Sustav automatskog upravljanja na brodovima s dizel električnom propulzijom

Gović, Franko

Undergraduate thesis / Završni rad

2018

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://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:164:751902

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**

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

zir.nsk.hr

UNIVERSITY OF SPLIT

dabar
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI

SVEUČILIŠTE U SPLITU

POMORSKI FAKULTET U SPLITU

FRANKO GOVIĆ

SUSTAV AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA NA BRODOVIMA S DIZEL ELEKTRIČNOM PROPULZIJOM

ZAVRŠNI RAD

SPLIT, 2018.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

POMORSKI FAKULTET U SPLITU

STUDIJ: POMORSKE ELEKTROTEHNIČKE I INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

SUSTAV AUTOMATSKOG UPRAVLJANJA NA BRODOVIMA S DIZEL ELEKTRIČNOM PROPULZIJOM

ZAVRŠNI RAD

MENTOR: **doc. dr. sc. Petar Matić**

STUDENT: **Franko Gović**

(MB:0171269000)

SPLIT, 2018.

SAŽETAK

Cilj rada je opisati način rada sustava automatskog upravljanja kod broda koji koristi dizel-električnu propulziju. Kao predmet istraživanja korišten je Kongsbergov simulator brodske strojarnice putničkog broda K-Sim ERS Diesel Electric-III. U radu su predstavljeni strojevi i sustavi koje ovakav pogon koristi kako bi se olakšalo razumijevanje rada upravljačkog sustava. Zbog složenosti i veličine pogona, dio sustava je izostavljen, a pažnja rada je usmjerena ka automatizaciji električne centrale i poriva broda, što uključuje glavnu propulziju i pramčane potisnike. Na temelju iznesenog je donesen zaključak o stupnju automatiziranosti i značaju automatizacije za razmatrani pogon.

Ključne riječi:automatizacija broda, dizel-električna propulzija, brodski strojni sustavi, KongsbergEngine Room simulator, putnički brod za kružna putovanja.

ABSTRACT

The main goal is to describe the operation of the automation system on a ship that uses diesel-electric propulsion. As a case study, Kongsberg's engine room simulator of a passenger ship, K-Sim ERS Diesel Electric-III, was used. The paperalso describes machines and systems of the engine room for better understanding of the thesis. Because of complexity and size of a system, not all parts of the system are described in detail, rather the focus is placedon theautomation of electric plant and ships propulsion, which includes the main propulsion and bow thrusters. A final conclusion was madeabout the degree of automation and significance of automation for the considered type of a ship engine room.

Key words:ship automation, diesel-electric propulsion, ship machine systems, Kongsberg Engine Room simulator, passenger cruise ship

SADRŽAJ

1. UVOD 1

2. STROJNI SUSTAVI BRODOVA S DIZEL-ELEKTRIČNOM PROPULZIJOM I KONSBERG SUSTAVOM UPRAVLJANJA 2

2.1. SVOJSTVA POGONA 2

2.2. SUSTAV RASHLADNE VODE POMOĆNIH STROJEVA 3

2.3. SUSTAV RASHLADNE VODE VISOKE TEMPERATURE DIZEL GENERATORA 4

2.4. SUSTAV SLATKE VODE NISKE TEMPERATURE DIZEL GENERATORA 6

2.5. GLAVNI SUSTAV MORSKE VODE 7

2.6. SUSTAV USLUŽNOG I ZRAKA ZA UPRAVLJANJE 9

2.7. SUSTAV ZRAKA ZA UPUĆIVANJE 10

2.8. SUSTAV OPSKRBE GORIVOM 11

3. BRODSKI ELEKTRIČNI SUSTAV 14

3.1. GLAVNA SKLOPNA PLOČA OD 6.6KV 15

3.2. GLAVNA SKLOPNA PLOČA OD 440 V 17

3.3. SKLOPNA PLOČA ZA NUŽNOST OD 440V 18

3.4. SUSTAV PROPULZIJE 20

3.5. SKLOPNA PLOČA OD 220 V I UPS 23

4. UPRAVLJANJE BRODSKOM ELEKTRIČNOM CENTRALOM 25

4.1. ELEKTRONIČKI REGULATOR ZA UPRAVLJANJE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM 25

4.2. SUSTAV UPRAVLJANJA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM (PMS) 28

4.3. PLOČA ZA UPRAVLJANJE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM 29

4.4. PLOČA ZA UPRAVLJANJE POTISNICIMA 30

4.5. UPRAVLJANE SMJEROM PLOVIDBE BRODA 31

5. ZAKLJUČAK 33

1. UVOD

U ovom rad opisan je način rada sustava automatskog upravljanja na brodovima s dizel električnom propulzijom, na primjeru Kongsberg simulatora brodske strojarnice putničkog broda K-Sim ERS Diesel Electric-III. Tema rada je obrađena kroz tripoglavlja, od drugog do četvrtog, a u zadnjem, petom poglavlju je iznesen zaključak.

U drugomsu poglavlju prvo navedene osnovne značajke pogona, a nakon toga su opisani dijelovi sustava koji rade u funkciji brodske električne centrale, kao što su sustavi rashladne vode i mora, uslužnog i zraka za upućivanje te sustav goriva.

U trećem poglavlju je opisan električni dio sustava, tj. brodska električna centrala i cjelokupna električna mreža. Pod električnim sustavom opisane su glavne sklopne ploče i distribucija električne energije do trošila spojenih na istu. Također je predstavljen sustav za napajanje u nuždikoji se koristi u slučaju nestanka električne energije ili u pripremi raspremljenog pogona.

Četvrto poglavlje posvećeno je detaljnom opisu osnovne teme ovog rada, automatizacijipogona koja uključuje sustav za upravljanje električnom energijom, upravljanje propulzijom i potisnicima te kursom broda, ali i cjelokupnim pogonom te svim strojevima i dijelovima brodskog pogonskog sustava.

U petompoglavlju iznesen je zaključak ovoga rada temeljen na prethodno obrađenim poglavljima.

2. STROJNI SUSTAVI BRODOVA S DIZEL-ELEKTRIČNOM PROPULZIJOM I KONSBERG SUSTAVOM UPRAVLJANJA

2.1. SVOJSTVA POGONA

Simulator brodske strojarnice ERS DE-III predstavlja (simulira) pogon tipičan za veći putnički brod sljedećih svojstava i vrijednosti:

- zapremnina: 77000 GRT;
- dužina: 261 m;
- širina: 33,60 m;
- gaz: 7,95 m;
- putnici: 2000;
- posada: 1000;
- brzina krstarenja: 18,5 čvorova;
- glavni izvor električne energije: četiri dizel generatora, svaki snage 11,1 MW;
- izvor električne energije u slučaju nužde: dva dizel generatora, svaki snage 600 kW;
- propulzijski motori: dva sinkrona motora, svaki snage 14 MW;
- propeleri: dva direktno spojena vijka nepromjenjivog uspona;
- kormila: dva;
- brzina propelera: 0-140 okr/min
- potisnici: četiri potisnika, dva pramčana i dva krmena.

U električnoj centrali nalaze se dvije glavne sklopne ploče, jedna koja je spojena na trofaznu mrežu napon 6.6 kV i frekvencije 60 Hz i jedna koja je spojena na trofaznu mrežu od 440 V/60 Hz. Sklopna ploča od 6.6 kV se nalazi u svom zasebnom odjeljku u strojarnici dok se ploča od 440 V nalazi u upravljačkoj sobi u strojarnici. 6,6 kV GSP napaja 440 V GSP preko 6,6 kV/440 V transformatora.

440 V sklopna ploča za nužnost se najčešće napaja s 440 V GSP, ali se također može napajati direktno s neovisnog generatora za nuždu. Sklopna ploča za nuždu se nalazi u odjeljku generatora za nuždu u nadgrađu broda.

Propulzija je sačinjena od dva trofazna sinkrona motora s dva odvojena namota i odvojenim transformatorima za napajanje i pretvaračima za rad na pola snage. Svaki motor pokreće osovinu jednog vijkanepromjenjivog uspona. Za upravljanje brodom u

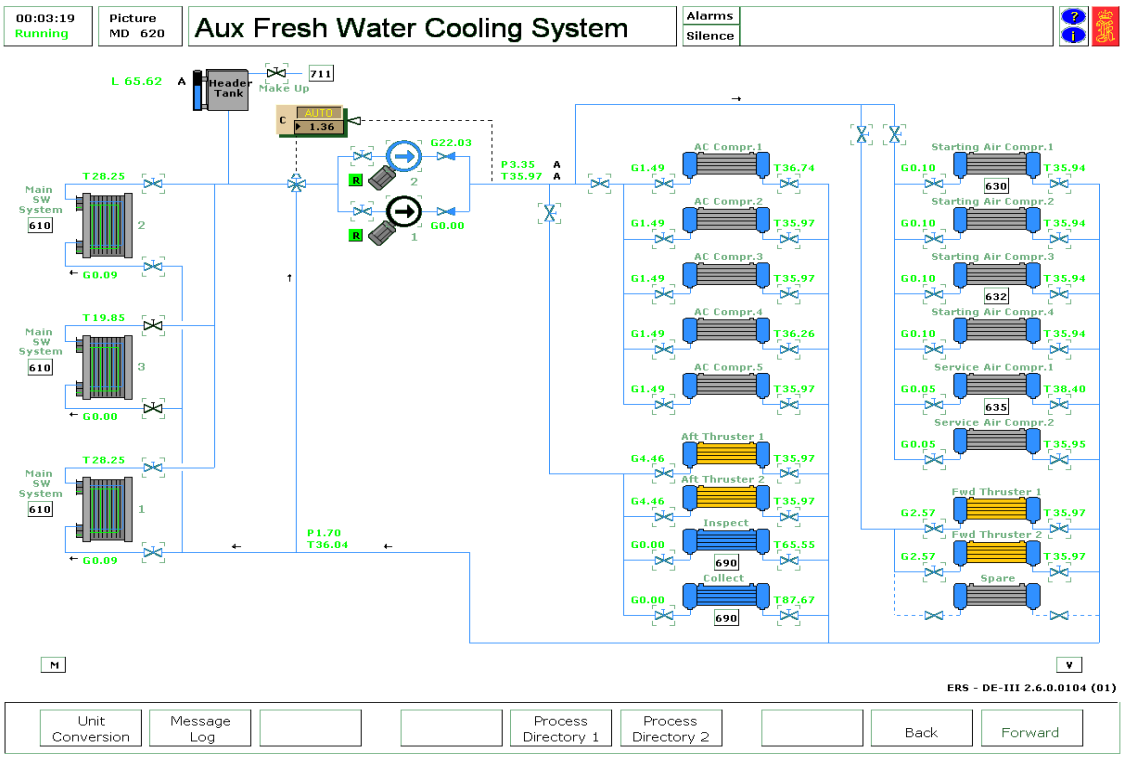
mirovanjukoriste se četiri trofazna potisnika s izmjeničnim motorom od 6,6 kV. Dva potisnika snage po 1400 kW se nalaze na krmi, a dva potisnika snage po 1700 kW se nalaze na pramcu.

Dva najveća trošila nakon propulzijskih motora predstavlja pet velikih trofaznih kompresora spojenih na mrežu od 6,6 kV. Tri kompresora su snage po 3000 kW svaki i dva po 2000 kW. Ostalatrošila su spojeni na sklopne ploče od 440 V i 220 V.

2.2. SUSTAV RASHLADNE VODE POMOĆNIH STROJEVA

Pomoćni sustav slatke rashladne vode, prikazan na slici 1, je zatvoreni sustav koji tjera rashladnu vodu kroz pomoćne strojeve mehaničkog sustava u svrhu hlađenja, odnosno odvođenja topline od istih.Sustav služi sljedećim uređajima:

- kompresori klimatizacije,
- kompresori zraka,
- pumpe,
- potisnici i
- slivni spremnici u sustavu pare.

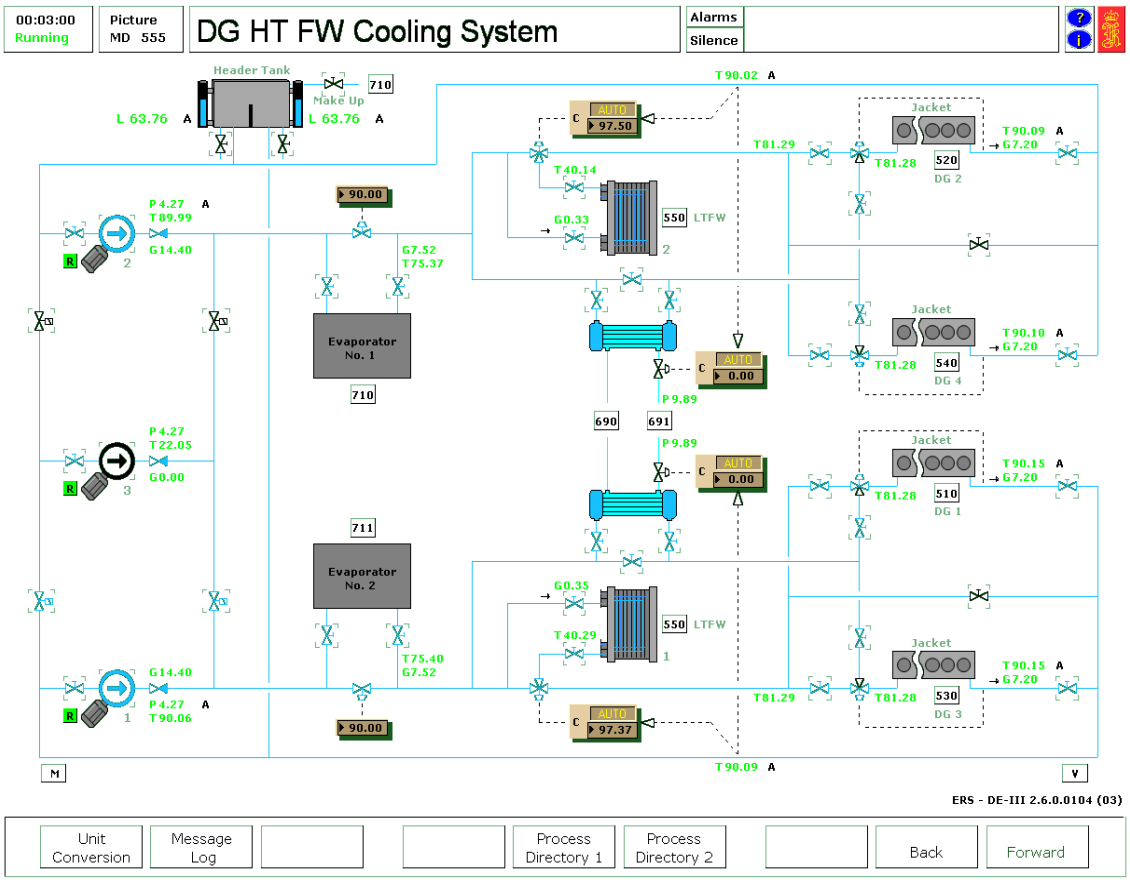


Slika 1. Sustav rashladne vode pomoćnih strojeva [1]

U radu ovog sustava koriste se dvije pumpe, jedna radi u normalnim uvjetima rada, a druga je u pripravnosti. Nakon oporavka od nestanka električne energije pumpa za normalan način rada će se ponovno pokrenuti i nastaviti radom.Pumpama se upravlja ili iz upravljačke sobe ili lokalno u strojarnici. Spremnik za vodu je opremljen alarmom niske razine i može se nadopuniti otvaranjem ventila u slučaju nedovoljne količine rashladne vode.

Regulator upravlja ovim sustavom preko troputnog regulacijskog ventila tako da održava vrijednost rashladne vode na 36°C. Ako je temperatura rashladne vode viša od 36°C ventil preusmjeri tok rashladne vode tako da većinu vode uzima iz hladila (izmjenjivača topline), a onda voda ide prema stroju. U slučaju kad je temperatura manja od 36°C troputni ventil se zakreće tako da se manje vode uzima iz hladila, a veći dio vode dolazi iz zaobilazne grane.

2.3. SUSTAV RASHLADNE VODE VISOKE TEMPERATURE DIZEL GENERATORA



Slika 2. Shema sustava rashladne vode VT-e dizel generatora [1]

Ovaj sustav za regulaciju temperature košuljice motora dizel generatorai sastoji se od četiri regulacijske petlje, od kojih svaka raspolaže sa svojim spremnicima rashladne vode, opremljenima alarmima niske razine, koji se ručno nadopunjuju otvaranjem ventila za nadopunjavanje.

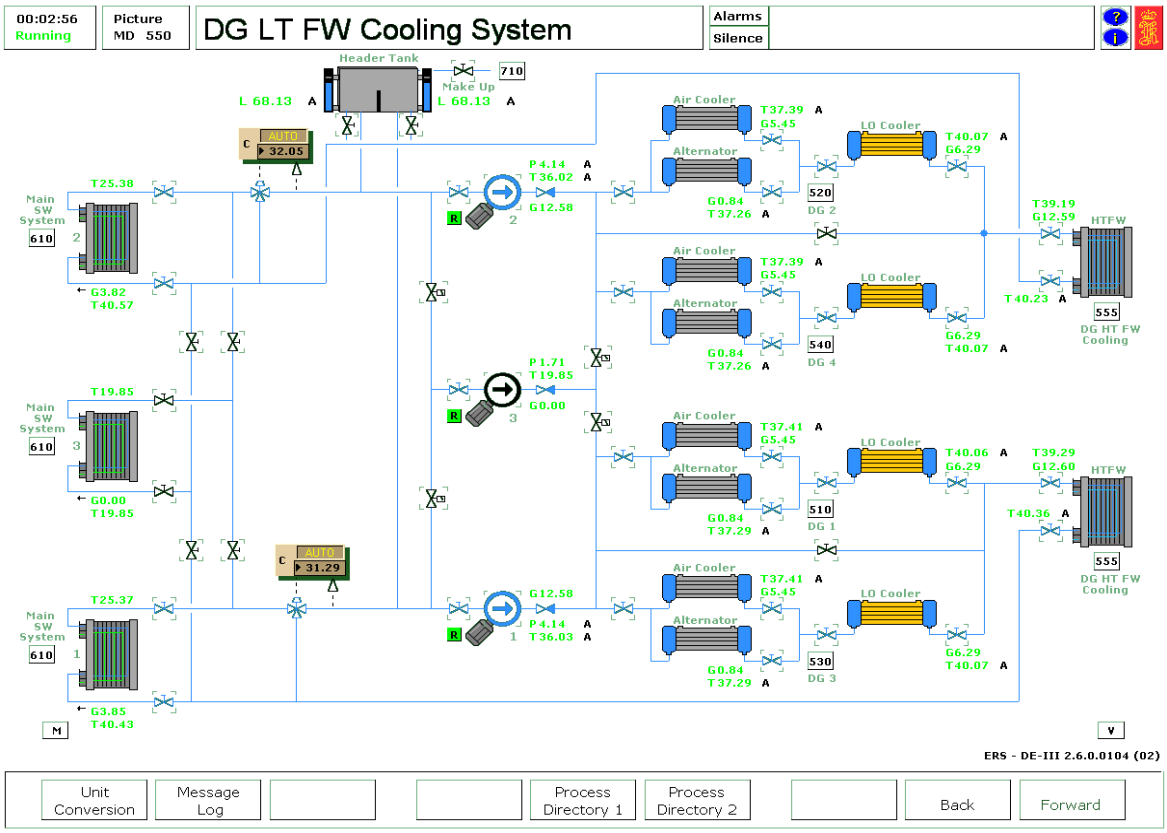
U sustavu prikazanom na slici 2 se nalaze:

- spremnik slatke vode,
- tri motorne pumpe,
- dva isparivača,
- dva parna grijača,
- dva izmjenjivača topline sa sustavom rashladne vode niske temperature (hladila),
- regulacijski ventili i
- cjevovod.

Od tri prije spomenute pumpe, dvije (br. 1 i br.2) rade u normalnom režimu rada, a jedna je u pripravnosti (br. 3). Pumpama se može upravljati iz upravljačke sobe ili lokalno iz strojarnice.Uslijed nestanka električne energije pumpe se same upućuju po povratku električne energije. Pri povratu energije samo jedna strana mreže će biti automatski napajana, pa je moguće da se pumpa spojena na generator većeg prioriteta nepokrene zato što njena strana mreže nije spojena na sabirnicu za nuždu.Zbog toga upravljača logika pokrenuti će pričuvnu pumpu.

Toplina primljena od strane sustava rashladne vode visoke temperature prenosi se u sustav rashladne vode niske temperaturepreko tri pločasta izmjenjivača. Pomoćutroputnog ventila, temperatura za hlađenje svakog motora održava se na 90^{o}C tako što se mjeri temperatura vode nakon pumpe i kad je temperatura veća od 90^{o}C,troputni ventil se zakreće tako da usmjeri rashladnu vodu prema motoru, a udrugom slučaju kad je temperatura niža od 90^{o}Cvoda se grije preko dva parna grijača i preko ventila se dovodi do motora kako bi on postigao potrebnu temperaturu. Motor se također grije i prije pokretanja na temperaturu od najmanje 75^{o}C.

2.4. SUSTAV SLATKE VODE NISKE TEMPERATURE DIZEL GENERATORA



Slika 3. Shema sustava slatke vode NT-e dizel generatora [1]

Sustav hlađenja slatke vode niske temperature dizele generatora je zatvoreni sustav koji prima toplinu od sustava za hlađenje visoke temperature i hlađenja za sljedeće sustave:

- sustav zraka za hlađenje DG-a,
- alternatore,
- ulje za podmazivanje DG-a.

Kao što se vidi na slici 3, u sustavu se nalaze:

- spremnik rashladne vode,
- tri pumpe,
- dva izmjenjivača topline za rashladnu vodu,
- tri izmjenjivača topline sa sustavom morske vode,
- četiri izmjenjivača topline za hlađenje zraka, ulja za podmazivanje i alternatora DG-a,
- dva regulacijska ventila i
- cjevovod.

Sustav hlađenja niske temperature podijeljen je na dva odvojena dijela koji služe za DG br. 2 i 4 na lijevoj strani broda DG 1 i 3 na desnoj strani broda. Svaka petlja ima vlastiti temperaturni regulator za održavanje temperature sustava (postavna vrijednost = 36 °C).Spremnik rashladne vode je podijeljen na dva dijela, po jedan za svaku petlju i svaki je opremljen alarmom niske razine. Punjenje spremnika vrši se otvaranjem ventila za punjenje.

U sustavu za hlađenje niske temperature nalaze se tri pumpe. Dvije su normalno u službi (br. 1 i br. 2), dok je pumpabr. 3 za nužnost.Prilikom povrata električne energije nakon nestanka iste, automatski će biti napajana samo ona strana mreže koja je spojena na sabirnicu za nužnost tj. samo jedna pumpa pa kad dođe do toga upravljačka logika sustava vidi da je u službi samo jedna pumpa pa će ona poslati signal na elektromagnetski ventil preko kojeg će se pokrenutipumpa u pripravnosti.

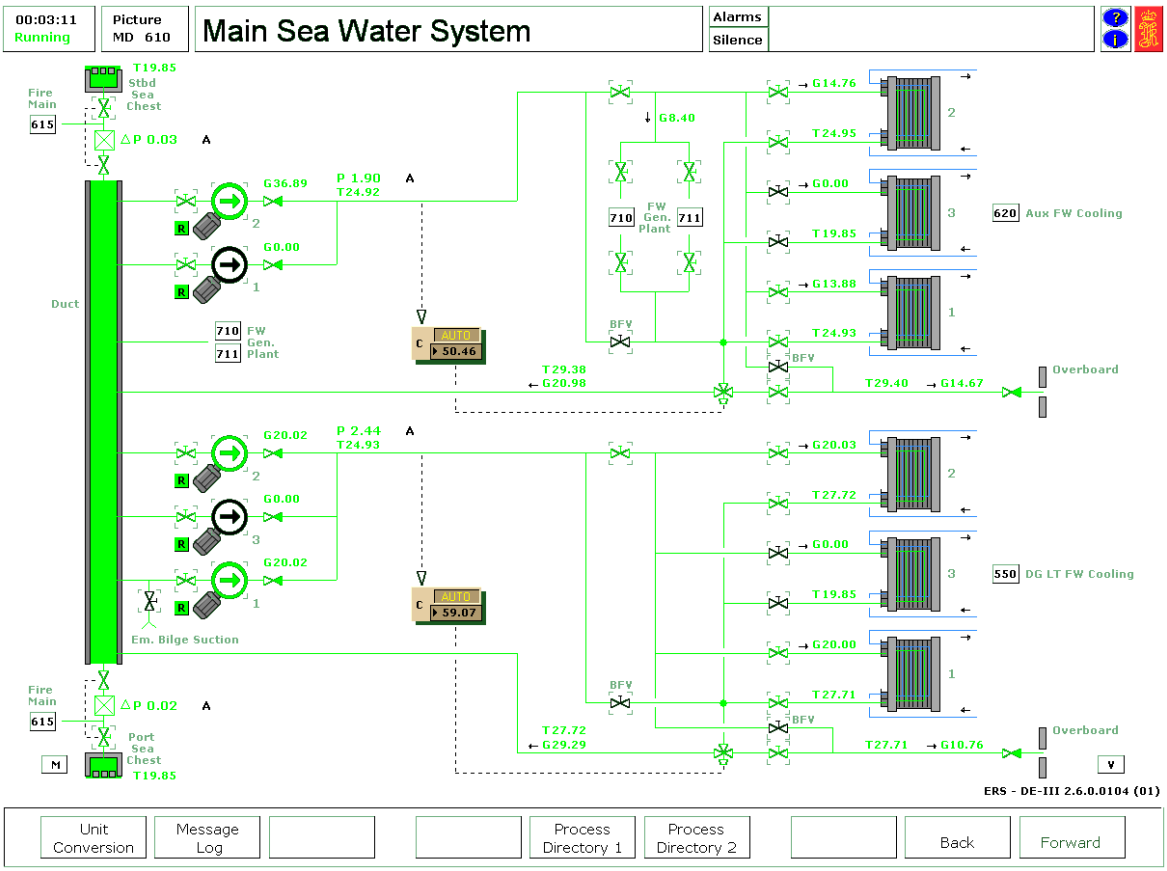
U režimu normalnog rada spomenute pumpe su hijerarhijski isto raspoređene. Pumpe 1 i 2 normalno rade dok se pumpa koja je u pripravnosti pokreće pri niskoj razini tlaka rashladne vode. U isto vrijeme zajedno s pokretanjem pumpe otvara se elektromagnetski ventil koji osigurava protok rashladne vode kroz odgovarajuću granu cjevovoda.

Toplina koju ovaj sustav preuzima u svrhu hlađenja predaje se sustavu morske vode preko tri pločasta izmjenjivača topline koji su raspoređena paralelno. Dva od ova tri izmjenjivača rade u normalnom režimu rada dok je treći u pripravnosti.

2.5. GLAVNI SUSTAV MORSKE VODE

Glavni sustav morske vode za hlađenje prikazan je na slici 4 i sastoji se od sustava morske vode dizel generatora i sustava morske vode pomoćnih strojeva.

Sustav morske vode dizel generatora je otvoreni sustav. Ovaj sustav služi za indirektno hlađenje dizel generatora. Toplina iz zatvorenog sustava hlađenja slatke vode niske temperature se prenosi do morske vode kroz tri pločasta izmjenjivača topline slatke vode niske temperature koji su paralelno postavljeni. U sustavu se nalaza dva hladnjaka i dvije glavne pumpe koje mogu preuzeti svaki po 50% punog zahtjeva za hlađenje.



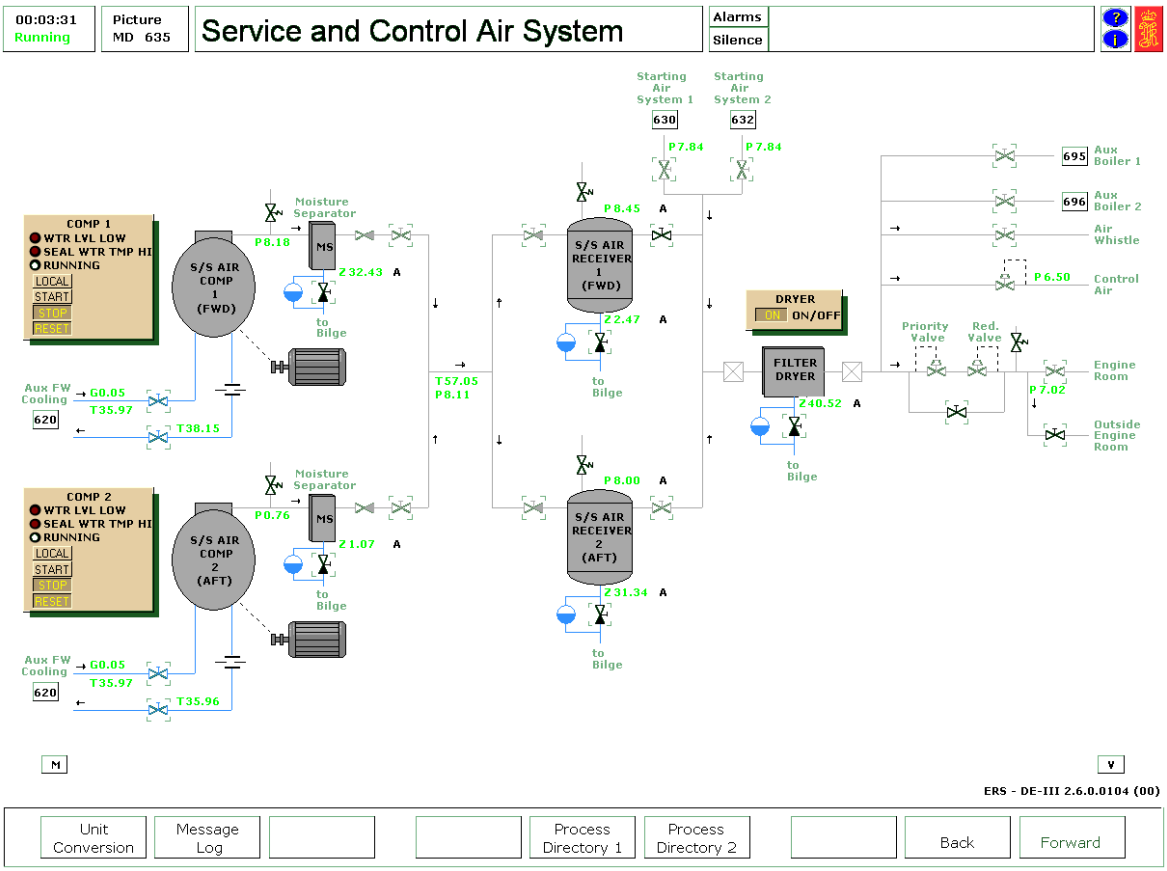
Slika 4. Shema glavnog sustava morske vode [1]

Osim dvije glavne pumpe postoji i pumpa za nužnost koja se uključuje u slučaju nestanka električne energije. Automatsko pokretanje pumpe u nužnosti je iniciranodiferencijalnim pritiskom između ispusne i usisne strane crpke.

Sustav hlađenja morske vode pomoćnih strojeva je otvoreni sustav, koji uključuje dvije pumpe morske vode i tri pločasta izmjenjivača topline.Toplina se iz zatvorenog sustava slatke rashladne vode niske temperature prenosi na morsku vodu kroz tri izmjenjivača topline pomoćnih strojeva. Svaki izmjenjivač pokriva po 50% od ukupnih potreba hlađenja pa se u normalnom radu koriste dva izmjenjivača, dok je treći pričuvan. Svaki od izmjenjivača raspolaže ventilima na dovodu i odvodu koji omogućavaju njegovu izolaciju i njegovo stavljanje u pogon. Da bi se spriječilo, ili bar smanjilo obrastanje cjevovodi morske vode u rashladniku se mogu povratno ispirati.

Jedna pumpa je normalno u upotrebi dok je druga pričuvna, a upravljaju se u pravilu udaljeno iz upravljačkesobe strojarnice, ali je isto tako moguće i lokalno upravljanje. Nakon oporavka od nestanka električne energije, pumpe koje su bile u službi će se automatski ponovno pokrenuti.

2.6. SUSTAV USLUŽNOG I ZRAKA ZA UPRAVLJANJE



Slika 5. Shema uslužnog sustava i sustava zraka [1]

Uloga ovog sustava je opskrba zrakom aktuatora brodskih pneumatskih sustava i brodske sirene.

Kao što se vidi na slici 5 ovaj se sustav sastoji od:

- dva centrifugalna kompresora,
- dva separatora vlage,
- dva spremnika zraka,
- sušilice zraka,
- redukcijskih ventila i
- cjevovoda.

Uslužni dovodi zraka opskrbljuju zrakom upravljačku opremu u strojarnici i na palubi. Zrak za upravljačku opremi se filtrira i osuši, a tlak se regulira ventilom za smanjenje tlaka. Ako se uslužni kompresor pokvari, može se koristiti zrak iz sustava zraka za pokretanje generatora. Automatski ventil za smanjenje tlaka zraka postepeno se zatvara smanjujući dotok zraka, a time i tlak zraka.

Oba kompresora koji se koriste termički su zaštićeni tako da se isključuju prilikom povećanja temperature i hlade se rashladnom vodom niske temperature.

Mješavina zraka pod tlakom i komprimirane vode ispuštaju se iz svakog kompresora u spremnik separatora vlage. Vlaga se razdvaja tako da se voda taloži na dnu separatora, a komprimirani zrak se podigne na vrh separatora. Separator setakođer koristi za spremanje kondenzirane vode prilikom prevelikog nakupljanja.

Jedan kompresor je glavni, a drugi je pričuvni.Dva tlačna prekidača su postavljenina različite tlakove za zatvaranje i otvaranje kompresora za upravljanje automatskim pokretanjem kompresora.Njima se upravlja pomoću lokalnog neovisnog sigurnosnog sustava. Tlakovi na kojima će kompresori okidati biraju se preko dvije tlačne sklopke koje vršu automatsko pokretanje i zaustavljanje istih. Pokretanje glavnog kompresora se vrši pri tlaku od 8 bara, a zaustavljanje pri 8,6 bara, dok se pokretanje kompresora u pripravnosti vrši pri 7,5 bara, a zaustavljanje pri 8 bara.

2.7. SUSTAV ZRAKA ZA UPUĆIVANJE

Sustavu zraka za upućivanje sastoji se od dva odvojena dijela, a kao što se vidi prikazano na slici 6 svaki dio sastoji se od:

- dva dvo-stupanjska kompresora za upućivanje,
- dva spremnika zraka,
- separatora vlage i
- redukcijske stanice.

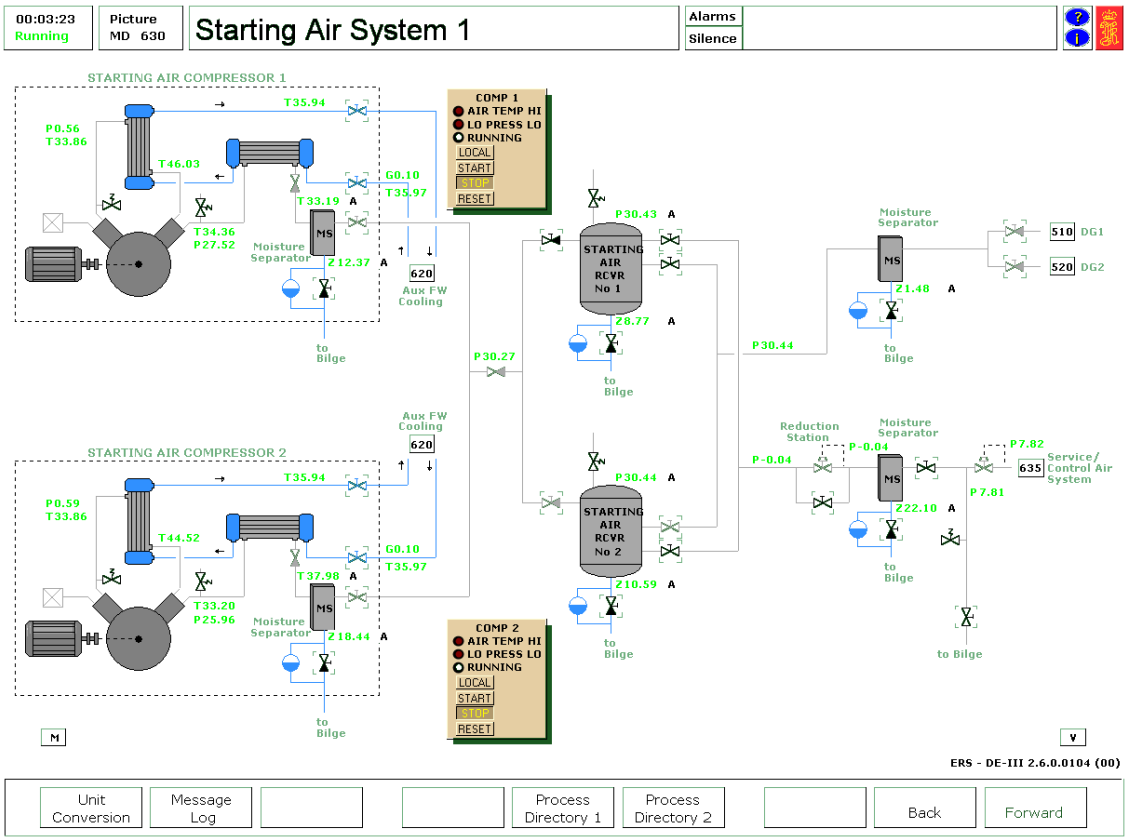
Svaki kompresor, pogonjen električnim motorom snage 44 kW, isporučuje $10 m^3/min$ komprimiranog zraka tlaka od 31 bara. Kompresori zraka uzimaju zrak iz strojarnice koji prolazi kroz filter za čišćenje prije ulaska u cilindar prvog stupnja. Nakon prvog stupnja zrak se hladi prije ulaska u drugu fazu. Tada se zrak iz druge faze hladi prije ulaska u spremnik zraka za upućivanje. Kondenzirana vlaga automatski se ispušta u spremnike u strojarnici.

Zadatak redukcijske stanice je opskrbljivanje uslužnog zraka za DG i osovinsku kočnicu, te nadomjesnog spremnika za upućivanje u slučaju zatajenja kompresora uslužnog zraka.

Kao i u svim sustavima zraka preko dva tlačna prekidača postavljaju se postavne vrijednosti tlakova na kojima se kompresori automatski pokreću i zaustavljaju. Kompresori mogu biti također postavljeni hijerarhijski da jedan bude glavni a drugi pripravni.

Pokretanje glavnog kompresora se vrši pri tlaku od 30 bara, a zaustavljanje pri 31 bar, dok se pokretanje kompresora u pripravnosti vrši pri 28,5 bara, a zaustavljanje pri 30,5 bara.

Ovi kompresori spadaju pod pomoćne strojeve pa se tako i oni hlade iz sustava slatke rashladne vode opisanog u poglavlju 3.1.



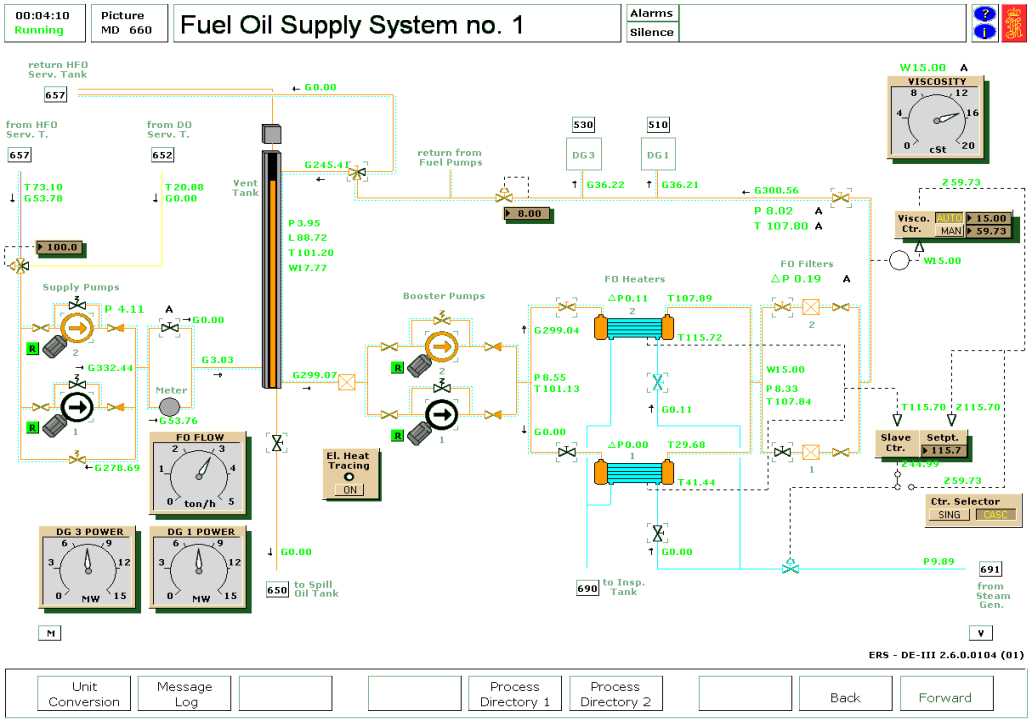
Slika 6. Shema sustava zraka za upućivanje [1]

Svaki od dva dijela sustava zaštićen je od prevelikog tlaka pomoću otpusnog ventila koji otpušta zrak u atmosferu. Svaki spremnik zraka za upućivanje je opremljen sigurnosnim ventilom i manometrom. Zrak za pokretanje se pohranjuje u ovim spremnicima sve dok nije potreban. Vlaga iz spremnika se ispušta iz dovoda pomoću automatske odvodne cijevi ili se može ručno ispustiti na kaljužama.

2.8. SUSTAV OPSKRBE GORIVOM

Sustav opskrbe gorivom za dizel motore dijele se na parove: DG br.2 i br 4, koji se obično opskrbljuju s lijevog boka odnosno iz spremnika br.2, a DG br. 1 i br. 3 se opskrbljuju iz uslužnog spremnika s desnog boka. Ventili tih sustava mogu biti međusobno povezani.

Kao što se vidi prikazano na slici 7, gorivo iz spremnika teškog goriva i dizel gorivamiješaju se u ventilu za miješanje goriva, odnosno vrši se izbor goriva. Gorivo se zatim tlači pomoću dvije motorne pumpe na tlak od 4 bara i doprema do spremnika za odzračivanje goriva. Zatimdvije pumpe za povećanje tlaka goriva, tzv. booster pumpe, povezane sa spremnikom za odzračivanje povećavaju tlak goriva do 8 bara, dok parni grijači zagrijavaju gorivo kako bi osigurali potrebnu tečnost goriva. Prije samog ulaza goriva u DG gorivo se filtrira preko dva paralelno spojena filtera goriva koji su tako spojeni da tijekom normalnog rada jedan može biti isključen za popravaka ili čišćenje.



Slika 7. Shema sustava opskrbe gorivom [1]

Ako se isključi grijanje, gorivo u spremniku za odzračivanje će se ohladiti zbog gubitka topline u okolini. Viskoznost goriva u spremniku za odzračivanje se očitava, te ovisno o temperaturi se grije.Ako gorivo bude previše hladno, tlaka pada preko filtra i grijač se pojačava.Zbog postrojenja za praćenje pare, motori se mogu zaustaviti i ponovno pokrenuti na teškom gorivu. Međutim, uobičajeni postupak je da se prebaci na dizel gorivo kratko vrijeme prije isključivanja motora. To ima učinak čišćenja punjenjem cjevovoda s dizelom i osigurava sigurno pokretanje kasnije.

Viskoznost goriva se uzima kao "indikator ispuštanja". Ako viskoznost padne ispod 2 cSt (centistoka)[1] može doći do gorenje koje postupno dovodi do:

- poremećaja rada dizel motora,
- signal mjerača viskoznost postaje vrlo bučan.

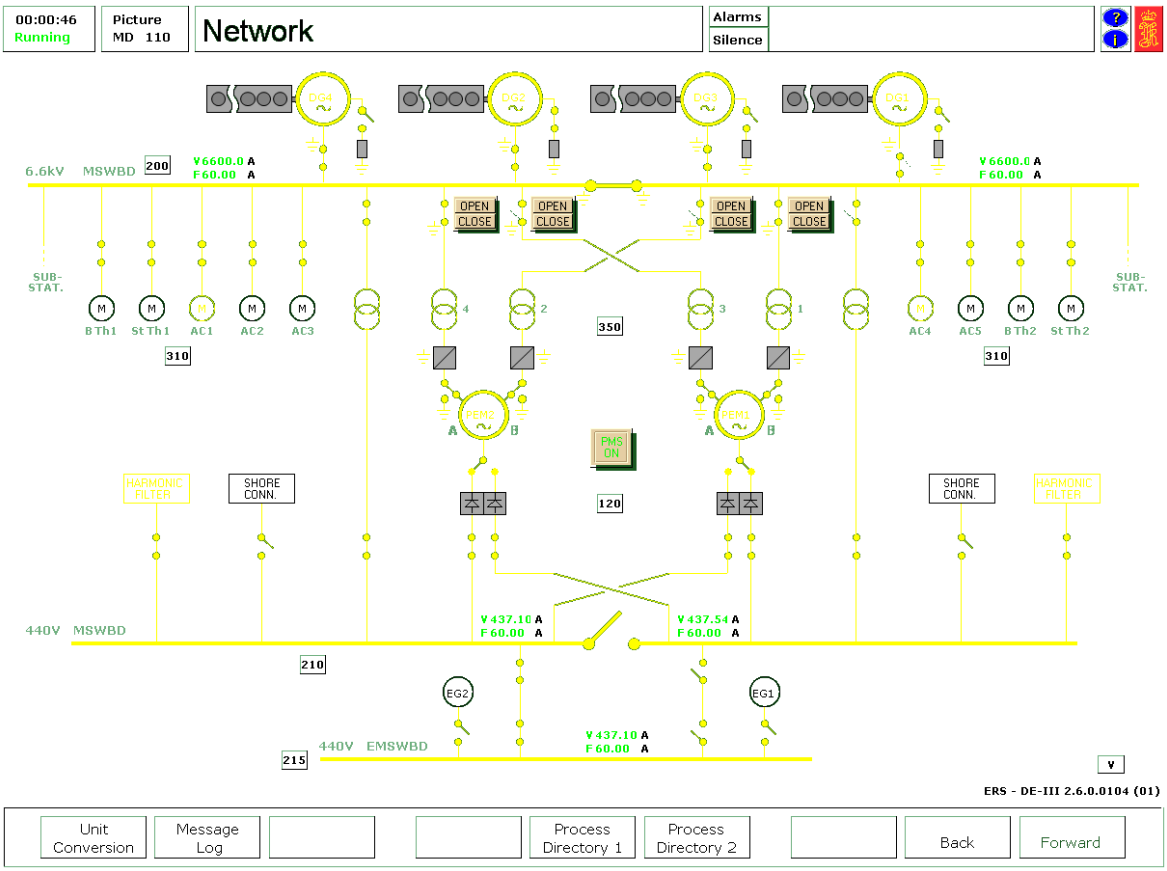
Viskoznost se izravno regulira preko parnog grijača goriva ukoliko se koristi jedna PID regulacijska petlja, ili neizravno kada glavni PID regulator (engl. *Master*) zadaje referentnu vrijednost podređenog (engl. *Slave*) regulatora slave pa se radi o slučaju kaskadne regulacije. Kod regulacije temeljem jedne petlje mjeri se protok goriva, a gustoća goriva, odnosno viskoznost se regulira preko ventila pare grijača upravljanog PID regulatorom. Kod kaskadne regulacije postoji petlja u petlji, pri čemu je unutarnja regulacijska petlja temperaturna, a u glavnoj ostaje gustoća goriva.

[1] centistoke [cSt] - fizikalna jedinica CGS sustava pomoću koje se mjeri kinematička viskoznost
1 centistoks = 1 $mm^2 \cdot s^{-1} = 10^{-6} m^2 \cdot s^{-1}$

3. BRODSKI ELEKTRIČNI SUSTAV

Brodski električni sustav se sastoji od strojeva i uređaja za proizvodnju, distribuciju i potrošnju električne energije te zaštitu, pri čemu su među trošilima kod dizel-električnog pogona dominantnatrošila elektromotori za propulziju i pramčani potisnici. Brod obiluje i drugim električnim trošilima, među kojima su elektromotori najzastupljeniji.

Električna mreža je glavni dio električnog sustava broda koja služi za povezivanje i distribuciju električne energije od generatora do trošila. Na slici 8 je prikazan model dijagram jednopolne sheme brodske električne mreže razmatranog sustava u tzv. "hladnom stanju" što znači da generatori nisu upućeni u radu tj. sustav je bez napona.



Slika 8. Jednopolna shema brodske električne mreže [1]

Prikazani model dijagram daje samo uvid u stanje pojedinog trošila spojenog na električnu mrežu te samo stanje mreže, dok se upravljanje mrežom ipak mora vršiti lokalno na pripadajućim sklopnim pločama ili putem model dijagrama pojedinih dijelova sustava.

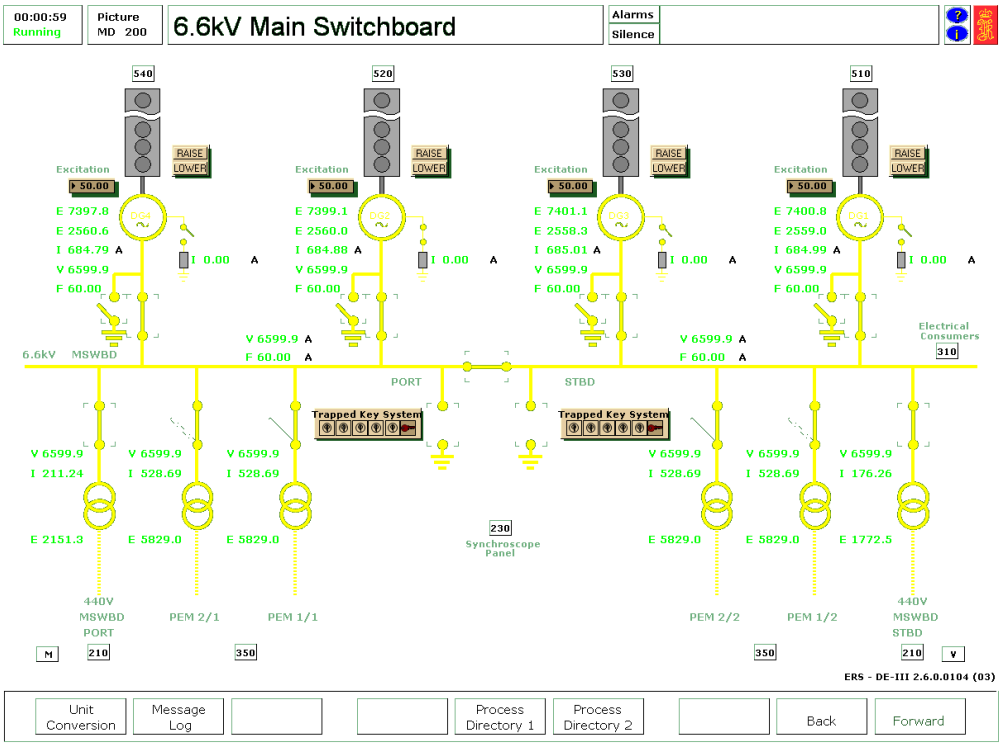
Pri normalnom režimu rada konfiguracija mreža je takva da je 6,6kV sabirnički rastavljač zatvoren, a onaj na 440V GSP-i zatvoren pri čemu su oba distribucijska transformatora uključena. Naravno ovisno o stanju mreže moguće su različitekonfiguracije uvjetovane kvarovima ili nestancima električne energije. Dva propulzijska transformatora su spojena tako da je rad s dva motora (pri sniženoj snazi) moguć iako je jedan od dijelova sklopne ploče od 6,6 kV nedostupan. U tom slučaju motori rade s pola snage.

Električna mreža se dijeli na glavni dio i dio za nužnost. Glavnim dijelom se preko 6,6 kV i 440 V sklopnih ploča distribuira snaga do većih trošila kao što su generatori, propulzijski motori, pumpe, rashladna postrojenja i sl. U ovaj glavni dio spada i sklopna ploča od 220 V s UPS-om s koje se napajaju manja trošila, alarmi navigacija, vatrodojavni sustavi itd., naravno preko pripadajućih transformatora Dio za nužnostpovezan je preko sabirničkih rastavljač na glavni dio mreže i na taj način napaja određene uređaje glavnog dijela električne mreže uslijed nestanka električne energije. Taj proces bi se trebao vršiti automatski pa se prekidači ovog sustava postavljaju na automatski režim rada. No ovi sustavi će biti pobliže objašnjeni kroz sljedeća poglavlja.

Osim iz strojarnice brod tj. električna mreža može biti napajana s kopna dok je brod u luci.Tako na brodu postoje dva priključka za napajanje s kopna, jedan za svaki od dvije sekcije(lijeve i desne strane broda) od 440 V, s čijim se prekidačima upravlja sa sklopne ploče od 440 V.Kopneni priključak je dizajniran tako da je nemoguće da dođe do spoja kopnenog priključka s bilo kojim drugim napajanim dijelom broda.

3.1. GLAVNA SKLOPNA PLOČA OD 6.6KV

Glavna sklopna ploča od 6.6kV za razliku od one od 440V smještena je u svom odjeljku u strojarnici. Ona je također podijeljena u dvije sekcije, prespojene preko sabirničkog rastavljača, normalno zatvorenog. Svaku sekciju napajaju po dva dizel generatora. Dva odvojena para distribucijskih transformatora po jedan s lijeve i desne strane broda su spojena na dvije polovice propulzijskih motora preko propulzijskih transformatora i statičkog pretvarača. Prekidači su upravljani lokalno preko ploče za upravljanje propulzijskog sustava ili daljinski iz upravljačke sobe strojarnice. Oni su zaštićeni od: strujnog preopterećenja, naponskog pod/preopterećenja i frekvencijskog pod/preopterećenja.



Slika 9. Radna shema GSP-e od 6.6kV [1]

Generatori spojeni na sklopnu ploču, su zaštićeni od: strujnog preopterećenja, naponskog pod/preopterećenja, frekvencijskog pod/preopterećenja i povratne snage.

Za zaštitu od kondenzacije generatori, propulzijski motori, transformatori, pretvarači i veći motori se griju. Grijanje se uključuje automatski kad se generatori/motori zaustave.

Uzbuda generatora je izmjenični uzbudnik bez četkica, osovinski pogonjen s fiksnim poljem i rotirajućom armaturom sa šest dioda. Izlaz s automatskog regulatora napona (ARN) podešava uzbudnu struju na potrebnu vrijednost da bi se zadržala konstantna vrijednost napona. Linijska struja transformatora napaja ARN kako bi se osiguralo ispravno dijeljenje reaktivnog opterećenja.

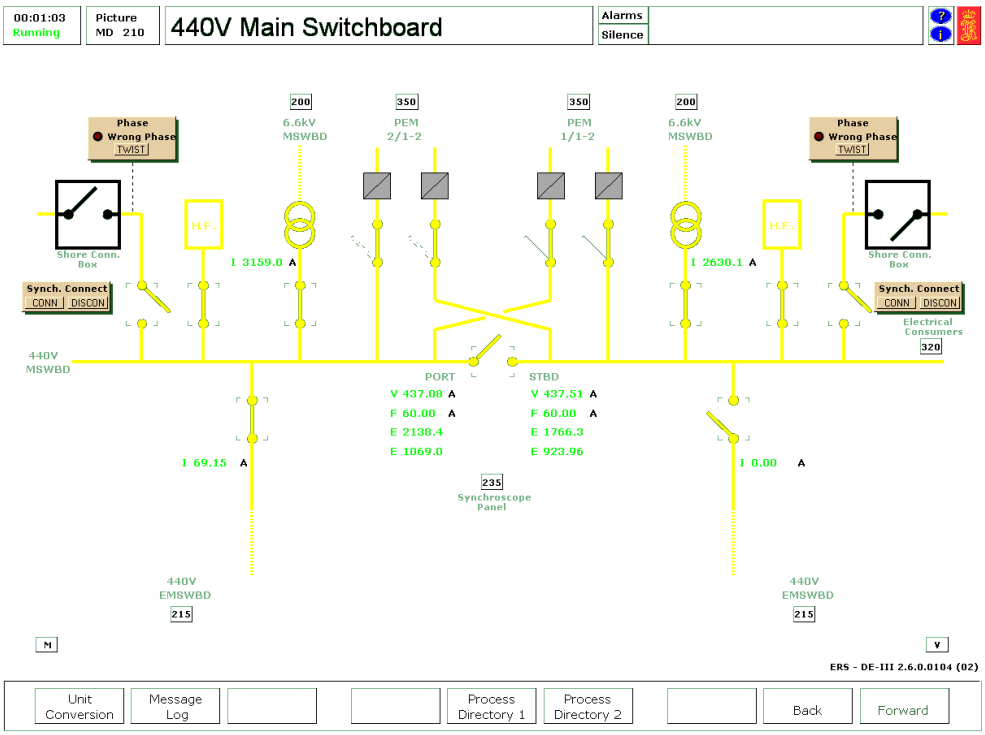
Regulacija brzine generatora se može ručno namještati odabirom dugmadi "Raise/Lower" (Povećati/Smanjiti). U slučaju paralelnog rada generatora mijenjanje brzine ima mali utjecaj na frekvenciju ali utječe na dijeljenje radnog opterećenja.

Uzemljenje sustava se vrši tako da je neutralna točka svakog generator uzemljena preko otpora od 320 Ω na oplatu broda. Zvijezdište svakog generator je spojeno na otpornik preko izolacijske sklopke. Četiri jednopolne izolacijske motorske sklopke su električki prespojene međusobno preko sabirničkog rastavljača, na takav način da u oba slučaja kad je otvoren ili zatvoren sabirnički rastavljač, maksimalna struja ispod 12A (jedan izolacijski uređaj kad je sabirnički rastavljač zatvoren, a jedan izolacijski uređaj na

svakom dijelu kad je otvoren). Kada struja prijeđe dopuštenu vrijednost uključuje se alarm koji signalizira zemni spoj u sustavu.

3.2. GLAVNA SKLOPNA PLOČA OD 440 V

Sklopna ploča je je dio električne mreže broda s kojeg se izvode pojedinačni krugovi električne instalacije. Ploče se dijele ovisno o parametrima kao što su vrsta, karakter ili režim rada trošila, stupanj automatizacije, vrsta okoline itd. To su uglavnom metalni samostojeći ormari prostorno razmješteni prema njihovoj ulozi u električnoj mreži. Tako na brodu razlikujemo glavne sklopne ploče te one za nužnost.



Slika 10. Shema glavne sklopne ploče od 440 V [1]

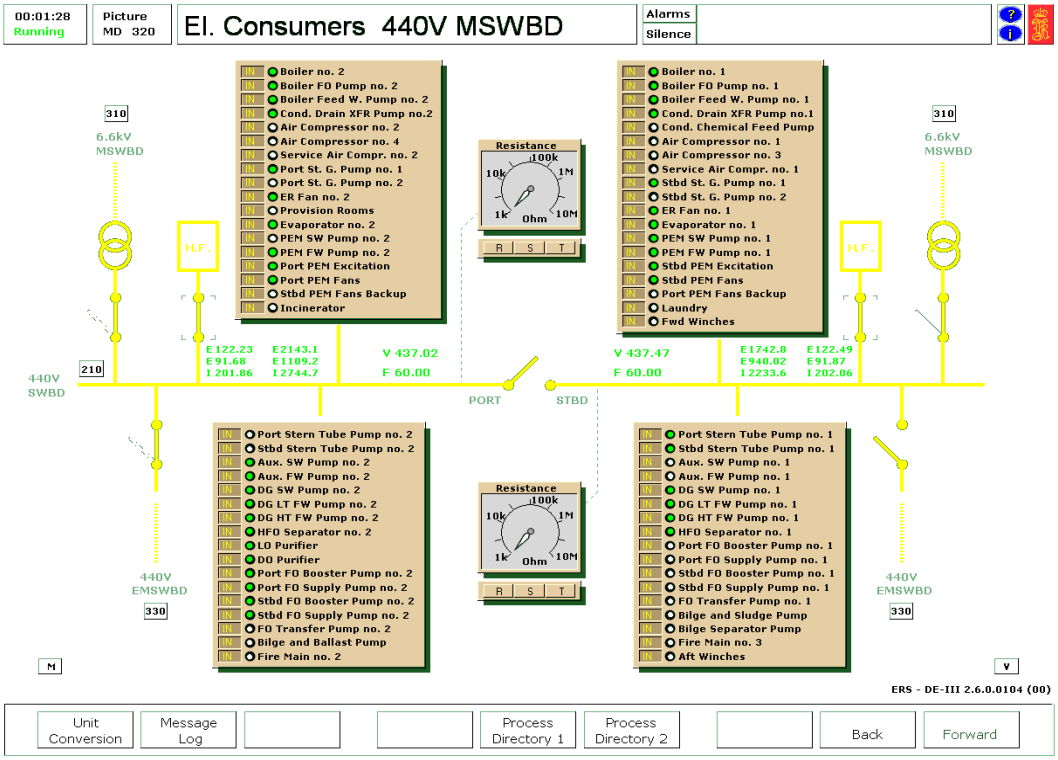
440 V sklopna ploča je dio glavne sklopne ploče u upravljačkoj sobi u strojarnici. S ove sklopne ploče se električna energija distribuira do svih trošila koja koriste taj naponski nivo. Ova sklopna ploča podijeljena je nadvije sekcije, lijevu i desnu koje su napajane s GSP-e od 6,6 kV preko dva 6,6 kV/440 V transformatora.

Dvije sekcije su povezane preko sabirničkog rastavljača koji je u normalnom režimu rada isklopljen. Ako dođe do kvara na jednom od transformatora sabirnički rastavljač se automatski zatvara kako bi ta sekcija sklopne ploče mogla napajati. Pri ponovnom uključenju distribucijskog transformatora sabirnički rastavljač između već

spomenute dvije sekcije će se automatski otvoriti. Sabirnički rastavljač između GSP-e i sklopne ploče za nuždu će se također zatvoriti u slučaju da sabirnica za nuždu nije pod naponom, tada će se pokrenuti generator za nužnost pa će se mreža morati ručno sinkronizirati.

Također s GSP-e od 440 V je napajana i uzbuda propulzijskih motora i spojena na taj način da oba propulzijska motora mogu raditi u normalnom režimu radu i uslučaju da jedna od sekcija sklopne ploče izgubi napajanje.

Za zaštitu od viših harmonika nastalih s propulzijskih pretvarača, na sklopnu ploču su spojena dva filtera harmonika, po jedan za svaku sekciju. Dodatni filteri harmonika su priključeni na različita mjesta brodske nisko-naponske mreže.

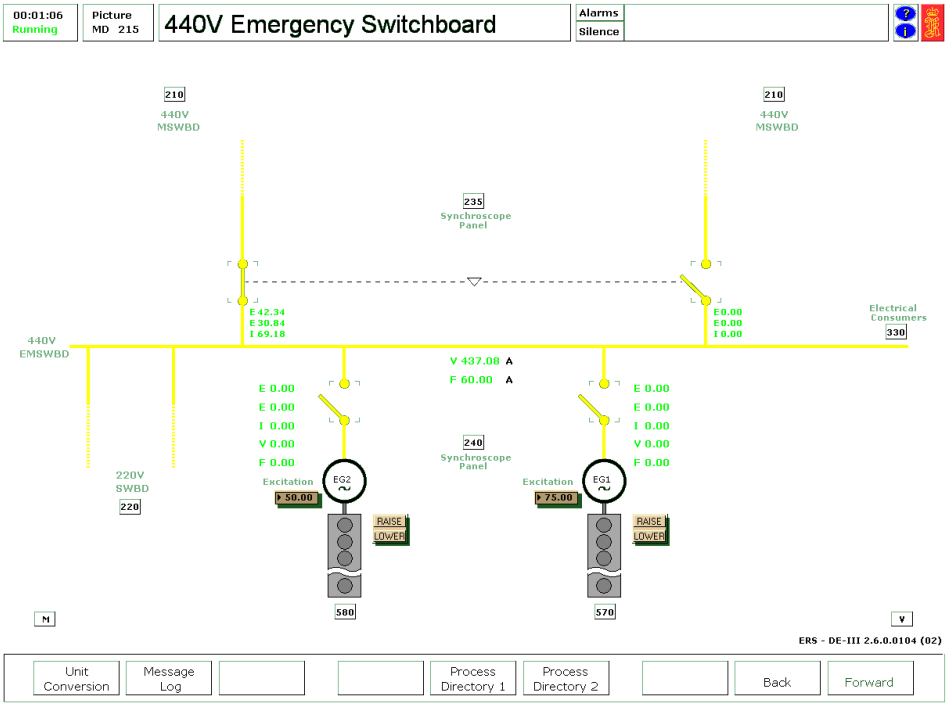


Slika 11. Prikaz trošila GSP-e od 440 V [1]

3.3. SKLOPNA PLOČA ZA NUŽNOST OD 440 V

Sklopna ploča za nužnost je sklopna ploča koja u slučaju kvara glavnog sustava električne energije izravno opskrbljiva sustav za nužnost odnosno sve trošila koja su spojeni na istu. Pod tim trošilima se podrazumijeva sva oprema nužna za sigurnost putnika i broda, neke pomoćne uređaje dizel generatora i propulzije, te sustav automatizacije.

Ukoliko dođe do nestanka električne energije ovi će se sustavi automatski ponovno pokrenuti kad se generatori za nužnost uključe. Napomena je da će se pokrenuti samo oni pomoćni sustavi i uređaji koji su bili pokrenuti za vrijeme nestanka električne energije.



Slika 12. Shema sklopne ploče za nužnost od 440 V [1]

Sklopna ploča za nužnost za vrijeme normalnog načina rada spojena je na sustav 440 V GSP-e. Kada je generator za nužnost pokrenut on će se spojiti na sklopnu ploču za nužnost, a prekidač između sabirnice za nužnost i 440 V GSP-e će se zatvoriti. Kada je jedna od glavnih sabirnica pod naponom, pomoćni uređaji za dizel generatore će se ponovno pokrenuti. Da bi sav ovaj proces bio automatiziran, generator zanužnost (GzN), barem jedan od njih, bi trebao biti namješten na automatski režim rada i prekidač GzN bi trebao biti namješten na ručni način rada. Sabirnički rastavljači 440V GSP/440 V SPzN s lijeve i desne strane broda su povezani, tako da je moguće spojiti samo jednog od njih.

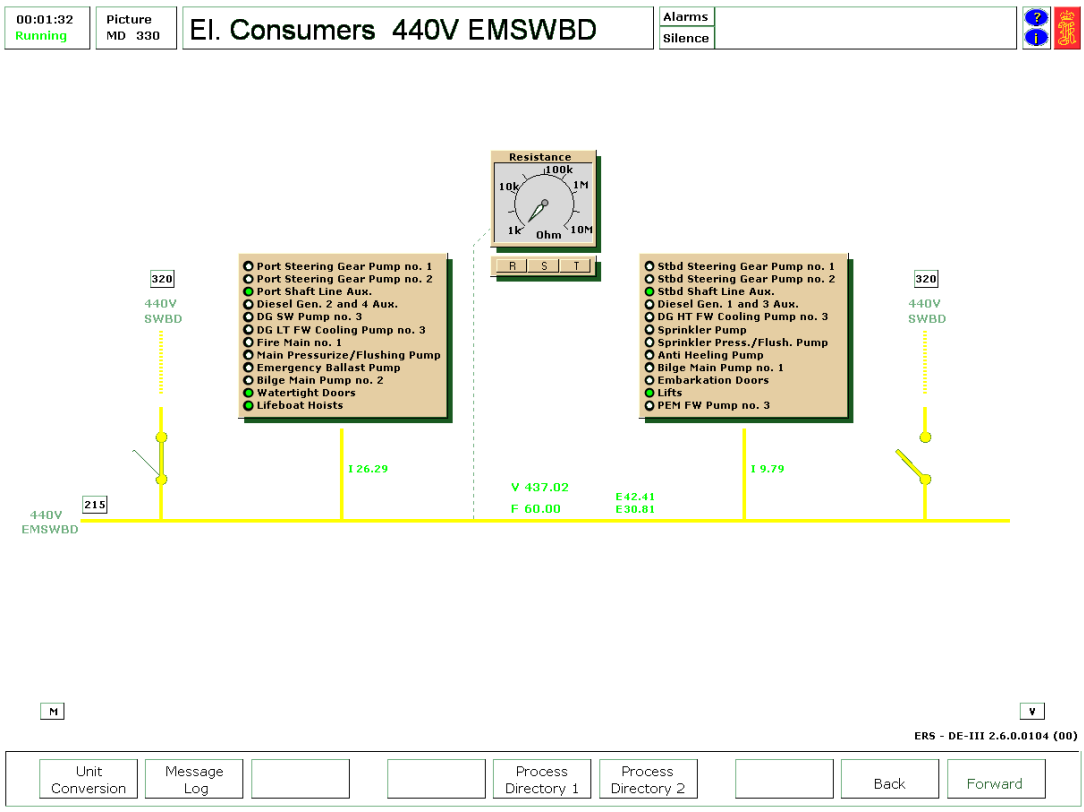
U slučaju nestanka električne energije sljedeći prekidači će se isključiti:

- prekidač između sabirnice za nužnost i glavne sabirnice od 440 V,
- prekidači distribucijskog transformatora na 440 V strani,
- prekidači distribucijskog transformatora na 6,6 kV strani,
- svi prekidači DG-a,
- prekidači propulzijskog transformatora i

- prekidači napajanja električnih trafo-stanica.

Sljedeći prekidači će se ponovno uklopiti čim se prvi glavni generator priključi na 6,6 kV sabirnicu:

- prekidač br.1 distribucijskog transformatora (6,6 kV strana),
- prekidač br.1 distribucijskog transformatora (440 V strana),
- prekidač br.2 distribucijskog transformatora (6,6 kV strana),
- prekidač br.2 distribucijskog transformatora (440 V strana) i
- prekidači trafo-stanica u sekvenci.



Slika 13. Prikaz trošila s SPzN [1]

3.4. SUSTAV PROPULZIJE

Sustav propulzije jemožda najvažniji sustav boda jer kao dio pogonskog sustava izravno doprinosi ostvarivanju osnovne funkcije broda, a to je transport.

Kao sustav može se podijeliti na četiri glavna dijela:

- upravljanje pozicijom broda,
- upravljanje brzinom vrtnje motora,

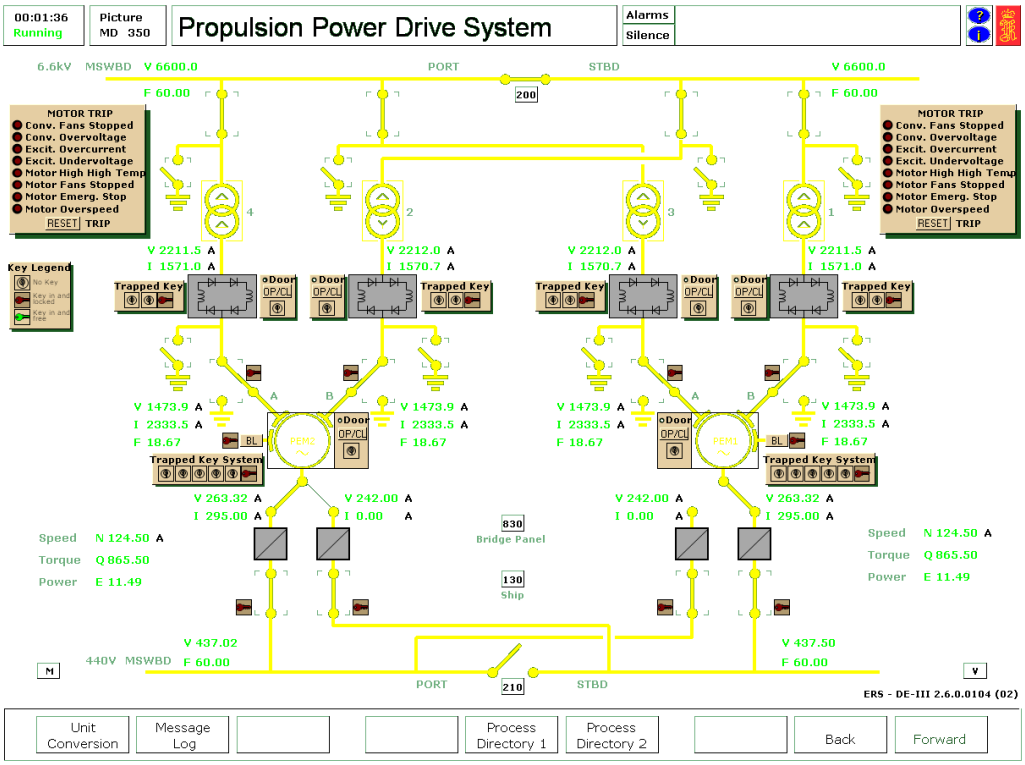
- transformatori i statički pretvarači
- propulzijski električni motori i uzbuda.

Sustavom propulzije se može upravljati:

- u kormilarnici,
- u upravljačkoj sobi u strojarnici te
- u lokalnom upravljačkom postolju sobe sklopne ploče od 6.6kV.

Za svaku osovinu postoji jedan propulzijski elektromotor(PEM). Ti motori su 18-polni sinkroni motori, napajani naponomdo 2200V promjenjive frekvencije. Svaki PEM ima dva odvojena uzbudna namota napajana preko odvojenih pretvarača. Svaki od dva motora doprinosi ukupnom momentu, troše polovinu ukupne snage i polovinu ukupne struje. Prekidači propulzijskih transformatora i uzbude se nalaze u upravljačkoj sobi brodske strojarnice. Kada se uključi propulzija sustav automatski uključuje i uzbudu. U slučaju nestanka napajanja, sustav upravljanja propulzijom automatsko prebacuje na dio sabirnice koji je pod naponom.

Upravljanje brzinom se vrši pomoću upravljačke poluge za brzinu koja šalje signal regulatoru brzine. Da bi se omogućila veća osjetljivost kod upravljanja na regulator je spojeno pojačalo s dvije postavke pojačanja, nisko pojačanje za niže brzine i veliko pojačanje za veće brzine.Osim upravljanja brzinom preko regulatora može se upravljati ubrzanjem i kočenjem preko mehaničkih graničnika za ubrzavanje i kočenje koji su ugrađeni u regulator.



Slika 14. Radna shema propulzijskog sustava [1]

Regulator brzine uspoređuje postavljenu tj. željenu brzinu sa stvarnom (trenutnom). Izlaz regulatora služi za povećavanje ili snižavanje frekvencije motora sve dok razlika ne bude nula. Izlaz regulatora je brzina okretanja koja je ograničena sljedećim vrijednostima:

- dostupna snaga (signal s regulatora snage),
- maksimalna struja statora (sa sigurnosnih sustava),
- ograničavanje struje u degeneracijskom radu (signal s regulatora snage) i
- maksimalna propulzijska snaga.

Izlazni signal s regulatora koji je brzina (moment) šalje se na regulator struje koji uspoređuje stvarnu struju s referentom i zadržava struju koja je potrebna za potrebe stvarne brzine. Regulator brzine upravlja s oba pretvarača tako da oba namota PEM-a dijele podjednako snagu.

Uređaj za sinkroniziranje fazi je aktivan kada je pritisnuto dugme za sinkroniziranje osovina, na konzoli na mostu ili upravljačkoj sobi strojarnice. Kada je sinkroniziranje uključeno, uređaj mjeri brzinu okretanja osovina. Ako je razlika u brzinama između dvije osovine manja od 10 okr/min, vrši se sinkroniziranje fazai indikacijska dugmad se uključi. Dvije brzine se izjednačavaju dodavanjem korektivnog signala i kada se brzine izjednače lopatice propelera se namjeste u odgovarajuće položaje.Funkcija za sinkroniziranje

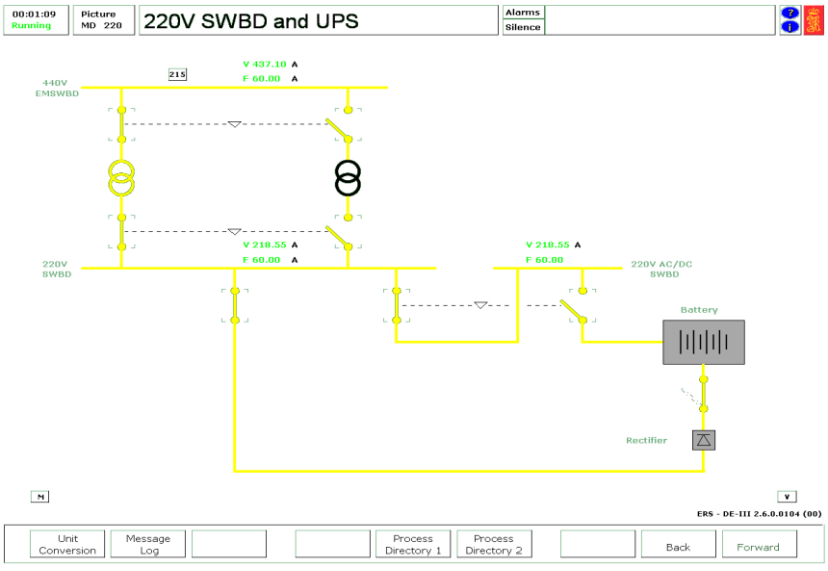
ograničenja. Sinkroniziranje osovina se ponovno vraća u rad kada se propulzijsko ograničenje isključi, kad se poluge za brzinu nisu pomicale 60 sekundi i kad je razlika u brzini okretanja u dopuštenim vrijednostima.

Također značajni dio ovog sustava su statički pretvarači čije su funkcije sljedeće:

- pokretanje i zaustavljanje PEM-a,
- ubrzavanje i usporavanje PEM-a do željene brzine,
- reguliranje radne brzine PEM-a pomoću frekvencijske regulacije,
- prekretsmjera vrtnje osovine motora i
- brzo zaustavljanje broda.

Pretvarači su dvanaesto-pulsnog tipa, sadržani od dva šestero-pulsna sinkro-konvertera. Maksimalna frekvencija i brzina je stoga 21,75 Hz i 145 okr/min. Svaki pretvarač se sastoji od mrežnog mosta, reaktivnog spoja i mehaničkog mosta. U stanju kretanja, mrežni most radi kao upravljivi ispravljač, a mehanički most kako upravljivi izmjenjivač, osim kada je potrebno kočenje osovine kada se zamijene uloge mostova.

3.5. SKLOPNA PLOČA OD 220 V I UPS



Slika 15. Shema sklopne ploče od 220V i UPS [1]

Osim sklopnih ploča od 6,6kV i 440V, koje „napajaju“ veća trošila, na brodu se nalazi i sklopna ploča sa sustavom220 V i UPS-om (eng. uninterupted power supply)koja napaja manja trošila i uslužne sustave.

Sklopna ploča od 220 V se napaja sa sklopne ploče za nužnost preko dva 440 V/220 V transformatora, čiji prekidači su prespojeni na takav način da samo jedan od njih može biti spojen istovremeno.

Sabirnički rastavljač između 220 V sabirnice i 220 V AC/DC sabirnice su spojenipreko prekidača akumulatorskog napajanja (UPS). Ako 220 V AC sabirnica izgubi napajanje, sabirnički rastavljač između 220 V AC sabirnice i 220 V AC/DC sabirnice se isklopi, a prekidač akumulatorskog napajanja se zatvori kako bi napajao svijetlo za nužnost, navigacijsku opremu, komunikacije itd. pomoću istosmjerne struje.Kada se vrati napajanje na sabirnicu od 220 V A/C (GzN je u radu), 220 V AC sabirnica se ponovno spoji na 220 V AC/DC sabirnicu dajući izmjeničnu struju, a prekidač baterijskog kruga se isključi. Punjenje baterije se vrši tako da se zatvori prekidač prije ispravljača, s čime će se napajati baterije. Nakon završetka punjenja prekidač se automatski isklapa.

Automatsko prebacivanje se vrši za vrijeme nestanka električne energije tako da se prekidač izmjeničnog napajanja otvori,a prekidač istosmjernog napajanja zatvori. Pri povratu električne energije (na 220V RP), istosmjerno napajanje će se isklopiti, a izmjenično napajanje će se automatski uklopiti. Za normalan rad sustava svi prekidači bi se trebali namjestiti na daljinsko upravljanje.

4. UPRAVLJANJE BRODSKOM ELEKTRIČNOM CENTRALOM

Ovo poglavlje opisuje postupke za upravljanje propulzijomi daljinsko upravljanje dizel generatorima, u što je uključeno i upravljanje električnom energijom. Mjesta na brodu s kojih je moguće upravljanje su:

- navigacijski most (kod promatranog simulatora se odnosi na instruktorsku stanicu),
- upravljačka soba brodske strojarnice i
- lokalno upravljanje u brodskoj strojarnici i sobi sklopne ploče napona 6,6 kV.

4.1. ELEKTRONIČKI REGULATOR ZA UPRAVLJANJE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Pojam „regulator“ tradicionalno se koristi da bi se opisao uređaj za održavanje brzine vrtnje motora unutar uskih granica, neovisno o promjeni opterećenja. Elektronički regulator koji se primjenjuje u opisanom sustavu, a prikazan je slikom 16 i sadrži slijedećeznačajke.

- Program pokretanja. Koristi se kako bi se smanjilo dodatno mehaničko opterećenje dizelskog motora prilikom pokretanja iz stanja raspremljenog pogona. Elektronički upravljački sustav (engl. Electronic Control System) će izvršiti polagano pokretanje i ubrzavanje dok se ne postigne postavljena brzina. Sustav polagano pokreće motor u trajanju od jedne minute, a zatim održava brzinu praznog hoda na 300 okr/min, te 30 sekundi nakon što se postigla brzina praznog hoda, ubrzava motor do postavljene brzine, koja u slučaju ovog sustava iznosi 514 okr/min.
- Mjerenje brzine. Regulator dobiva informaciju o brzini vrtnje sa zamašnjaka motora.
- Upravljanje brzinom. Regulator će automatski podesiti brzinu motora uspoređujući trenutnu vrijednost brzine s postavljenom vrijednosti.
- Program automatske sinkronizacije i upravljanja prekidačima generatora. Ranije spomenuti elektronički upravljački sustav provodi automatsku sinkronizaciju i zatvaranje prekidača dizelskih generatora prilikom stavljanja generatora u paralelni rad.

- Mjerenje opterećenja. Specifično opterećenje generatora (vlastito opterećenje) i srednje opterećenje generatora su ulazne informacije elektroničkom regulatoru.
- Program preraspodjele opterećenja. Preraspodjelu opterećenja regulator obavlja ukoliko je postavljen u automatski režim rada, a obavlja se kada su prekidači generatora spojeni. U automatskom režimu rada, što je zapravo normalni režim, generator koji se spaja na mrežu postupno preuzima opterećenje sve dok se ne postigne potpuna preraspodjela opterećenja. Pri tome regulatoru uvelike pomaže ranije spomenuta značajka mjerenja opterećenja.
- Program mekanog opterećivanja i rasterećivanja. Mekano opterećenje se koristi da se izbjegne mehanički stres dizelskih motora, a aktivno je samo u automatskom režimu rada. Generator koji treba preuzeti opterećenje se nakon pokretanja i spajanja na mrežu ne opterećuje odmah, već sustav koji omogućuje mekano opterećivanje postupno povećava opterećenje sve dok se ne postigne jednolika preraspodjela opterećenja. Kod mekanog rasterećivanja, elektronički regulator provodi postupak postupnog smanjenja opterećenja sve do postavljenog iznosa. Generator se odspaja kada se postigne određeni iznos opterećenja (50 kW).
- Otkrivanje „mrtve sabirnice“. Kada elektronički upravljački sustav detektira „mrtvu sabirnicu“, zaobilaze se programi pokretanja i mekog opterećivanja, a prvi raspoloživi dizelski generator preuzima u potpunosti postojeće opterećenje.
- Funkcionalan opis elektroničkog upravljačkog sustava na upravljačkoj ploči „READY“, „RUN-UP“, „LOAD SHARE“ su indikativna dugmad, dok su ostali dugmad koju je moguće pritisnuti.
- Automatski režim rada. Kada je odabran automatski režim rada, dizelski generator je u potpunosti u automatskom radu, pri čemu se izvode programi kao što su program pokretanja i program mekanog opterećivanja. Kada je generator spreman za automatsko pokretanje, indikatorska lampica „READY“ je upaljena. Ova lampica je upaljena kad su zadovoljeni sljedeći uvjeti:
    - dovoljna količina zraka za upućivanje,
    - prekidači na 6,6 kV sklopnoj ploči postavljeni na daljinsko upravljanje,
    - pumpa za pred-podmazivanje je u automatskom režimu rada,
    - ventili za dizelsko gorivo i ulje za podmazivanje otvoreni,

- pokrenuta pumpa za dizelsko gorivo,
- ventili za rashladnu vodu otvoreni,
- pumpe slatke rashladne vode rade (prisutnost tlaka) ili su postavljene na automatski režim rada,
- temperatura visoko-temperaturne slatke rashladne vode je veća od 75°C,
- zaštite motora koje su izbacile su potvrđene i ponovno postavljene i
- dizelski generator postavljen na daljinsko upravljanje.

Ako je odabran automatski režim rada, program pokretanja dizelskog motora i program automatske sinkronizacije i upravljanja prekidačima generatora se provode kada je signal za pokretanje dobiven iz sustava upravljanja energijom (engl. *Power management system,* PMS) ili pritiskom tipke RUN-UP. Kada je signal dobiven iz sustava upravljanja energijom, dugme RUN-UP svijetli.

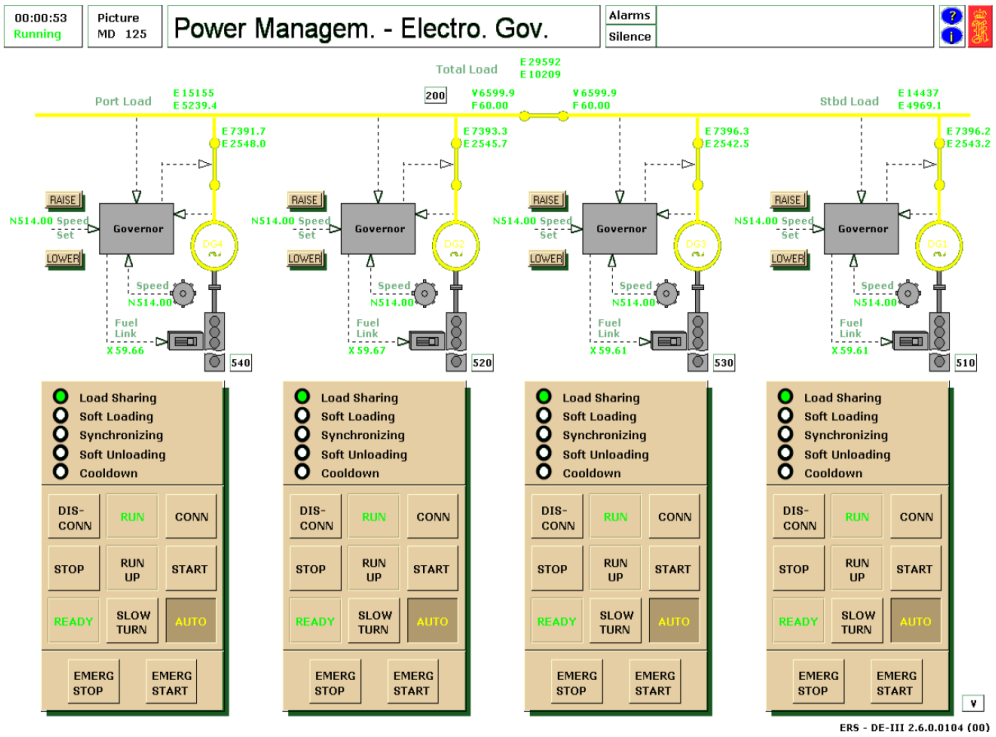
Dizel generator će započeti polagano pokretanje ukoliko nije dugo bio u službi, a pri tom svijetli dugme „SLOW TURN“. Motor će se zavrtjeti do brzine praznog hoda, koja iznosi 300*okr/min*, u roku 10 sekundi. Tada svijetli lampica „RUN-UP“. Nakon pokretanja u praznom hodu motor se postepeno ubrzava na propisanu brzinu od 514 *okr/min* u roku 30 sekundi, gasi se lampica „RUN-UP“, a nakon završenog ubrzanja će zasvijetliti lampica „RUN“.

Elektronički upravljački sustav će automatski sinkronizirati i spojiti dizelski generator na sabirnicu, nakon čega dolazi do postepene preraspodjele opterećenja(u prvoj minuti priključeni generator preuzima 50% predviđenog opterećenja, a u toku preostale 4 minute preuzima ostatak predviđenog opterećenja). Nakon završetka preraspodjele opterećenja lampica „LOAD SHARE“ svijetli i time indicira ravnomjernu raspodjelu tereta među generatorima.

U slučaju nestanka električne energije, tzv. „Blackout“, programi pokretanja i mekanog opterećivanja se zaobilaze.

Kada sustav upravljanja energijom (PMS) pošalje signal za zaustavljanje, ili ručnim pritiskom na dugme „STOP“, generator se mekano rastereti, odspoji sa sabirnice te se motor generatora zaustavi nakon proteklog vremena hlađenja u trajanju od 10 minuta. Važno je napomenuti da će sustav upravljanja energijom spriječiti zaustavljanje generatora ukoliko zahtjevi za energijom premašuju uvjete za pokretanje dodatnog generatora koji obično iznose 80% opterećenosti trenutno korištenog generatora.

Naravno, sve ove procedure je moguće ručno izvesti, pritiscima na dugmad. Također, pritiskom na dugme za pokretanje u nuždi „EMERGENCY START“, dizelski motor će se pokrenuti, sinkronizirati i spojiti na mrežu, dok se programi mekog pokretanja i opterećivanja zaobilaze. Aktivacijom zaustavljanja u nuždi „EMERGENCY STOP“, dizelski motor se trenutno zaustavlja, a prekidač dizelskog generatora se odspaja.



Slika 16. Prikaz elektroničkog regulatora za upravljanje električnom energijom [1]

4.2. SUSTAV UPRAVLJANJA ELEKTRIČNOM ENERGIJOM (PMS)

Sustav upravljanja električnom energijom (engl. PMS – Power Management System) prikazan slikom 16 obuhvaća:

- Automatizaciju dizelskog generatora
- Automatski povrat električne energije u slučaju nestanka iste
- Sustav upravljanja propulzijom (engl. *Propulsion Control System*, PCS) koji služi automatskom smanjenju snage propulzijskih elektromotora uslijed velikog opterećenja dizelskih generatora.

Sustav upravljanja električnom energijom će poslati signal sustavu upravljanja propulzijom kada je potrebno smanjenje snage propulzijskih motora zbog prevelikog opterećenja generatora. To se događa kada opterećenje generatora pređe 85%.Opterećenje

dizelskih generatora se mjeri u MW i kA. Sustav upravljanja električnom energijom se ponaša kao mrežni regulator i omogućava ograničenje momenta propulzijskih elektromotora. Na ovaj način se snaga dizelskih generatora upravlja unutar podesivih vrijednosti automatskim smanjivanjem potraživanja propulzijskih elektromotora, pri čemu uslužni sustavi za potrebe putnika i sustavi u službi broda imaju prioritet.

4.3. PLOČA ZA UPRAVLJANJE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Sustav upravljanja električnom energijom se smatra aktivnim kada se ispune određeni uvjeti, a ti uvjeti uključuju slijedeće:

- dizelski motori generatora su postavljeni u daljinski režim rada na glavnoj upravljačkoj ploči dizel generatora,
- automatsko upravljanje je odabrano na ploči električnog regulatora,
- prekidači generatora su u daljinskom režimu rada,
- generatori za nuždu su postavljeni u automatski režim upravljanja i
- upravljanje propulzijom je u normalnom režimu rada (Manevarski ili plovidbeni režim).

Ploča za upravljanje električnom energijom omogućujenadzor sljedećih veličina:

- ukupna dostupna snage,
- ukupnapotrošnja snage,
- opterećenja pojedinih generatora (kW i kA) i
- položaj polužja goriva za svaki dizel generator.

Električno opterećenje mjereno u kW bi trebalo biti proporcionalno mehaničkoj snazi dizel generatora. Stoga, se položaj polužja goriva se mjeri i uspoređuje s izlaznom električnom snagom generatora. Ako omjer između te dvije veličine prijeđe neku razinu, javlja se alarm gubitka učinkovitosti dizel motora.

Alarmi koji se mogu uključiti su alarmi pokretanja i zaustavljanja generatora. U slučaju opterećenja generatora većeg od 80% nazivnog, uključuje se alarm koji zahtjeva pokretanje dodatnog generatora, dok u slučaju opterećenja generatora manjeg od 25% nazivnog se uključuje alarm koji zahtjeva zaustavljanje generatora. U slučaju da osoba u službi stroja ne reagira na alarm, sustav upravljanja električnom energijom automatski obavlja pokretanje i zaustavljanje generatora.

Osim navedenog, postoje i alarmi koji se uključuju u slučaju smanjenja snage propulzijskih elektromotora, komunikacijskih grešaka sa sustavom upravljanja propulzijom ili greške u radu sustava upravljanja električnom energijom.

Na ploči za upravljanje električnom energijom može se odabrati režim rada sustava upravljanja električnom energijom pritiskom na dugmad, a ti režimi su:

- isključeno,
- lučki režim,
- manevarski režim i
- plovidbeni režim.

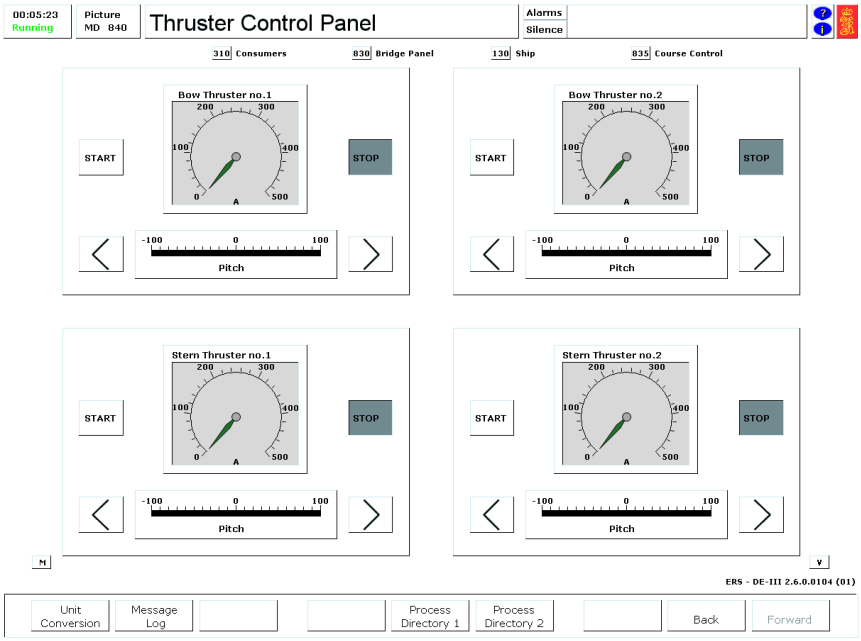
Odabirom određenog režima, sustav upravljanja električnom energijom samostalno upravlja radom dizelskih generatora u odnosu na odabrani režim rada. Važno je napomenuti da će se u slučaju prebacivanja iz lučkog u plovidbeni ili u manevarski režim rada, ili iz plovidbenog u manevarski režim, uključiti alarm ukoliko dostupni generatori ne mogu ispuniti potrebe za električnom energijom.

4.4. PLOČA ZA UPRAVLJANJE POTISNICIMA

Potisnici su pomoćni „pogonski“ strojevi koji služe za manevriranje ili u nekim slučajevima za pomoć pri kormilarenju. Dva pramčana potisnika su snaga od po 1700kW, dok su dva krmena potisnika snaga po 1400kW svaki.

Upravljačka ploča s potisnicima se nalazi na mostu, ali za potpuno upravljanje, potisnicima se također može upravljati iz upravljačke sobe u strojarnici.

Preduvjet za početak pokretanja potisnika je taj da je prekidač spojen na 6.6kV GSP-u. Ako postoji dovoljna snaga za pogon pogonskog mjenjača, što PMS odlučuje, motor će se pokrenuti kada se pritisne gumb za pokretanje. Ako motor nije u stanju započeti zbog situacije napajanja, gumb za pokretanje će treperiti. Naredba za početak resetira se nakon 60 sekundi (vrijeme isporuke) i nova započela naredba.

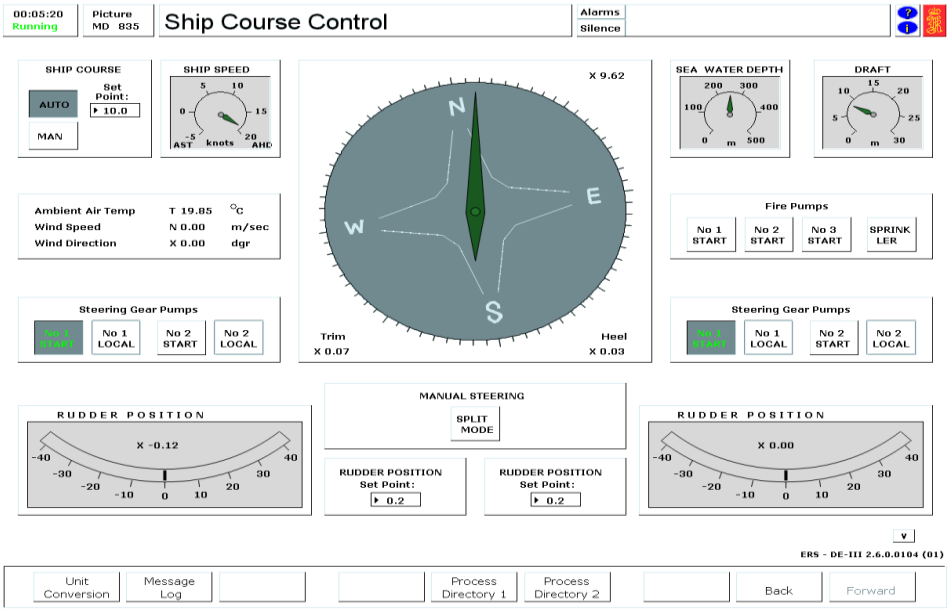


Slika 17. Upravljačka ploča potisnika [1]

4.5. UPRAVLJANE SMJEROM PLOVIDBE BRODA

Upravljanje smjerom broda se vrši automatskim pilotom koji regulira položaj kormila. Kao i većina modernih auto pilota, to je u načelu PID regulator, čiju je proporcionalnu i derivacijsku konstantu moguće mijenjati. Najčešće podešavanje smjera broda na otvorenom moru je uslijed promjene vremenskih prilika Stopa okretanja prikazana je u ne-dimenzionalnom obliku i može se tumačiti kao inverzno od trenutnog radijusa okretanja (mjereno dužinom broda). Na primjer ako bi brzina bila 0,2 čvora znači da je radijus okretanja 5 duljina broda. Osim upravljanja autopilotom upravljanje se može provesti ručnim upravljanjem pomoću jednog od kormila ili podijeljenim ručnim upravljanjem kad oba su kormila neovisna. No ovom radu zbog jednostavnosti opisan je samo rad autopilota koji je dio automatizacijsko sustava što je i tema rada.

Aktuatori u ovom sustavu su pumpe upravljača koje stvaraju potrebnu hidrauličku snagu za zakretanje kormila, čija brzina zakretanja ovisi o hidrauličkom protoku. Upravljanje se može vršiti iz kormilarnice kao i iz upravljačke ploče u sobi za nužnost. U hitnom slučaju, gdje se upravljanje mora izvršiti iz sobe za nužnost, upravljački se preuzima lokalno i to je naznačeno na mostu pomoću indikatora.



Slika 18. Prikaz radne ploče upravljanja smjerom broda [1]

5. ZAKLJUČAK

Zadatak ovog završnog rada bio je opisati način rada sustava automatskog upravljanja kod broda koji koristi dizel-električnu propulziju. U radu je utvrđeno da automatsko upravljanje na modernim brodovima predstavlja električno i elektroničko upravljanje svim sustavima spojenima na brodsku električnu mrežu. Neki od automatski upravljani sustavi su sustavi: propulzije, opskrbe električnom energijom, protupožarni i navigacijski. U ovom radu je objašnjena većina navedenih sustava ali zbog složenosti i opsežnosti cjelokupnog brodskog električnog sustava neki dijelovi su prikazani sažeto.

Za opis i analizu rada sustava korišten je Kongsberg simulator brodske strojarnice putničkog broda K-Sim ERS Diesel Electric-III s pripadajućim uputama za rad na simulatoru. Prateća literatura pruža vrlo dobar uvid električarima i strojarima u rad brodske strojarnice. Za razliku od sustava s mehaničkom propulzijom razmatrani pogon s dizel-električnom je električki gledano složeniji ali je zato fleksibilniji, ekonomičniji i upravljiviji, a broda koji koristi takov pogon ugodniji za putovanje. U njegovom radu uvelike pomaže automatizacija koja upravlja gotovo cjelokupnim sustavom.

Automatizacija na brodovima dovodi do nekih dobrih i nekih loših stvari. Zbog automatizacije cjelokupni rad posade se uvelike ubrzava i olakšava. Posada se fizički rasterećuje od nekih poslova koje zamjenjuju razni elektronički i elektromehanički uređaji, te psihički postavljanjem alarma i signalizacija na svaki dio brodskog električnog sustava. Ipak važno je napomenuti kako posada koja radi na automatiziranom pogonom mora biti adekvatno educirana. Zbog svega spomenutog dolazi i do veće zarade brodarskih kompanija ubrzavanjem rada ali nažalost i reduciranjem posade. Postoji mogućnost da u nekoj doglednoj budućnosti dođe do potpune automatiziranosti broda i eliminacije potrebe za posadom.

LITERATURA

[1] Hermansen, A. K-SimEngineRoom Simulator MachineryandOperation DE-III, Approvedby: Halvorsen, L.P., KONGSBERG MARITIME AS, 2014.

[2] Kurtela, Ž. *Osnove brodostrojarstva*, Dubrovnik, 2000.

[3] http://www.marine-knowledge.com/auxilliary_systems/ship-auxiliary-systems-main-switchboard/

POPIS SLIKA

Slika 1. Sustav rashladne vode pomoćnih strojeva [1] 3
Slika 2. Shema sustava rashladne vode VT-e dizel generatora [1] 4
Slika 3. Shema sustava slatke vode NT-e dizel generatora [1] 6
Slika 4. Shema glavnog sustava morske vode [1] 8
Slika 5. Shema uslužnog sustava i sustava zraka [1] 9
Slika 6. Shema sustava zraka za upućivanje [1] 11
Slika 7. Shema sustava opskrbe gorivom [1] 12
Slika 8. Jednopolna shema brodske električne mreže [1] 14
Slika 9. Radna shema GSP-e od 6.6 kV [1] 16
Slika 10. Shema glavne sklopne ploče od 440 V [1] 17
Slika 11. Prikaz trošila GSP-e od 440 V [1] 18
Slika 12. Shema sklopne ploče za nužnost od 440 V [1] 19
Slika 13. Prikaz trošila s SPzN [1] 20
Slika 14. Radna shema propulzijskog sustava [1] 22
Slika 15. Shema sklopne ploče od 220 V i UPS [1] 23
Slika 16. Prikaz elektroničkog regulatora za upravljanje električnom energijom [1] 28
Slika 17. Upravljačka ploča potisnika [1] 31
Slika 18. Prikaz radne ploče upravljanja smjerom broda [1] 32

KRATICE

- DG-dizel generator
- GzN - generator za nužnost
- SP - sklopna ploča
- GSP - glavna sklopna ploča
- SPzN - sklopna ploča za nužnost
- ARN-automatski regulator napona
- PEM-propulzijski električni motor