 |
| Tablica 19. Komponente sustava ispuha [3]..... | 25 |

POPIS KRATICA

| | |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| MDF (engl. <i>Marine diesel fuel</i>) | Dizel gorivo |
| HFO (engl. <i>Heavy fuel oil</i>) | Teško gorivo |
| DF (engl. <i>Dual fuel</i>) | Dvojno gorivo |
| LNG (engl. <i>Liquefied natural gas</i>) | Ukapljeni prirodni plin |
| IMO (engl. <i>International Maritime Organization</i>) | Međunarodna pomorska organizacija |
| MARPOL 73/78 | Međunarodna konvencija o sprječavanju onečišćenja s brodova |
| GVU (eng. <i>Gas valve unit</i>) | Jedinica za kontrolu plina |
| WECS (eng. <i>Wärtsilä Engine Control System</i>) | Sustav nadzora rada motora |
| CAN (eng. <i>Controller Aerea Network</i>) | Protokol kontrolne mreže |
| LCP (eng. <i>Local Control Panel</i>) | Lokalna upravljačka ploča |
| LDU (eng. <i>Local Display Unit</i>) | Lokalna grafička jedinica |
| MCM (eng. <i>Main Control Module</i>) | Glavni upravljački modul |
| CCM (eng. <i>Cylinder Control Module</i>) | Upravljački modul cilindra |
| PWM (eng. <i>Pulse Width Modulation</i>) | Impulsno-širinska modulacija |
| ECA (eng. <i>Emission Controlled Area</i>) | Područje kontrole emisije ispušnih plinova |
| SECA (eng. <i>Sulphur Emission Controlled Area</i>) | Područje kontrole emisije Sumpora |
| SCR (eng. <i>Selective Catalytic Reduction</i>) | Selektivna katalitička redukcija |
| ICU (eng. <i>Injection Control Unit</i>) | Jedinica ubrizgavanja goriva |