Brodski električni sustav LNG tankera s pogonom na dvojno gorivo elektičnom propulzijom

Padovan, Kuzma

Master's thesis / Diplomski rad

2024

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:164:649541

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-23**

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

SVEUČILIŠTE U SPLITU

POMORSKI FAKULTET

KUZMA PADOVAN

BRODSKI ELEKTRIČNI SUSTAV LNG TANKERA S POGONOM NA DVOJNO GORIVO I ELEKTRIČNOM PROPULZIJOM

DIPLOMSKI RAD

SPLIT, 2024.

SVEUČILIŠTE U SPLITU

POMORSKI FAKULTET

STUDIJ: POMORSKE ELEKTROTEHNIČKE I INFORMATIČKE TEHNOLOGIJE

BRODSKI ELEKTRIČNI SUSTAV LNG TANKERA S POGONOM NA DVOJNO GORIVO I ELEKTRIČNOM PROPULZIJOM

DIPLOMSKI RAD

MENTOR:

Izv.prof.dr.sc. Petar Matić

STUDENT:

Kuzma Padovan(MB:0171282069)

SPLIT, 2024.

SAŽETAK

Cilj ovog rada je opisati brodski električni sustav LNG tankera s pogonom na dvojno gorivo i električnom propulzijom. U radu je korišten Transas Marine Ltd. Engine Room Simulator (ERS), a kao prototip korišten je brod Velikiy Novgorod. Opisana je proizvodnja i distribucija električne energije na brodu. Prikazana je glavna shema kruga sa opisom glavnih komponenti distribucijskog sustava, panela prekidača i generatora, te uputa za održavanje visokonaponskih prekidača. Uz visokonaponske, predstavljene su i niskonaponske sklopne ploče. Objašnjen je sustav upravljanja električnom energijom za upravljanje sigurnosnim funkcijama generatora. Navedeni su načini pokretanja generatora i spajanje na sabirnicu glavne sklopne ploče. Također, opisano je napajanje električnom energijom za slučaj nužde.

Ključne riječi: *brodski električni sustav, pogon na dvojno gorivo, električna propulzija, distribucija električne energije, LNG tanker*

ABSTRACT

The goal of this work is to describe the electric power system of an LNG tanker with dual-fuel engines and electric propulsion. The Transas Marine Ltd. Engine Room Simulator (ERS) was used in this study, with the ship Velikiy Novgorod as a prototype. The generation and distribution of the electrical power of the vessel are described. The main circuit diagram is presented with a description of the main components of the distribution system, CB (circuit breaker) and generator panels, as well as maintenance instructions for high-voltage circuit breakers. In addition to high-voltage, low-voltage switchboards are also presented. The power management system for controlling the safety functions of the generators is explained. The methods for starting the generators and their connection to the main switchboard bus are listed. Also, the emergency power supply is described.

Keywords: *electric power system, dual fuel engines, electric propulsion, distribution of the electrical power, LNG tanker*

SADRŽAJ

1. UVOD 1
2. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE NA BRODU ZA PRIJEVOZ UKAPLJENOG PLINA 2
2.1. SPECIFIKACIJA POSTROJENJA 3
2.2. DIZEL MOTORI GENERATORA 3
2.3. SUSTAV ZA NADZOR I SIGURNOST DIZEL MOTORA 4
2.4. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U SIMULATORU 6
2.4.1. Lokalni upravljački panel glavnog generatora 6
2.4.2. Dijagnostički sustav glavnog generatora 10
2.4.3. Upravljački panel pomoćne opreme glavnog generatora 13
2.5. NAPAJANJE S KOPNA 15
3. DISTRIBUCIJA ELEKTRIČNE ENERGIJE NA BRODU ZA PRIJEVOZ UKAPLJENOG PLINA 16
3.1. GLAVNA SHEMA KRUGA 16
3.2. GLAVNE KOMPONENTE DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA 17
3.3. KOMPONENTE I RAD VAKUUMSKOG PREKIDAČA (VCB) 19
3.4. KOMPONENTE I RAD ZRAČNOG PREKIDAČA (ACB) 21
3.5. PRINCIPI RADA PREKIDAČA TROŠILA 22
3.6. VIŠENAMJENSKI NUMERIČKI ZAŠTITNI RELEJ 23
3.7. VISOKONAPONSKE GENERATORSKE JEDINICE NA GLAVNOJ SKLOPNOJ PLOČI 25
3.8. GLAVNI SLOPNI ORMAR SA PREKIDAČIMA ZA GENERATORE 1 I 2 27
3.9. UOBIČAJENO UPRAVLJANJE NA VISOKONAPONSKIM SKLOPNIM PLOČAMA 28
3.10. SINKRONIZACIJA GENERATORA 30
3.11. POVEZIVANJE SABIRNICA NA CB PANELU BR. 1. 33
3.12. UPUTE ZA ODRŽAVANJE VISOKONAPONSKOG PREKIDAČA 34
3.12.1. Pripremanje dizel generatora za održavanje CB-a 34
3.12.2. Uzemljenje visokonaponskog prekidača generatora 35

3.12.3. Održavanje visokonaponskog prekidača za povezivanje sabirnice glavne sklopne ploče 38
3.13. NISKONAPONSKA SKLOPNA PLOČA 39
3.14. NISKONAPONSKA SKLOPNA PLOČA ZA POVEZIVANJE SABIRNICA 41
3.15. NAPOJNA NISKONAPONSKA SKLOPNA PLOČA GSP 1 440 V 42
3.16. NAPOJNA NISKONAPONSKA SKLOPNA PLOČA GSP 2 440 V 46
3.17. NAPOJNA NISKONAPONSKA SKLOPNA PLOČA GSP 220 V 49
4. SUSTAV ZA UPRAVLJANJE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ... 52
4.1. RAD U UOBIČAJENIM EKSPLOATACIJSKIM UVJETIMA 53
4.2. UPRAVLJANJE OPTEREĆENJA 54
4.3. POKRETANJE I ZAUSTAVLJANJE MOTORA GENERATORA NA TEMELJU OPTEREĆENJA 56
4.4. PRESTANAK REDOVNE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM ... 56
4.5. NEUOBIČAJENO STANJE SABIRNICE I GENERATORA 56
4.6. BLOKIRANJE ZAHTJEVA ZA POKRETANJE VELIKOG TROŠILA ... 57
4.7. PRIORITETNO ISKLAPANJE 58
5. GLAVNI GENERATORI 59
5.1. POKRETANJE GENERATORA PREKO LOP-A 59
5.2. POKRETANJE GENERATORA S GSP-A 60
5.3. POKRETANJE GENERATORA PREKO IAS-A 61
5.4. SPAJANJE GENERATORA NA GSP 64
6. NAPAJANJE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM U NUŽDI 65
6.1. MOTOR GENERATORA ZA SLUČAJ NUŽDE 65
6.2. ALTERNATOR GENERATORA 66
6.3. LOKALNI UPRAVLJAČKI PANEL GENERATORA ZA SLUČAJ NUŽDE 66
6.4. SKLOPNA PLOČA GENERATORA ZA SLUČAJ NUŽDE 69
6.5. SKLOPNA PLOČA ZA POVEZIVANJE SABIRNICA ESB-A 72
6.6. ESB NAPOJNA SKLOPNA PLOČA 440 V 73
6.7. ESB NAPOJNA SKLOPNA PLOČA 220 V 76
6.8. PANEL UPUTNIKA ESB-A 78
6.9. PANEL PUNJAČA AKUMULATORA 79

7. ZAKLJUČAK 81
LITERATURA 82
POPIS SLIKA 83
POPIS KRATICA 85

1. UVOD

Sustavi s pogonom na dvojno gorivo i električnom propulzijom (eng. *Dual fuel diesel electric* - DFDE) koriste prirodni plin kao primarno gorivo, dok se dizelsko gorivo koristi kako bi se zapalio plin. Električna propulzija koristi elektromotore za pogon broda, pri čemu se dobiva električna energija od generatora koji su pogonjeni motorima s dvojnim gorivom (eng. *Dual fuel* - DF).

Rad je podijeljen na sedam poglavlja, pri čemu uvod predstavlja prvo poglavlje. Drugo poglavlje opisuje proizvodnju električne energije na brodu. Električna energija se proizvodi pomoću četiri dizelska generatora upravljanih putem integriranog sustava automatike (eng. *Integrated automation system* - IAS), dok je ručno upravljanje moguće preko upravljačkih panela motora.

U trećem poglavlju navedene su glavne komponente distribucijskog sustava, te su opisani prekidači i releji koji se nalaze na takvim panelima. Opisane su visokonaponske glavne sklopne ploče VN GSP (eng. *High voltage main switchboard* - HV MSB) i niskonaponske glavne sklopne ploče NN GSP (eng. *Low voltage main switchboard* - LV MSB), te su predstavljene upute za održavanje visokonaponskih prekidača.

Četvrto poglavlje opisuje sustav za upravljanje električnom energijom (eng. *Power management system* - PMS) koji sadrži sve potrebne funkcije za upravljanje generatora. Sustav ima funkciju upravljanja opterećenjem generatora, upravljanja uspostavom napajanja, nadzora i detekcije neuobičajenog stanja napona i frekvencije glavne sabirnice, te upravljanja zahtjevom za pokretanje velikog trošila.

U petom poglavlju je prikazano pokretanje generatora preko lokalnog upravljačkog panela (eng. *Local operation panel* - LOP), preko glavne sklopne ploče GSP (eng. *Main switchboard* - MSB), te preko zaslona IAS-a. Zadnje podpoglavlje opisuje spajanje generatora na glavnu sklopnu ploču.

Napajanje električnom energijom u nuždi (eng. *Emergency* - EMCY) opisano je kroz šesto poglavlje. Opisan je motor i alternator generatora za slučaj nužde (eng. *Emergency generator* - EG). Prikazani su lokalni upravljački paneli generatora za slučaj nužde kao i glavna sklopna ploča za slučaj nužde (eng. *Emergency switchboard* - ESB), i sklopna ploča za povezivanje sabirnica.

Na temelju analize brodskog električnog sustava, u sedmom poglavlju je donesen zaključak rada.

2. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE NA BRODU ZA PRIJEVOZ UKAPLJENOG PLINA

Tanker za prijevoz ukapljenog plina (eng. *Liquefied natural gas carrier* - LNG carrier) Velikiy Novgorod, prikazan na slici 1., je izgrađen 2014. godine u Južnoj Koreji. Opremljen je dizel-električnim pogonom na dvojno gorivo. Sustav se sastoji od dvaju MAN 8L51/60DF i dvaju MAN 9L51/60DF motora, ukupne nazivne snage 34 MW, koji su proizvedeni u MAN Diesel & Turbo postrojenju u Augsburgu, Njemačka.

Pogonski sustav omogućava LNG tankeru vrlo učinkovit i niskoemisijski pogon, posebno kada radi u plinskom načinu rada. Također ima visok stupanj redundancije, s obzirom da MAN 51/60 DF motori pružaju višestruke opcije pogonskog goriva.

Velikiy Novgorod je dizajniran za plovidbu kroz led i ima arktičku klasifikaciju za led. To je prvi brod u seriji visokotehnoloških LNG tankera za led koji je posebno dizajniran u skladu sa zahtjevima tvrtke Gazprom. Brod ima duljinu od 300 metara, širinu od 45.8 metara, te postiže brzinu od 19.5 čvorova.

Slika 1. Velikiy Novgorod

Sustav električne energije se sastoji od brodske električne centrale BEC (eng. *Electric power plant* - EPP), električne mreže broda i trošila električne energije. Električna mreža broda se sastoji od glavne i sklopne ploče za slučaj nužde, sklopnog panela za distribuciju električne energije (eng. *Power distribution* - PD) i električnih kabela.

U idućim podpoglavljima je nabrojena specifikacija postrojenja, opisani su dizel motori generatora sa sustavima za nadzor i sigurnost. Opisana je proizvodnja električne energije u simulatoru i napajanje s kopna.

2.1. SPECIFIKACIJA POSTROJENJA

Brodska električna centrala uključuje:

- Dva generatora na dvojno gorivo: 6600 V, 3 faze, 60 Hz, 8700 kW;
- Dva generatora na dvojno gorivo: 6600 V, 3 faze, 60 Hz, 7700 kW;
- Jedan turbinski generator: 6600 V, 3 faze, 60 Hz, 1800 kW;
- Jedan dizel generator za nuždu: 450 V, 3 faze, 60 Hz, 850 kW;
- Priključak za kopno: 440 V, 3 faze, 60 Hz, 1200 A;
- Dvije glavne visokonaponske sklopne ploče VN GSP;
- Četiri propulzijska elektromotora 6750 kVA;
- Dva glavna transformatora 6600V/450V;
- Dvije glavne niskonaponske sklopne ploče NN GSP;
- Sedam panela za grupne uputnike (eng. *Group starter panel* - GSP) u NN GSP;
- Petnaest panela za lokalne grupne uputnike (eng. *Local group starter panel* - LGSP) u strojarnicama;
- Punjač: 230 V AC - 24 V DC za opskrbu sklopnih panela s 24 V DC;
- Sekcije za distribuciju električne energije AC440 V, AC220 V, 24 V DC; trošila sa strujnim prekidačima (eng. *Circuit breaker* - CB) i uputnicima;
- Lokalne panele i uputnike u strojarnici (eng. *Engine room* - ER).

Električna energija se proizvodi pomoću četiri dizelska generatora od koji su dva (Generator 1 i 4) MAN dizel i turbo SE tipa 8L51/60DF i imaju prividnu snagu 8556 kVA, a preostala dva su MAN dizel i turbo SE tipa 9L51/60DF sa prividnom snagom 9667 kVA. Osim toga, brodska električna centrala raspolaže i turbinskim generatorom, generatorom za slučaj nužde i priključkom za napajanje s kopna.

2.2. DIZEL MOTORI GENERATORA

Motori dizel MAN i turbo SE s oznakom 51/60 DF su motori s prednabijanjem pogonjeni dvojnim gorivom, promjerom cilindra od 510 mm i hodom od 600 mm, te su izvedeni iz dizelske verzije 48/60B. Ovi motori mogu raditi na plin ili dizel gorivo. Motor je pogodan za prirodni plin s konstantnim brojem metana koji je veći ili jednak 80 u neprekidnom načinu rada s dizelskim gorivom kao što je brodsko dizelsko gorivo (eng.

Marine diesel oil - MDO), brodsko plinsko gorivo (eng. *Marine gas oil* - MGO) i teško gorivo (eng. *Heavy fuel oil* - HFO). Dizel/plinski motori se obično pogone prirodnim plinom i malom količinom dizelskog goriva. Za pokretanje i zagrijavanje motora ili kada plin nije dovoljan, motor se pokreće u dizelskom načinu rada s dizelskim gorivom ili teškim gorivom.

U dizelskom načinu rada, motor funkcionira na isti način kao i konvencionalni dizelski motori: Gorivo se ubrizgava pomoću pumpe za ubrizgavanje putem ubrizgača smještenog u centralnom dijelu glave cilindra. Turbopuhalo i hladnjak stlačenog zraka su smješteni na slobodnom kraju motora. Pumpe rashladne vode i pumpe ulja za podmazivanje pokreću se putem pogonske jedinice na slobodnom kraju motora.

Podmazivanje radnih površina košuljice cilindra se obavlja ubrizgavanjem cilindarskog ulja i uljnom maglom iz uljnog korita. Podmazivanje klipnih prstenova se odvija odozdo putem rupa u donjem dijelu košuljice cilindra.

Pri radu na plin, plin za izgaranje se upuhuje u usisnu cijev glave cilindra putem elektromagnetski pokretanih plinskih ventila. Elektromagnetski pokretani glavni plinski ventil je potpuno integriran u sustav upravljanja motora.

Količina zraka u motoru tijekom rada na plin regulira se klapnom premosnicom kompresora na kućištu. Klapna premosnica kompresora podržava upravljačku funkciju plinskih ventila tijekom rada na plin prilagodbom količine zraka, a time i odgovarajuće količine plina u skladu s opterećenjem. Motor se pokreće stlačenim zrakom minimalnog tlaka od 30 bara. Osim pokretanja, stlačeni zrak se koristi i za upravljačke pneumatske uređaje gdje se koriste tlakovi od 30 i 8 bara.

Obrađena slatka voda se koristi u svrhu hlađenja. Hladnjak stlačenog zraka također se hladi slatkom vodom, ali u određenim rijetkim slučajevima morskom vodom ili ne tretiranom vodom.

2.3. SUSTAV ZA NADZOR I SIGURNOST DIZEL MOTORA

Sustav za nadzor i sigurnost služi za potpuno upravljanje dizel motora i za alarmiranje. U ovaj sustav uključeni su sljedeći dijelovi:

- Upravljačka jedinica na koju su povezani svi senzori;
- Lokalni upravljački panel s zaslonom na dodir koji je modeliran u simulatoru za upravljanje i prikaz radnih vrijednosti;

- Jedinica za ubrizgavanje koja služi za elektroničku regulaciju brzine i upravljanja sustava ubrizgavanja;
- Sučeljni ormarić koji se sastoji od dva pristupnika koji djeluju kao sučelja prema vanjskim sustavima;
- Pomoćni ormarić koji se sastoji od uputnika za trošila postavljene na motor.

U slučaju preopterećenja, u dizel-električnim postrojenjima manje bitna trošila moraju biti isklopljena s sabirnice ili drugi motor mora biti pokrenut kako bi preuzeo opterećenje. Dizel motori su opremljeni zaštitom koja automatski smanjuje opterećenje na 60% nazivne snage u slučaju:

- Previsoke brzine turbopuhala;
- Niskog tlaka ulja za podmazivanje motora;
- Previsoke temperature ulja za podmazivanje motora;
- Kada tlak stlačenog zraka hladnjaka ostaje visok;
- Previsoke temperature ispušnih plinova i/ili odstupanja srednje vrijednosti temperature ispušnih plinova u jednom cilindru;
- Previsoke temperature ispušnih plinova prije turbopuhala.

Ako neki od navedenih parametara premaše određene vrijednosti, sigurnosni sustav zahtijeva smanjenje opterećenja slanjem signala upravljačkoj jedinici generatora.
Motori dizel generatora raspolažu i sustavom automatskog zaustavljanja. Ako je zaustavljanje motora uzrokovano sigurnosnim sustavom, signal za zaustavljanje u slučaju nužde odmah ima učinak na uređaj za zaustavljanje u slučaju nužde i upravljanje brzine. Jednom kada je sigurnosni upravljački sustav aktiviran, motor se odmah zaustavlja pri čemu se oglašava jedan od niže navedenih alarma:

- Previsok broj okretaja motora;
- Kvar oba senzora brzine;
- Kvar oba uređaja za ubrizgavanje;
- Previsoka temperatura glavnog ležaja;
- Prenizak tlak ulja za podmazivanje motora;
- Prenizak tlak ulja za podmazivanje turbopuhala;
- Previsoka temperatura ulja za podmazivanje turbopuhala;
- Visoka koncentracija uljne magle u uljnom koritu;

- Nadzor temperature cilindarskog ulja (temperatura previsoka, odstupanje srednje vrijednosti u jednom cilindru);
- Prenizak tlak u sustavu hlađenja vodom visoke temperature na ulazu motora;
- Previsoka temperatura u sustavu hlađenja vodom visoke temperature na izlazu motora.

Ako neki parametri premaše određene vrijednosti i time postoji opasnost od oštećenja (npr. prevelika brzina, vrlo nizak tlak ulja za podmazivanje) sigurnosni sustav automatski zaustavlja motor.

2.4. PROIZVODNJA ELEKTRIČNE ENERGIJE U SIMULATORU

Glavni motori generatora upravljaju se u integriranom sustavu automatike. Ručno upravljanje omogućeno je s lokalnih upravljačkih panela motora. U idućim podpoglavljima je opisan lokalni upravljački panel glavnog generatora te njegovo sučelje za nadzor i sigurnost. Opisan je dijagnostički sustav glavnog generatora, te upravljački panel za pomoćnu opremu.

2.4.1. Lokalni upravljački panel glavnog generatora

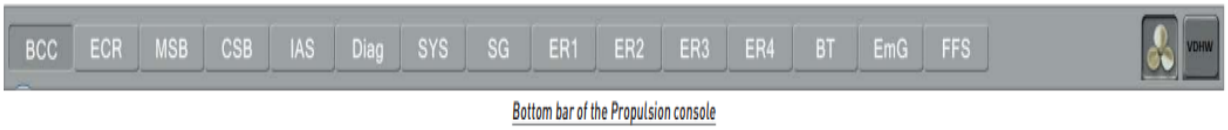
Na slici 2. se nalazi prikaz izbornika. Stranice su ukratko opisane u nastavku:

- BBC (eng. *Bridge control console*) stranica prikazuje upravljačke panele zapovjednog mosta;
- ECR stranica (eng. *Engine control room*) prikazuje upravljačke panele iz upravljačke prostorije strojarnice;
- MSB (eng. *Main switchboard*) i CSB (eng. *Cargo switchboard*) stranice prikazuju upravljačke panele glavne sklopne ploče i sklopne ploče za teret;
- IAS stranica prikazuje zaslone daljinskog upravljanja integriranog sustava automatike;
- Diag stranica prikazuju dijagnostičke dijagrame cilindara glavnih motora dizelskih generatora;
- SYS stranica prikazuje brodske sustave.

Sljedeće stranice prikazuju ručno upravljanje opremom i strojevima u brodskim strojarnicama:

- SG (eng. *Steering gear*) - Stranica upravljanja kormilarskim uređajem;
- ER1 (eng. *Engine room* 1) - Stranica strojarnice 1;
- ER2 (eng. *Engine room* 2) - Stranica strojarnice 2;
- ER3 (eng. *Engine room* 3) - Stranica strojarnice 3;
- ER4 (eng. *Engine room* 4) - Stranica strojarnice 4;
- BT (eng. *Bow thruster*) - Stranica prostorije pramčanog propelera;
- Emg (eng. *Emergency generator*) - Stranica prostorije generatora za slučaj nužde;
- FFS (eng. *Fire fighting system*) - Stranica prostorije protupožarnog sustava.

Stranice strojarnica (ER) sadrže prikaze lokalnih upravljačkih panela (LOP), sklopnih ploča, ploče za distribuciju električne energije, lokalne panele za grupne uputnike (LGSP), itd.



Slika 2. Prikaz izbornika

Klikom na stavku izbornika glavni generator 1 (eng. *Main generator* - MG 1) LOP na stranici ER2 pristupa se lokalnom upravljačkom panelu glavnog generatora 1 (MG No 1 LOCAL OPERATING PANEL), koji je prikazan na slici 3., te upravljačkom panelu za slučaj nužde glavnog generatora 1 (MG No 1 EMERGENCY OPERATION).

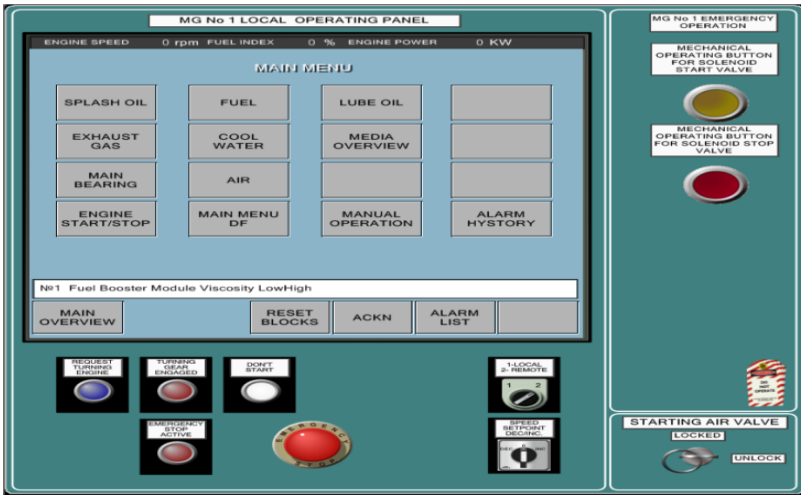
Lokalni upravljački panel glavnog generatora 1 se sastoji od upravljačkog sustava za praćenje i sigurnost motora generatora, te od indikatorskih lampica. Indikatorske lampice svijetle nakon neuspješnog sporog okretanja ili nakon dužeg perioda mirovanja (REQUEST TURNING ENGINE), kada su uvjeti za pokretanje motora blokirani (DON'T START), mehanizam za pokretanje je uključen, a uređaj za okretanje uključen (TURNING GEAR ENGAGED) i u slučaju kada je zaustavljanje u nuždi aktivno. Lampica svijetli sve dok zaustavljanje u slučaju nužde nije potvrđeno (EMERGENCY STOP ACTIVE).

Klikom na tipku zaustavljanje u slučaju nužde (EMERGENCY STOP) zaustavlja se motor. Sklopka 1-LOCAL/2-REMOTE je dvopoložajna sklopka za odabir načina upravljanja

motorom. U lokalnoj poziciji (1-LOCAL) pokretanje/zaustavljanje motora je moguće samo na lokalnom upravljačkom panelu dok je zaustavljanje u slučaju nužde moguće i s drugih upravljačkih panela. Kada je sklopka u udaljenom načinu (2-REMOTE) motor se može pokrenuti s vanjskih sustava gdje se vrše postavke brzine. Vanjski sustavi su obično sustavi upravljanja propulzijskim elektromotorima ili sustav upravljanja električnom energijom ili se podešavanje vrši preko udaljenog upravljačkog panela (eng. *Remote operation panel* - ROP). Smanjenje/povećanje zadane brzine (SPEED SETPOINT DEC./INC.) je impulsna sklopka koja služi za postupno smanjenje ili povećanje brzine motora.

Upravljački panel glavnog generatora 1 za slučaj nužde (MG No 1 EMERGENCY OPERATION) se sastoji od dvije tipke. Klikom na mehaničku tipku za upravljanje elektromagnetskim uputnim ventilom (MECHANICAL OPERATING BUTTON FOR SOLENOID START VALVE) mehanički se otvara ventil za opskrbu zraka za upućivanje. Klikom na mehaničku tipku za upravljanje elektromagnetskim zaustavnim ventilom (MECHANICAL OPERATING BUTTON FOR SOLENOID STOP VALVE) mehanički se zatvara ventil za opskrbu gorivom.

Na panelu ventila zraka za upućivanje (STARTING AIR VALVE) se nalazi mehanički ključ. Klikom na ključ prebacuju se stanja zaključano/otključano (LOCKED/UNLOCKED). Kada je ključ postavljen u položaju zaključano (LOCKED) sprječava se pokretanje motora tijekom održavanja visokonaponskog prekidača generatora.



Slika 3. Lokalni upravljački panel glavnog generatora 1

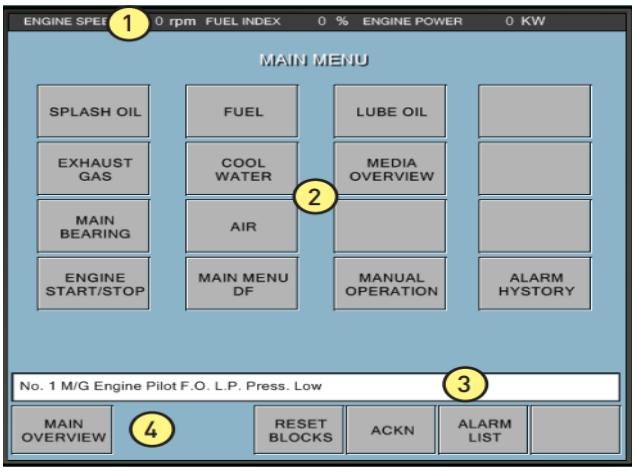
Upravljački paneli generatora 2, 3 i 4 su slična upravljačkom panelu generatora 1. Pristupa im se na MG No 2 LOCAL OPERATING PANEL i MG No 2 EMERGENCY

OPERATION panelu, MG No 3 LOCAL OPERATING PANEL i MG No 3 EMERGENCY OPERATION panelu, MG No 4 LOCAL OPERATING PANEL i MG No 4 EMERGENCY OPERATION panelu na stranici ER2.

Sučelje sustava za nadzor i sigurnost je prikazano na slici 4.

Sučelje se sastoji od:

1. Statusne trake, gdje su prikazane trenutne vrijednosti brzine vrtnje motora (ENGINE SPEED), index goriva (FUEL INDEX) i snaga motora (ENGINE POWER);
2. Glavnog izbornika, gdje se nalaze odabrani prikazi procesa, podatkovne stranice ili popis izbornika;
3. Alarmnog okvira, gdje se prikazuje poruka alarma;
4. Upravljačke i navigacijske trake, gdje se prikazuju tipke za navigaciju kroz sustav i pristup različitim funkcijama. Oni uključuju:
    - Glavni pregled (MAIN OVERVIEW) koji prikazuje važne vrijednosti podataka i postavki;
    - Tipku za resetiranje blokada (RESET BLOCKS) koja otvara stranicu sigurnosnog sustava resetiranja blokade (RESET BLOCK – SAFETY SYSTEM);
    - Potvrdu (ACKN) koja služi za potvrđivanje alarma;
    - Tipku ALARM LIST koja otvara popis alarma.



Slika 4. Nadzor motora i sigurnosni sustav

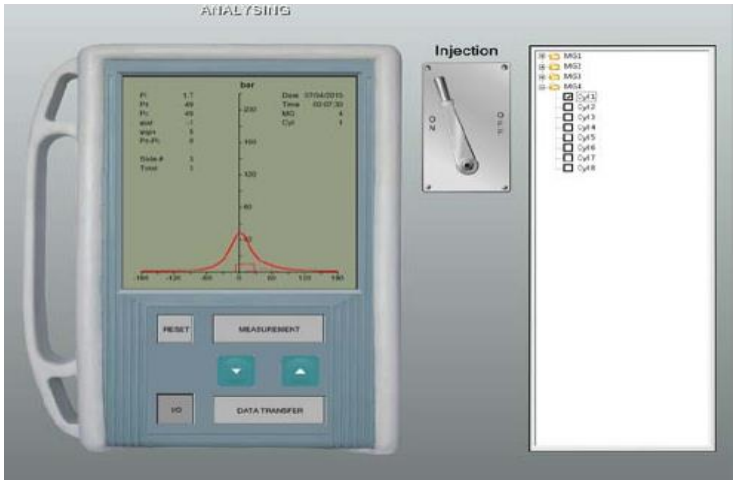
2.4.2. Dijagnostički sustav glavnog generatora

Dijagnostički sustav glavnog generatora obavlja analizu i usporedbu. Analiza obuhvaća ručni uređaj za snimanje tlaka u svakom cilindru motora s kojim se dobivaju indikatorski dijagrami, te prijenos podataka na glavnu jedinicu za daljnju analizu i usporedbu. Usporedba obuhvaća stacionarni uređaj koji služi za snimanje različitih cilindara motora s kojim se dobivaju indikatorski dijagrami tipa “P-φ” i “P-V”.

Klikom na stavku izbornika Analyzing na stranici Diag otvara se prikaz za mjerenje tlaka u cilindrima, koji je prikazan na slici 5.

Na slici se nalazi:

- Simulacija ručnog mjernog uređaja;
- Ručica za ubrizgavanje za postavljanje u položaj uključeno (ON)/isključeno (OFF);
- Izbornik za odabir motora i cilindra; klikom na znak strelice prema dolje otvara se padajući popis cilindara.



Slika 5. Analiza tlaka u cilindru

Prikazani su sljedeći parametri:

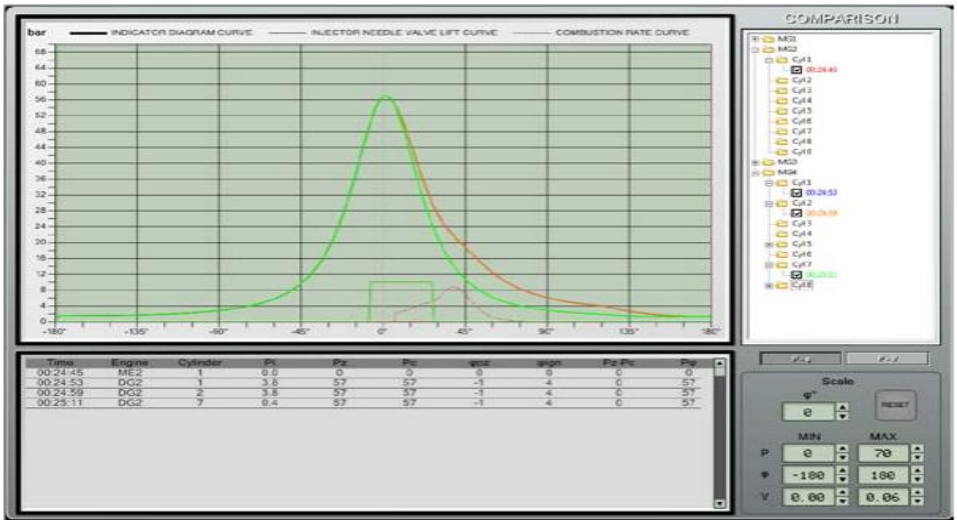
- Pi - srednji efektivni tlak;
- Pz - maksimalni tlak izgaranja;
- Pc - tlak kompresije;
- φpz - kut ubrizgavanja goriva;
- φign - kut početka izgaranja;
- Slide # - broj mjernog slajda;
- Total - ukupno slajdova u nizu.

Horizontalna os dijagrama je kut koljenastog vratila cilindra, vertikalna os je tlak.
Za svaki cilindar moguć je prikaz četiri krivulja:

- Krivulja indikatorskog dijagrama;
- Krivulja podizanja igle ubrizgača;
- Krivulja brzine izgaranja;
- Dinamika ubrizgavanja goriva.

Ručica za uključivanje/isključivanje ubrizgavanja se koristi kako bi se spriječilo ubrizgavanje goriva u odabrani cilindar tijekom mjerenja tlaka. Kada je ručica u položaju isključeno, rezultirajući dijagram prikazuje krivulju tlaka cilindra kao funkciju hoda klipa bez ubrizgavanja goriva.
Tipka I/O služi za uključivanje i isključivanje mjernog uređaja. U padajućem izborniku odabire se cilindar. Tipka MEASUREMENT služi za početak mjerenja. Parametri cilindra će se pojaviti na zaslonu uređaja. Tipka prijenosa podataka (DATA TRANSFER) šalje sve prikupljene podatke u jedinicu za usporedbu.
Jedinica za usporedbu parametara cilindara je prikazana na slikama 6. i 7., te se sastoji od:

- Područja grafa s legendom na vrhu;
- Izbornika za odabir cilindara;
- Područja tablice;
- Panela za postavljanje skaliranja i prikaza dijagrama.



Slika 6. P-φ dijagram

Sa desne strane se označuju potrebni podaci mjerenja za usporedbu. Dijagrami će biti prikazani u području grafa koristeći različite boje radi preglednosti. Za svaki cilindar su prikazana tri dijagrama na P–φ grafu koristeći različite stilove linija kako je objašnjeno u legendi na vrhu područja grafa. P–V graf se sastoji od jednog dijagrama za svaki od odabranih cilindara.

Područje tablice prikazuje odabrane parametre cilindra:

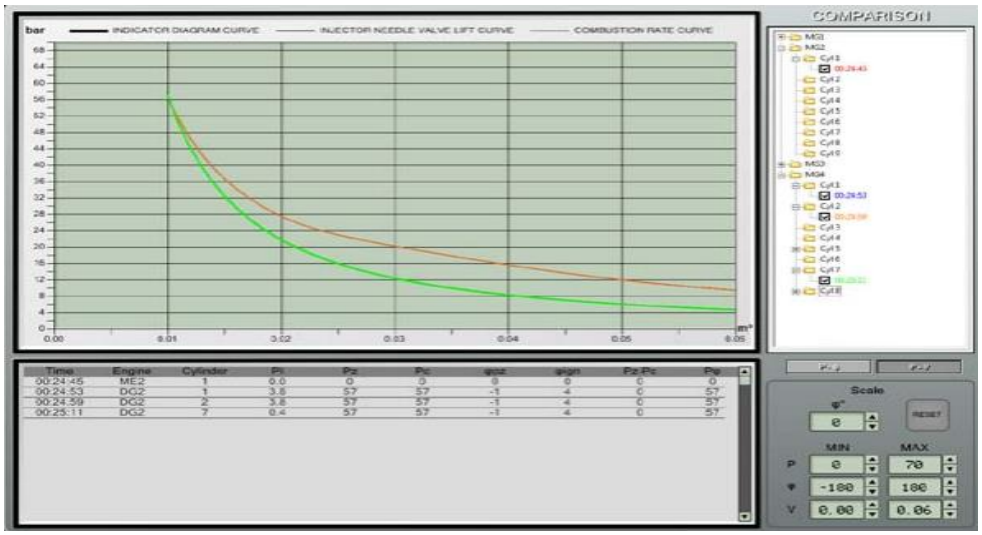
- Pz - maksimalni tlak izgaranja;
- Pc - tlak kompresije;
- Pi - srednji efektivni tlak;
- Phi pz - kut ubrizgavanja goriva;
- Phi ign - kut početka izgaranja.

Pritiskom na tipku P–φ uspoređuju se dijagrami, gdje je horizontalna os kut koljenastog vratila cilindra, a vertikalna os je tlak.

Koristeći tipku P–V uspoređuju se dijagrami, gdje je horizontalna os volumen cilindra, a vertikalna os tlak. Panel za skaliranje se sastoji od:

- Polja φ° za pomicanje vertikalnog pokazivača duž horizontalne osi; pokazivač je koristan za pronalaženje točnog kuta točke infleksije krivulje;
- Tipke za resetiranje (RESET) koja vraća postavke skaliranja na zadane vrijednosti;
- Polja φ za postavljanje minimalne (MIN) i maksimalne (MAX) vrijednosti kuta (horizontalna os);
- Polja P za postavljanje minimalne (MIN) i maksimalne (MAX) vrijednosti tlaka (vertikalna os).

Panel za skaliranje ne koristi se za prikaz P–V dijagrama.



Slika 7. P-V dijagram

2.4.3. Upravljački panel pomoćne opreme glavnog generatora

Klikom na stavku izbornika pomoćna oprema glavnog generatora 1 (MG 1 Attached Equipment LOP) na stranici ER3 otvaraju se paneli NO 1 MG ENGINE JACKET WATER PREHEATER UNIT i MG 1 TURNING GEAR MOTOR STARTER, koji se nalaze na slici 8.

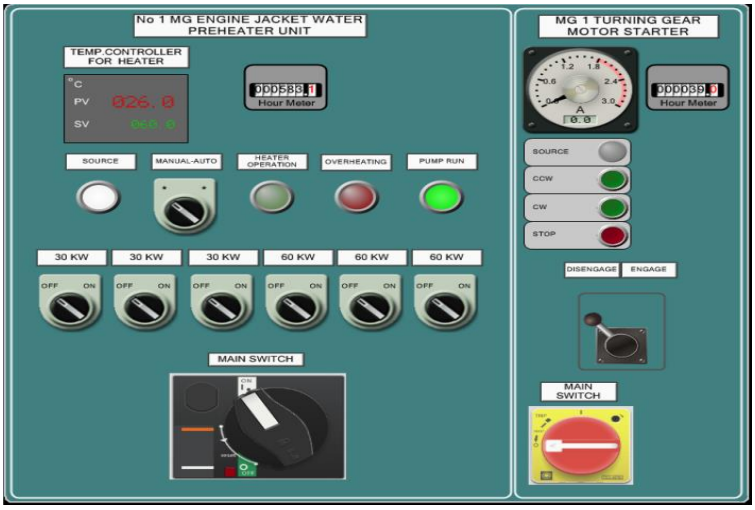
Panel jedinice za predgrijavanje rashladne vode u košuljici motora glavnog generatora 1 (NO 1 MG ENGINE JACKET WATER PREHEATER UNIT) se sastoji od:

- MAIN SWITCH - prekidača kruga; lampica izvora (SOURCE) svijetli kada je osigurano napajanje;
- TEMP. CONTROLLER FOR HEATER - LCD zaslona s prikazom postavki regulatora;
- Hour Meter - mjerača radnih sati;
- MANUAL - AUTO - dvopoložajne sklopke za odabir načina rada; u ručnom načinu rada grijač i pumpa se upravljaju sklopkama na ovom panelu; u automatskom načinu rada jedinica se upravlja prema postavkama regulatora;
- HEATER OPERATION - lampice koja svijetli kada je grijač uključen;
- OVERHEATING - lampice koja svijetli kada temperatura prelazi zadanu vrijednost za 10 °C u ručnom (MANUAL) načinu rada; grijač se zaustavlja;
- PUMP RUN - lampice koja svijetli kada pumpa radi.

Svaka sklopka od 30 kW i 60 kW upravlja odgovarajućom zavojnicom za dodavanje kapaciteta grijanja u fazama u ručnom (MANUAL) načinu rada. U automatskom (AUTO) načinu rada, jedna ili više zavojnica treba biti uključena da bi regulator radio.

Panel uputnika motora uređaja za okretanje glavnog generatora 1 (MG 1 TURNING GEAR MOTOR STARTER) se sastoji od:

- MAIN SWITCH - sklopke napajanja; lampica izvor (SOURCE) svijetli kada je napajanje uređaja za okretanje dostupno;
- CCW - osvijetljene tipke koja služi za postavljanje rotacije uređaja za okretanje u smjeru suprotnom od kazaljke na satu; tipka svijetli kada rotira uređaj za okretanje;
- CW - osvijetljene tipke koja služi za postavljanje rotacije uređaja za okretanje u smjeru kazaljke na satu; tipka svijetli kada rotira uređaj za okretanje;
- STOP - tipke za zaustavljanje uređaja za okretanje;
- DISENGAGE/ENGAGE - prekidača s dvije pozicije za postavljanje željenog položaja uređaja za okretanje.



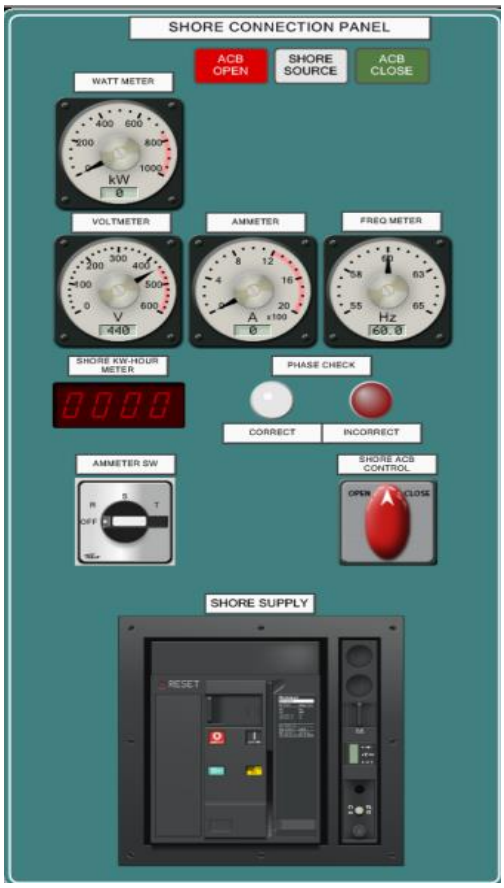
Slika 8. Upravljački panel pomoćne opreme glavnog generatora 1

Generatori 2, 3 i 4 raspolažu sličnim upravljačkim panelima pomoćnih uređaja kojima se pristupa na NO 2 MG ENGINE JACKET WATER PREHEATER UNIT, MG 2 TURNING GEAR MOTOR STARTER, NO 3 MG ENGINE JACKET WATER PREHEATER UNIT, MG 3 TURNING GEAR MOTOR STARTER, NO 4 MG ENGINE JACKET WATER PREHEATER UNIT, MG 4 TURNING GEAR MOTOR STARTER na stranici ER3.

2.5. NAPAJANJE S KOPNA

Za pristup panelu priključka na kopno (SHORE CONNECTION PANEL) odabere se stavka izbornika ESB Shore Supply Panel na stranici EmG. Panel priključka na kopno se nalazi na slici 9.

Panel se sastoji od signalnih lampica koje svijetle kada je zračni prekidač uklopljen (eng. *Air circuit breaker* - ACB OPEN) i isklopljen (ACB CLOSE), te kada se pojavi napajanje s kopna (SHORE SOURCE). Na panelu se nalaze voltmetar (VOLTMETER), vatmetar (WATTMETER), ampermetar (AMMETER) i mjerač frekvencije (FREQ. METER) za prikaz parametara napajanja s kopna. SHORE KW-HOUR METER je digitalni pokazivač utroška električne energije s kopna. Lampe provjere faza (PHASE CHECK) služe za indikaciju ispravnog (CORRECT) i neispravnog (INCORRECT) redoslijeda faza. AMMETER SW je sklopka za postavljanje potrebne faze za mjerenje struje. Dvopoložajna radna sklopka SHORE ACB CONTROL služi za uklapanje (OPEN) i isklapanje (CLOSE) ACB-a priključka na kopno. SHORE SUPPLY je zračni prekidač.



Slika 9. Panel priključka na kopno

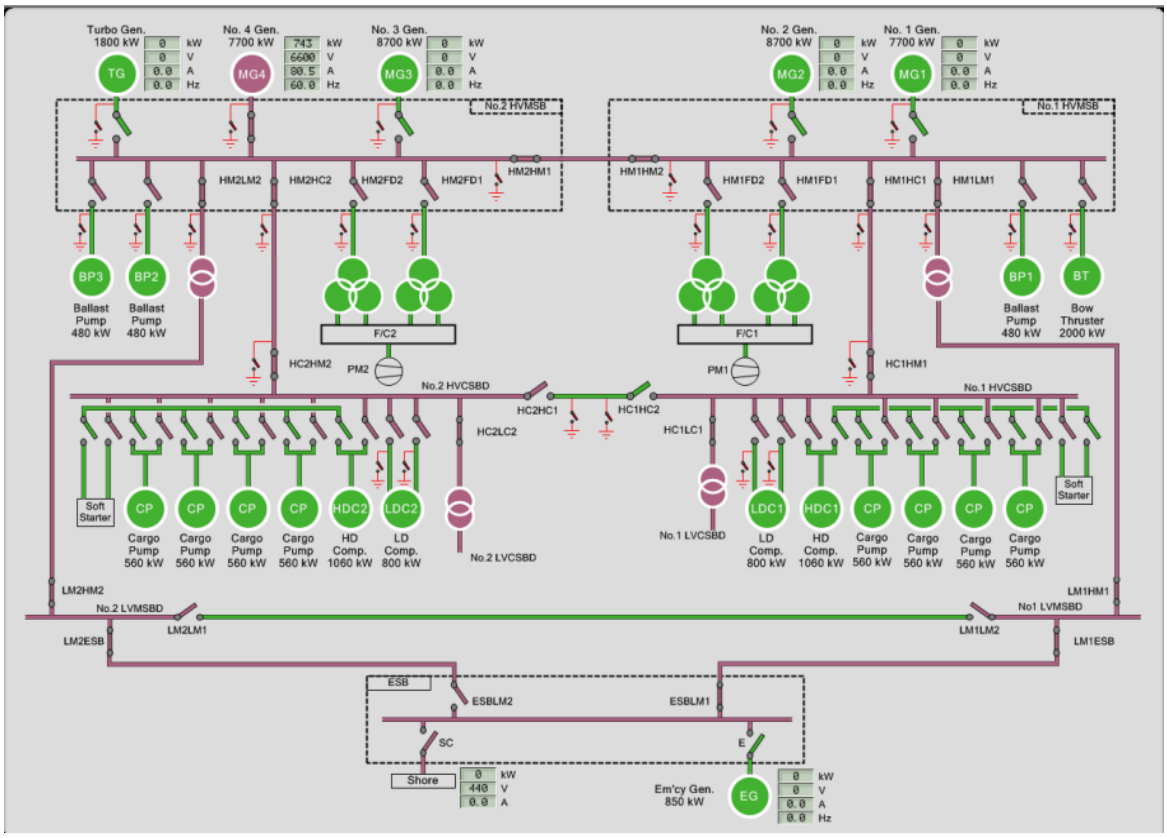
3. DISTRIBUCIJA ELEKTRIČNE ENERGIJE NA BRODU ZA PRIJEVOZ UKAPLJENOG PLINA

Brodsku električnu mrežu čini sustav za isporuku električne energije s brodske električne centrale na glavne pogonske motore i druga trošila na brodu. Brodska električna mreža napaja trošila s trofaznim naponom naponskih razina 6600 V, 440 V i 220 V, frekvencije 60 Hz, te 24 V istosmjernim naponom iz akumulatora. U idućim podpoglavljima prikazana je glavna shema kruga, te su nabrojene glavne komponente distribucijskog sustava. Opisani su vakuumski i zračni prekidači, prekidači trošila i višenamjenski numerički zaštitni relej. Prikazan je i opisan visokonaponski panel generatora br. 1, te njegov CB panel. Opisan je skup uobičajenih upravljanja na visokonaponskim sklopnim pločama. Objašnjena je sinkronizacija generatora sa prikazom i opisom panela za sinkronizaciju. Prikazane su upute za održavanje visokonaponskog prekidača. Opisana je niskonaponska sklopna ploča, niskonaponska sklopna ploča za povezivanje sabirnica i dovodne niskonaponske sklopne ploče.

3.1. GLAVNA SHEMA KRUGA

Glavna shema kruga prikazuje se odabirom stavke glavni shematski dijagram (eng. *Main circuit diagram* - MCD) u izborniku na stranici glavne sklopne ploče (MSB), pri čemu se prikazuje jednopolni dijagram električne mreže koji je prikazan na slici 10.

Na slici su aktivni (napajani) elementi poput generatora, sabirnica, transformatora i zatvorenih prekidača obojani magenta bojom. Digitalni pokazivači prikazuju stvarne vrijednosti električnih parametara napona, struje, snage i frekvencije. Odsutnost napona indicira se zelenom bojom, dok su isklopljeni prekidači obojani u crveno. Vakuumski prekidači generatora mogu se upravljati s panela generatora i panela za sinkronizaciju VN GSP i putem IAS zaslona. Preostali prekidači upravljaju se od strane sustava upravljanja električnom energijom i njihovih upravljačkih panela. Visokonaponski prekidači su zbog održavanja i zaštite člana posade pri izvođenju održavanja opremljeni zemljospojnicima.



Slika 10. Jednopolni dijagram električne mreže

3.2. GLAVNE KOMPONENTE DISTRIBUCIJSKOG SUSTAVA

Sustav distribucije električne energije na brodu se sastoji od:

- Glavne visokonaponske sklopne ploče br. 1 koja se sastoji od:
  - Panela za pramčani propeler i balastnu pumpu br. 1;
  - Panela prekidača pramčanog propelera i balastne pumpe br. 1;
  - Panela glavnog transformatora br. 1 i visokonaponske sklopne ploče za teret (eng. *Cargo switchboard* - HV CSBD) br. 1;
  - Panela prekidača glavnog transformatora br. 1 i VN CSBD br. 1;
  - Panela za generator br. 1 i br. 2;
  - Panela prekidača generatora br. 1 i br. 2;
  - Panela za sinkronizaciju i sabirnice br. 1;
  - Panela prekidača sabirničkog rastavljača br. 1;
  - Panela za pogonski transformator br. 1 i br. 2;
  - Panela prekidača pogonskog transformatora br. 1 i br. 2.

- Glavne visokonaponske sklopne ploče br. 2 koja se sastoji od:
    - Panela sabirničkog rastavljača br. 2;
    - Panela prekidača sabirničkog rastavljača br. 2;
    - Panela za sinkronizaciju i turbo generatora (eng. *Turbo generator* - TG);
    - Panela prekidača turbo generatora;
    - Panela za generator br. 3 i br. 4;
    - Panela prekidača generatora br. 3 i br. 4;
    - Panela za pogonski transformator br. 3 i br. 4;
    - Panela prekidača pogonskog transformatora br. 3 i br. 4;
    - Panela za glavni transformator br. 2 i NN CSBD br. 2;
    - Panela prekidača glavnog transformatora br. 2 i NN CSBD br. 2;
    - Panela za balastnu pumpu br. 2 i br. 3;
    - Panela prekidača za balastnu pumpu br. 2 i br. 3.
- Dvaju transformatora 6600V/450V;
- Glavne niskonaponske sklopne ploče (NN GSP) koja se sastoji od:
    - Dvaju sklopna panela i vezu sabirnica;
    - Dvaju AC 440 V panela napajanja;
    - Sedam panela za grupne uputnike;
    - Dvaju AC 220 V panela napajanja.
- Petnaest lokalnih panela za grupne uputnike u strojarnicama;
- Punjača: 230 V AC - 24 V DC za napajanje sklopnog panela sa 24 V DC;
- Sekcije za distribuciju električne energije 24 V DC; trošila s prekidačima i uputnicima;
- Lokalnih panela i uputnika u strojarnici.

Vakuumski prekidači (eng. *Vacuum circuit breaker* - VCB) su ugrađeni na visokonaponskim sklopnim pločama generatora i trošila. Zračni prekidači su ugrađeni na niskonaponskim sklopnim pločama GSP i ESB-a.

Visokonaponska sklopna ploča (6,6 kV) upravlja blokadama da nijedan prekidač osim prekidača generatora i prekidača sabirničkog rastavljača (između glavnih sklopnih ploča i sklopnih ploča tereta) ne bude isklopljen ako je napon na sabirnici 0 V. Također postoje blokade između visokonaponske sklopne ploče i niskonaponske sklopne ploče. Blokade uključuju da visokonaponski prekidač mora biti u isklopljenom položaju prije nego što

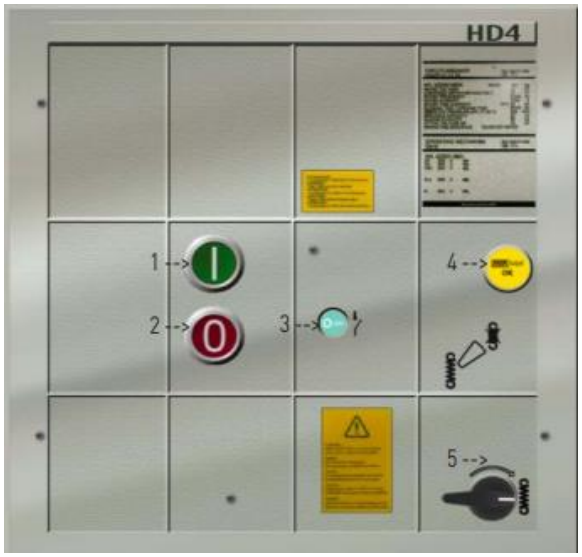
niskonaponski prekidač može biti isklopljen. Postoji i funkcija međusobnog isklapanja koja djeluje isklapanjem niskonaponskog prekidača u slučaju da dođe do isklapanja visokonaponskog prekidača.

3.3. KOMPONENTE I RAD VAKUUMSKOG PREKIDAČA (VCB)

Serija HD4 su vakuumski prekidači za unutarnju instalaciju. Vakuumski prekidač je prikazan na slici 11., te je opremljen presostatom plina i pomoćnim relejem koji djeluje pri nedovoljnom tlaku plina. Sastoji se od sljedećih dijelova za rad i signalizaciju koji su modelirani u simulatoru:

- Tipkalo za isklapanje I (1);
- Tipkalo za uklapanje O (2);
- Signalni uređaj (3) za uklopljen/isklopljen prekidač;
- Signalni uređaj (4) za napunjene/ispražnjene opruge za isklapanje;
- Osovina (5) za ručno punjenje opruge za isklapanje.

Za ručno punjenje opruga za isklapanje, potrebno je potpuno umetnuti polugu za punjenje u ležište (5) i okrenuti je u smjeru kazaljke na satu dok se ne pojavi žuti indikator (4). Sila koja se obično može primijeniti na postavljenu polugu za punjenje iznosi 130 N. U svakom slučaju maksimalna sila koja se može primijeniti ne smije premašiti 170 N.



Slika 11. Vakuumski prekidač

Prekidač je opremljen sljedećim dodacima za električno upravljanje: motor s reduktorom za automatsko punjenje opruga za isklapanje, elektromagnetsko isklapanje i elektromagnetsko uklapanje. Motor s reduktorom automatski puni opruge nakon svake operacije isklapanja dok se ne pojavi žuti indikator (4). Ako tijekom punjenja dođe do nestanka napajanja, motor s reduktorom se zaustavlja i zatim automatski počinje ponovno puniti opruge kada se napajanje ponovno uspostavi. Međutim, uvijek je moguće dovršiti punjenje ručno.

Operacija isklapanja prekidača se može izvesti samo s potpuno napunjenim oprugama za isklapanje. Za ručno isklapanje, pritisne se tipkalo (1). Kada postoji elektromagnetsko isklapanje, operacija se može izvesti i daljinskim upravljanjem putem upravljačkog kruga. Indikator (3) pokazuje da je isklapanje izvršeno. U slučaju uzemljenja zemljospojnikom koji ima prekidačku sposobnost, aktivira se ključanica (u zatvorenom položaju) i izvadi se ključ. Time se sprječavaju slučajne operacije uklapanja tijekom bilo kakvih radova na održavanju instalacije.

Operacija uklapanja prekidača se može obaviti ručno pritiskom na tipkalo (2). Kada postoji elektromagnetsko uklapanje, operacija se može izvesti i daljinskim upravljanjem putem upravljačkog kruga. Indikator (3) pokazuje da je uklapanje izvršeno.

Vakuumski prekidači generatora djeluju kada je:

- Prekoračenje struje 110% I_{nom}, u trajanju > 10 s;
- Kratki spoj 200% I_{nom}, u trajanju > 80 ms;
- Povratna snaga - 5% P_{nom}, u trajanju > 5.0 s;
- Prenizak napon 95% U_{nom}, u trajanju > 5.0 s;
- Previsok napon 105% U_{nom}, u trajanju > 5.0 s;
- Preniska frekvencija 95% F_{nom}, u trajanju > 5.0 s;
- Previsoka frekvencija 105% F_{nom}, u trajanju > 5.0 s;
- Gubitak uzbude - 1293.8 kvar, -30%, u trajanju > 1.5 s.

Vakuumski prekidači kod propulzijskih motora, sabirničkih rastavljača, transformatora i sklopne ploče za teret se aktiviraju kada je prekoračenje struje 110% I_{nom} u trajanju većem od 10 s. Također se aktivira zaštita kada je kratki spoj 200% I_{nom} u trajanju većem od 80 ms. Kod pramčanog propelera i balastne pumpe vakuumski prekidači se aktiviraju u jednakim situacijama kao i gore spomenuto, međutim ako se pojavi nizak otpor izolacije zaštita se odmah aktivira.

3.4. KOMPONENTE I RAD ZRAČNOG PREKIDAČA (ACB)

Zračni prekidač je prikazan na slici 12., te se sastoji od:

1. I tipkala za ručno isklapanje ACB-a; aktivno je samo kada je opruga napunjena; O tipkala za ručno uklapanje ACB-a.
2. Oznake signalnog uređaja:
    - Stanje ACB-a označeno je bijelom oznakom I (isklopljeno) ili svijetloplavom oznakom O (uklopljeno);
    - Stanje mehanizma pohranjene energije označeno je bijelom oznakom "ispražnjeno" ili žutom oznakom "napunjeno".
3. Tipke za resetiranje (RESET) za ponovno postavljanje ACB-a nakon isklapanja i ponovnu aktivaciju zaštitnog mehanizma; tipkalo se izvlači kada ACB isklopi;
4. Poluge za ručno punjenje opruge. Povlačenjem poluge jednom dolje i gore postiže se prikaz žute oznake "napunjeno", što potvrđuje uspješno punjenje.

Slika 12. Zračni prekidač

ACB se neće isklopiti osim ako opruga za isklapanje nije potpuno napunjena. U automatskom radu (uključujući isključenje zbog previsokog/preniskog napona), opruge za isklapanje/uklapanje se automatski pune pomoću motornog mehanizma. Kada ACB uklopi, motor s reduktorom ponovno puni oprugu omogućujući operaciju isklapanja/uklapanja. U slučajevima električnih kvarova, kao što je stanje nestanka električne energije, motorni mehanizam neće biti u mogućnosti ponovno napuniti sustav pohranjene energije za bilo koji ACB koji je isklopljen, te će u tom slučaju punjenje opruge biti moguće isključivo koristeći ručnu polugu za punjenje.

ACB se može uklopiti ili putem daljinskog mehanizma za uklapanje ili ručno. Za ručno uklapanje ACB-a dovoljno je pritisnuti tipku na prednjem panelu. Energija opruge nije potrebna za uklapanje. Za ručno isklapanje ACB-a, član posade treba osigurati da su opruge napunjene. Tipku za resetiranje (RESET) na prednjem panelu treba pritisnuti za ponovno postavljanje ACB-a i aktivaciju zaštitnog mehanizma. Za isklapanje ACB-a dovoljno je pritisnuti tipku I koja isklapa oprugu ACB-a. Ako je modul motornog mehanizma napajan, motor ponovno puni oprugu i za 4 sekunde je ponovno u napunjenom stanju. Stanje opruge je označeno žutom indikatorskom oznakom.
ACB isklapa nakon zadanog vremena ili trenutno. ACB zaštita ima sljedeće karakteristike:

- Trenutno isklapanje zbog kratkog spoja: I = 3 I_R;
- Isklapanje zbog prekoračenja struje pri I = 1.3 I_R u trajanju od 30 sekundi ili više.

3.5. PRINCIPI RADA PREKIDAČA TROŠILA

Prekidači trošila su tropoložajni automatski prekidači koji su prikazani na slici 13., te imaju sljedeće položaje:

- 0 - prekinuto je napajanje;
- TRIP - prekidač je isklopljen; prekidač se uklapa, a radna poluga se rotira u položaj isklapanja; za ponovno postavljanje prekidača, korisnik mora ručno prebaciti polugu u položaj 0, a tek nakon toga prekidač se može ručno isklopiti;
- 1 - električna energija iz sabirnice se isporučuje trošilu.

Prekidači imaju ugrađenu zaštitu od kratkog spoja i termičku zaštitu. Isklapanje prekidača (poluga u položaju 1) znači da je električna energija isporučena određenom trošilu (ili trošilima). Za rad, trošila se moraju uključiti ili daljinski ili na njihovim lokalnim panelima. Automatski prekidači se nalaze na lokalnim panelima i uputnicima. Imena povezanih trošila prikazana su na pločicama iznad prekidača.

Slika 13. Prekidači trošila

3.6. VIŠENAMJENSKI NUMERIČKI ZAŠTITNI RELEJ

Višenamjenski numerički zaštitni relej štiti napojne vodove od strujnog preopterećenja, povratnog toka električne energije, itd., pružajući sljedeće funkcije:

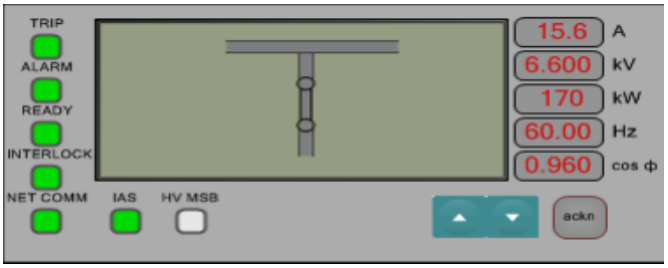
- Zaštita;
- Mjerenje;
- Upravljanje;
- Praćenje i samodijagnostika;
- Komunikacija.

Sve navedene funkcije, kao i funkcije kvalitete napajanja, integrirane su u programibilno okruženje. Višenamjenski numerički zaštitni relej se sastoji od dva dijela: osnovne jedinice i odvojenog sučelja za ljudsku interakciju (eng. *Human machine interface* - HMI). HMI panel se nalazi na slici 14. Osnovna jedinica se sastoji od napajanja, panela s procesorom, panela s analognim ulazima te binarnim ulazno/izlaznim (I/O) modulima, kao i opcionalnih modula za dodatne funkcije. Osnovna jedinica i HMI su povezani serijskim kabelom. HMI je samostalna jedinica s vlastitim napajanjem koja se može instalirati blizu centralne jedinice. HMI se može koristiti za postavljanje zaštitnih parametara za lokalno upravljanje prekidačima i za vizualizaciju događaja i mjerenja. Digitalni procesor signala (eng. *Digital signal processor* - DSP) obavlja funkcije mjerenja i zaštite, dok mikrokontroler (eng. *Micro controller* - MC) obavlja funkcije upravljanja. Binarni ulazni i izlazni moduli povezuju se s primarnim procesom za slanje naredbi i prikupljanje statusnih informacija. Upravljačka jedinica HMI-a se sastoji od LCD zaslona, tipki, digitalnih indikatora i nekoliko svjetlosnih dioda (eng. *Light emitting diode* - LED). HMI je potpuni sustav za lokalno upravljanje prekidačkom opremom. Korisnik može upravljati primarnim objektima, vizualizirati mjerenja i događaje, resetirati alarme.

HMI panel uključuje:

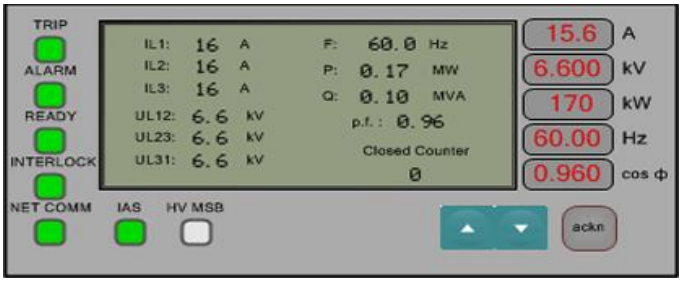
- TRIP LED; svijetli crveno kada VCB neočekivano uklopi; kada LED svijetli, nije moguće isklopiti prekidač; stanje se mora ukloniti i VCB resetirati pomoću VCB ABNORMAL (RESET) tipke na odgovarajućem GSP panelu;
- ALARM LED; svijetli crveno kada se ostvare korisnički definirani alarmi; kada LED svijetli, nije moguće isklopiti prekidač; alarmno stanje se mora ukloniti i alarm prvo mora biti potvrđen;
- READY LED; svijetli kada je jedinica operativna;

- INTERLOCK LED; obično je zelena; LED zasvijetli crveno kada korisnik pokuša izvesti operaciju koja bi prekršila programirane uvjete zaključavanja;
- NET COMM LED; kada je komunikacijski modul detektiran unutar jedinice, LED svijetli zeleno; ako komunikacijski modul nije detektiran ili ne radi, LED prelazi iz zelene u crvenu boju; kada jedinica nije konfigurirana za komunikaciju, LED je isključen;
- IAS LED; svijetli zeleno kada se upravljanje provodi s IAS zaslona; inače je bijela;
- HV MSB LED; svijetli zeleno kada se upravljanje provodi s GSP panela; inače je bijela;
- Tipke sa strelicama gore i dolje za pregledavanje LCD ekrana;
- ackn tipku; klikom na nju potvrđuje se alarm;
- Digitalne indikatore stvarnih vrijednosti A, kV, kW, Hz, cos φ; ove vrijednosti su također prikazane na LCD zaslonu;



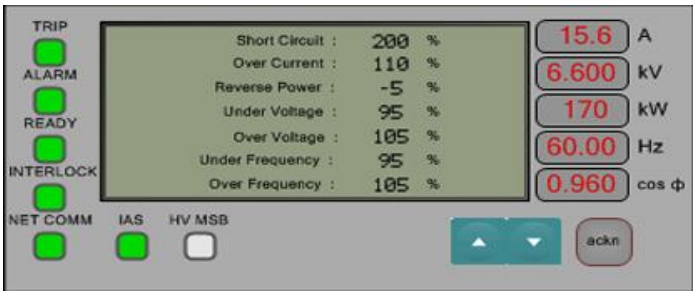
Slika 14. HMI panel

- LCD s nekoliko ekrana:
  - Ekran 1 - prikazuje trenutno stanje VCB-a;
  - Ekran 2 - prikazuje trenutno izmjerene vrijednosti koje su prikazane na slici 15.;



Slika 15. Trenutne izmjerene vrijednosti prikazane na HMI panelu

- Ekran 3 - prikazuje zadane vrijednosti VCB zaštite prikazane na slici 16.;



Slika 16. Zadane vrijednosti VCB zaštite

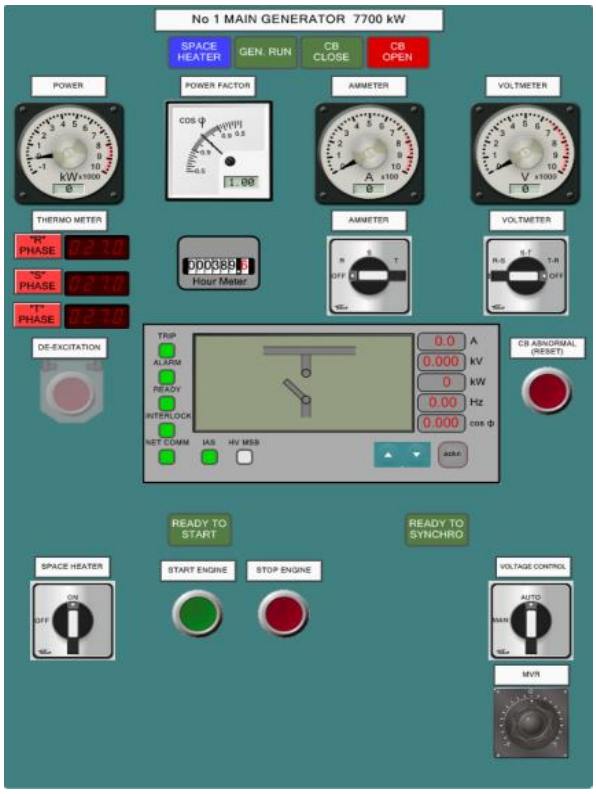
- Ekran 4 - prikazuje popis alarma; svaki redak se sastoji od vremena, opisa alarmnog signala i statusa potvrde alarma.

3.7. VISOKONAPONSKE GENERATORSKE JEDINICE NA GLAVNOJ SKLOPNOJ PLOČI

Za pristup panelu generatora 1 (No 1 MAIN GENERATOR 7700 kW) i panelu generatora 2 (No 2 MAIN GENERATOR 8700 kW) odabere se stavka izbornika VN GSP 1 (HV MSB1) na GSP (MSB) stranici → Main Gen. No 1 & No 2 Panel.

Paneli generatora 1 i 2 su slična, ali se razlikuju prema raspoloživoj snazi. Panel generatora 1 se nalazi na slici 17., te se sastoji od indikatora stanja VCB-a i grijača prostora (SPACE HEATER, VCB OPEN, VCB CLOSE). Kada generator radi svijetli indikator GEN RUN, a za praćenje parametara generatora služe mjerači snage (POWER) i faktora snage (POWER FACTOR). Ampermetar (AMMETER) i voltmetar (VOLTMETER) su mjerači sa sklopkama koje imaju pet položaja. Za prikaz temperature namotaja "R", "S" i "T" faze služi digitalni indikator THERMOMETER. Hour Meter je mjerač radnih sati. Kada je generator zaustavljen zbog održavanja, potrebno je pritisnuti tipku uklanjanja uzbude (DE-EXCITATION) generatora. Tipka ima zaštitni poklopac da se ne koristi dok generator radi. Na središnjem dijelu panela se nalazi višenamjenski numerički zaštitni relej. Ako dođe do neuobičajenog isklapanja VCB-a LED TRIP svijetli crveno na višenamjenskom numeričkom zaštitnom releju. U takvom slučaju tipka VCB ABNORMAL (RESET) služi da se resetira VCB. Spreman za pokretanje (READY TO START) je indikatorska lampica koja svijetli kada su zadovoljeni uvjeti za pred-start motora. Pokretanje motora (START ENGINE) i zaustavljanje motora (STOP ENGINE) su osvijetljene tipke koje služe za

pokretanje i zaustavljanje motora generatora. Indikatorska lampica READY TO SYNCHRO svijetli kada generator radi i spreman je za sinkronizaciju s mrežom. SPACE HEATER je dvopoložajna sklopka za uključivanje/isključivanje grijača prostora. Kada je grijač uključen, plava indikatorska lampica SPACE HEATER svijetli. Dvopoložajna sklopka upravljanja naponom (VOLTAGE CONTROL) služi za odabir načina rada između ručnog (MAN) i automatskog (AUTO). Ako se odabere ručni (MAN) način rada, uz pomoć ručnog regulatora napona (eng. *Manual voltage regulator* - MVR) podešava se jalova snaga i napon pri paralelnom radu generatora. Automatski (AUTO) način rada automatski podešava jalovu snagu i napon.



Slika 17. Glavni panel generatora br. 1

Paneli generatora 3 i 4, kao i panel turbo generatora, su slična panelu generatora 1.

3.8. GLAVNI SLOPNI ORMAR SA PREKIDAČIMA ZA GENERATORE 1 I 2

Za pristup CB panelu generatora 1 (No 1 MAIN GENERATOR CB PANEL) i CB panelu generatora 2 (No 2 MAIN GENERATOR CB PANEL), koji se nalaze na slici 18., odabere se stavka izbornika VN GSP 1 (HV MSB1) na GSP (MSB) stranici → CB Main Gen. No 1 & No 2 Panel.

CB panel generatora 1 je sličan CB panelu generatora 2 i zbog sigurnosnih mjera tijekom održavanja, unutar panela je ugrađeno međuzaključavanje.

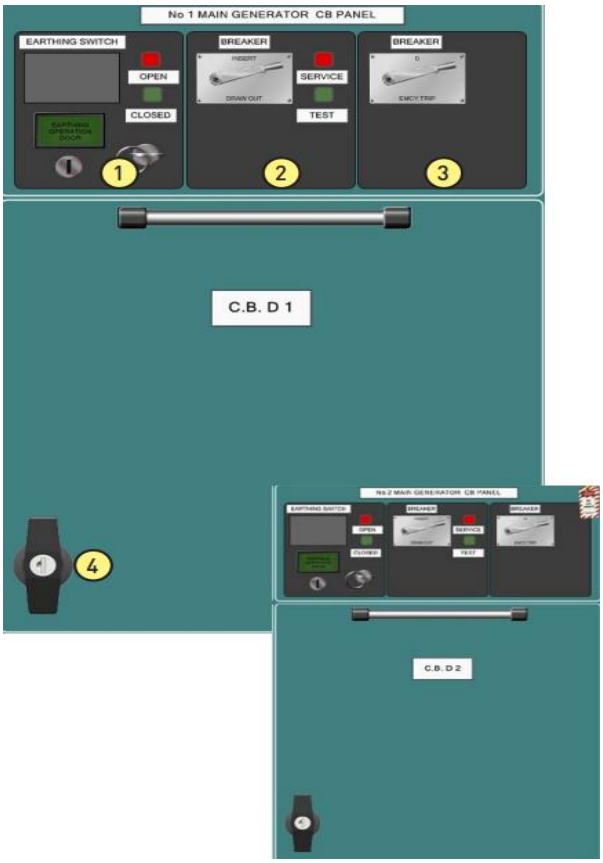
Paneli se sastoje od polja zemljospojnika (EARTHING SWITCH (1)) gdje se nalazi mjesto za ručku prekidača, a ručka je dostupna kada su vrata otvorena. Tipka EARTHING OPERATION DOOR je omogućena tek kada je prekidač u poziciji izvlačenja (DRAW OUT), a tipka služi da se otvore vrata za rad prekidača. Lampice uklopljeno (OPEN) i isklopljeno (CLOSED) svijetle kako bi označile poziciju zemljospojnika. Panel se sastoji od ključanice za ključ glavnog ventila uputnog zraka dizelskog motora, koja se koristi za zaključavanje pokretanja motora tijekom održavanja prekidača. Kada je ključ u horizontalnom položaju, prekidač je uklopljen, a kada je u vertikalnom položaju prekidač je isklopljen.

Panel se sastoji od polja prekidača (BREAKER (2)) koje se sastoji od ručice prekidača koja ima dvije pozicije, a to su izvlačenje (DRAW OUT) i umetanje (INSERT). Kada je ručica u položaju izvlačenja (DRAW OUT) započinje se postupak održavanja i indikatorska lampica TEST svijetli. Lampica SERVICE svijetli kada je prekidač spreman za rad, a ručica je u položaju umetanja (INSERT).

Polje BREAKER (3) se sastoji od ručice prekidača za isklapanje povlačenjem ručice u poziciju isklapanja (TRIP) u slučaju nužde (EMCY).

Na dnu panela se nalazi ručka za otključavanje vrata prednjeg panela (4).

Kada se izvode radovi na održavanju panela generatora potrebno je provjeriti da li je generator zaustavljen i da nema napona.



Slika 18. Sklopni ormari sa prekidačima za generatore 1 i 2

CB panel generatora 3 i 4, kao i CB panel turbo generatora, su slična CB panelu generatora 1.

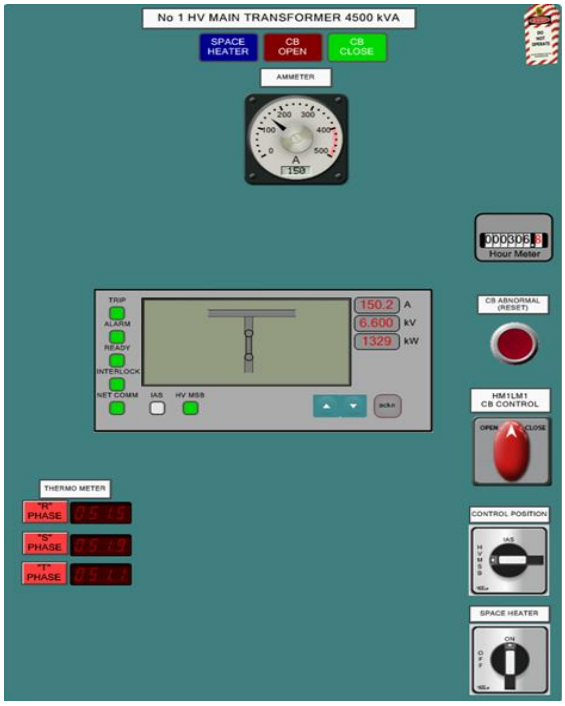
3.9. UOBIČAJENO UPRAVLJANJE NA VISOKONAPONSKIM SKLOPNIM PLOČAMA

Kao primjer uobičajenih upravljanja na visokonaponskim sklopnim pločama korišten je visokonaponski panel glavnog transformatora br. 1 (Main Transformer No 1 Panel) koji je prikazan na slici 19.

Panel se sastoji od indikatora stanja grijača i prekidača (SPACE HEATER, CB OPEN, CB CLOSE). Na panelu se nalazi višenamjenski numerički zaštitni relej, mjerač jakosti struje (AMMETER) i mjerač radnih sati (Hour Meter). Tipka CB ABNORMAL (RESET) služi za resetiranje prekidača (CB) nakon neuobičajenog isklapanja zbog čega na višenamjenskom numeričkom zaštitnom releju LED TRIP svijetli crveno. <name> CB CONTROL je dvopoložajna impulsna sklopka za otvaranje ili zatvaranje upravljanja

određenih prekidača kada je sklopka položaja upravljanja (CONTROL POSITION) postavljena na poziciju VN GSP (HVMSB) (upravljanje s visokonaponskog panela glavnog transformatora br. 1). Ako se odabere stanje integriranog sustava automatike (IAS) onda se upravlja iz IAS zaslona sustava upravljanja električnom energijom (PMS). SPACE HEATER je dvopoložajna sklopka za uključivanje/isključivanje grijača prostora. Kada je grijač uključen, plavi indikator SPACE HEATER svijetli.

Na panelu se mogu nalaziti digitalni indikatori temperature namotaja za R, S i T faze ("R" PHASE, "S" PHASE i "T" PHASE).



Slika 19. Visokonaponski panel glavnog transformatora br. 1

Paneli za povezivanje sabirnica (Bus Tie No 1 Panel i Bus Tie No 2 Panel), visokonaponski panel glavnog transformatora br. 2 (Main Transformer No 2 Panel), napajanje do sklopnih ploča za teret (Feeder to No 1 CSBD Panel i Feeder to No 2 CSBD Panel) i paneli propulzijskih transformatora (Propulsion Transformer No 1 & No 2 Panel i Propulsion Transformer No 3 & No 4 Panel) se sastoje od skupa uobičajenih upravljanja.

3.10. SINKRONIZACIJA GENERATORA

Kod sinkronoskopa rotacija crvenih LED indikatora pokazuje razliku u frekvenciji. Rotacija je moguća u smjeru kazaljke na satu čime se indicira veća frekvencija napona generatora od frekvencije napona na sabirnici, a moguća je rotacija u smjeru suprotnom od kazaljke na satu gdje je frekvencija napona generatora manja od frekvencije napona na sabirnici. Ako je generator sinkroniziran sa sabirnicom, tada je osvijetljen samo gornji LED indikator (pozicija 12 sati) i sigurno je spojiti generator na sabirnicu. Za podešavanje frekvencije koristi se ručni regulator napona generatora koji se sinkronizira na mrežu.

Sinkronizacijske žaruljice mogu biti u tamnom, svijetlom i mješovitom spoju. Tamni spoj je izveden povezivanjem R, S i T faze generatora s R, S i T fazama mreže, dakle istoimene faze su spojene žaruljicama. U trenutku nejednakosti napona generatora i mreže žarulje svijetle. Kada se naponi izjednače, (uz nepodudaranje frekvencija, odnosno faza) žarulje se gase i pale u ritmu razlike frekvencije (faze). Reguliranjem brzine pogonskog stroja generatora ritam paljenja i gašenja se smanjuje kako se frekvencije usklađuju. Ako se sve tri žarulje pale i gase istovremeno, redoslijed faza je ispravan. Kada tamni periodi žarulja budu dovoljno dugi da ljudski refleks može iskoristiti taj period za uklapanje prekidača, generator se ručno spaja na mrežu.

Svijetli spoj je suprotan tamnom spoju i koristi se kada su faze povezane unakrsno, tj. R faza generatora s T fazom mreže, S faza s R fazom mreže i T faza generatora s S fazom mreže. Kada generator nije u fazi s mrežom žarulje su ugašene, a kada se faze usklade, žarulje svijetle.

U mješovitom spoju jedna žarulja je spojena kao u tamnom spoju, a druge dvije su spojene između različitih faza. Zaključak o usklađenosti napona se može donijeti na temelju prve žarulje koja, kada počinje tamniti indicira podudaranje napona, ali i neusklađenost faza s obzirom da se naizmjence pali i gasi. Ostale dvije žarulje se također pale i gase, a ako su žarulje raspoređene u trokut dobiva se dojam kako svjetlo rotira. Ovisno o smjeru rotacije svjetla može se donijeti zaključak o potrebi za povećanjem ili smanjenjem brzine vrtnje propulzijskog elektromotora (frekvenciji). Kada rotacija svjetla stane, sve žarulje svijetle i generator je sinkroniziran te se može priključiti na mrežu.

Sinkronizacijske žarulje R, S i T osvjetljavaju se na naizmjeničan način:

- Sekvenca S -> T -> R ukazuje da je frekvencija generatora veća od frekvencije sabirnice;

- Sekvenca S -> R -> T ukazuje da je frekvencija generatora manja od frekvencije sabirnice.

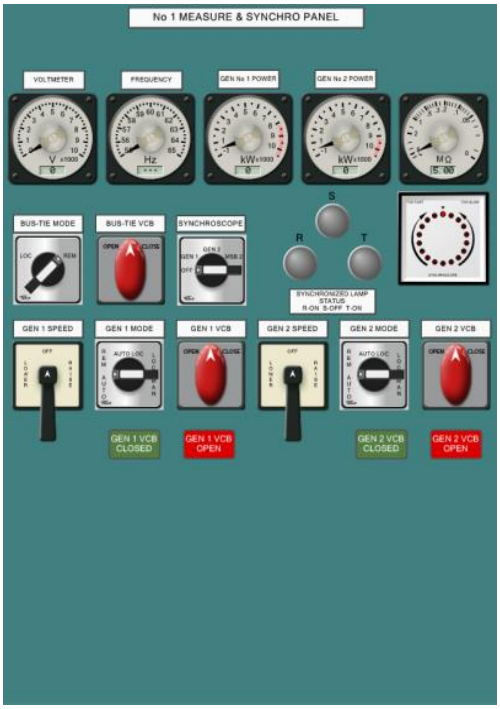
Na sinkronizacijskoj točki između generatora i sabirnice, gornja lampa (S) se isključuje, a druge dvije lampe (R i T) su osvijetljene istim intenzitetom svjetla. Tada se VCB generatora može zatvoriti.

Za pristup mjernom i sinkronizacijskom panelu 1 (No 1 MEASURE & SYNCHRO PANEL) potrebno je odabrati stavku izbornika VN GSP 1 (HV MSB1) na GSP (MSB) stranici → Synchro & Bus Tie Panel.

Panel za sinkronizaciju se nalazi na slici 20., te se sastoji od mjernih instrumenata kao što su voltmetar (VOLTMETER), mjerač frekvencije (FREQUENCY), snage generatora 1 (GEN No 1 POWER), snage generatora 2 (GEN No 2 POWER) i monitor otpora izolacije. Sa lijeve strane se nalazi dvopoložajna sklopka BUS-TIE MODE koja služi za odabir načina rada između lokalnog (LOC) i udaljenog (REM). Lokalni (LOC) način rada znači upravljanje vakuumskim prekidačem s panela za sinkronizaciju. U udaljenom načinu rada (REM), ACB-om se upravlja s IAS zaslona preko sustava upravljanja električnom energijom (POWER MANAGEMENT SYSTEM) ili sustava upravljanja generatorom (GENERATOR CONTROL SYSTEM).

Prekidač za vezu između sabirnica (BUS-TIE CB) je dvopoložajna impulsna sklopka gdje se odabirom uklopljeno/isklopljeno (OPEN/CLOSE) upravlja VCB-om u lokalnom (LOC) načinu rada. Sklopka sinkronoskop (SYNCHROSCOPE) je sklopka sa pet pozicija za odabir sinkronizacije između generatora 1 (GEN 1) s VN GSP 1, generatora 2 (GEN 2) s VN GSP 1 i GSP 2 (MSB 2) između VN GSP 1 i VN GSP 2. Panel se sastoji od sinkronoskopa i sinkronizacijskih žaruljica, te dva seta upravljanja motora GEN 1 i GEN 2 te VCB-ovima. Svaki set se sastoji od GEN#SPEED impulsne sklopke za podešavanje frekvencije odgovarajućeg generatora za sinkronizaciju. Potrebno je kliknuti i držati ručku za povećanje ili smanjenje frekvencije dok se prate mjerni instrumenti i očitanja sa sinkronoskopa. GEN # MOD je tropoložajna sklopka za odabir načina rada između REM AUTO (R/A), AUTO LOC (L/A) i LOCAL MAN (L/M). Kod automatski udaljenog načina rada (REM AUTO), sinkronizacija i rad VCB-a se obavlja putem IAS-a. U lokalno automatski način rada (AUTO LOC) sinkronizacija je automatska, a VCB generatora se upravlja sklopkom GEN#CB na ovom panelu. Posljednji položaj je lokalno ručni način rada (LOCAL MAN) gdje se sinkronizacija i rad VCB-a obavlja s ovog panela pomoću sklopke GEN # SPEED i GEN # CB. Dvopoložajna impulsna sklopka GEN#CB služi za

upravljanje VCB-om generatora birajući između uklopljenog/isklopljenog (OPEN/CLOSE) položaja. Indikatorske lampice GEN#CLOSED i GEN#OPEN pokazuju stanje VCB generatora.



Slika 20. Panel za mjerenje i sinkronizaciju br. 1

Tri različite metode za sinkronizaciju generatora s GSP-om su dostupne i odabrane pomoću prekidača GEN # MODE. CB generatora se može uklopiti u L/A i L/M načinu rada pomoću GEN # CB sklopke u položaju uklapanja (OPEN).

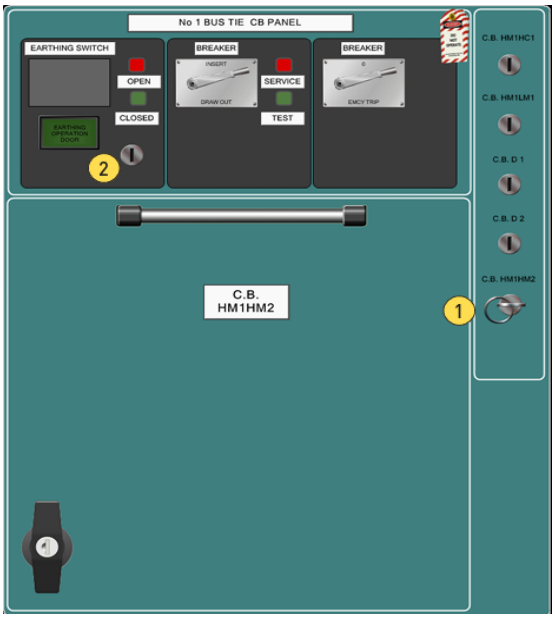
Kod udaljene automatske metode (REM AUTO (R/A)) klikne se na prekidač generatora na IAS-u nakon čega se šalje signal za isklapanje/sinkronizaciju CB-a na ulazni ormar generatora. Ovaj signal pokreće sinkronizator, koji uspoređuje napon, frekvenciju i fazni kut te automatski povećava ili smanjuje brzinu motora kako bi postigao podudaranje frekvencije. Zatim se prekidač automatski isklapa. Ako sinkronizacijski signal s IAS-a nestane, sinkronizacija će biti prekinuta.

Sljedeća metoda je lokalno automatska (AUTO LOC (L/A)) gdje se CB generatora sinkronizira/isklapa okretanjem sklopke GEN#CB u položaj isklapanja (CLOSE). Ovaj signal pokreće sinkronizator, koji uspoređuje napon, frekvenciju i fazni kut te automatski povećava ili smanjuje brzinu motora kako bi postigao podudaranje brzine. Zatim se prekidač automatski isklapa. Sinkronizator će se zaustaviti ako generator nije sinkroniziran s mrežom unutar zadanog vremenskog razdoblja (npr. 90 sekundi).

Treća metoda za sinkronizaciju generatora je lokalno ručna (LOCAL MAN (L/M)) koja uključuje korake koji moraju biti izvedeni za ručnu sinkronizaciju odabranog generatora. Prvi korak uključuje da sklopka sinkronoskop (SYNCHROSCOPE) treba biti u potrebnom položaju za odabir napajanja. Drugi korak uključuje da se brzina generatora postavlja prekidačem GEN#SPEED na smanjenje/povećanje dok se prati okretanje sinkronoskopa. Treći korak uključuje da se prekidač GEN # CB okreće u položaj isklapanja (CLOSE) kada je kazaljka sinkronoskopa na položaju 12 sati.

3.11. POVEZIVANJE SABIRNICA NA CB PANELU BR. 1.

Panelu za povezivanje sabirnica CB panela br. 1 (No 1 BUS TIE CB PANEL) se pristupa odabirom stavke izbornika VN GSP 1 CB panel za povezivanje sabirnica (HV MSB1 CB Bus Tie Panel) na stranici GSP (MSB). Panel je prikazan na slici 21. Lijevi dio panela je sličan panelu prekidača generatora, osim što se koristi samo jedan ključ za zaključavanje. Desni dio panela se sastoji od ključanica za zaključavanje prekidača sabirnica i VCB prekidača generatora za uzemljenje. Na panelu se nalazi ključ (1) za otključavanje/zaključavanje prekidača za uzemljenje umetanjem ključa u ključanicu (2). Ključ se može okrenuti u vertikalni položaj i "uzeti" kada su svi ključevi prikupljeni u svojim ključanicama i okrenuti u horizontalni položaj (otključavajući ključ sabirnice).



Slika 21. Povezivanje sabirnica na CB panelu br. 1.

Panel za povezivanje sabirnica na CB panelu br. 2 je jednak CB panelu br. 1. Njemu se pristupa odabirom stavke izbornika VN GSP 2 CB panel za povezivanje sabirnica (HV MSB2 CB Bus Tie Panel) na stranici GSP (MSB).

3.12. UPUTE ZA ODRŽAVANJE VISOKONAPONSKOG PREKIDAČA

U simulatoru se postupci održavanja visokonaponskih prekidača modeliraju pomoću visokonaponskih glavnih sklopnih ploča i/ili pomoću VN hardverskih jedinica povezanih s modelom simulatora. Kroz iduća tri podpoglavlja opisano je pripremanje dizel generatora za održavanje visokonaponskog prekidača, uzemljenje visokonaponskog prekidača generatora s opisom procedure, te održavanje visokonaponskog prekidača za povezivanje sabirnice glavne sklopne ploče.

3.12.1. Pripremanje dizel generatora za održavanje CB-a

Pripremanje dizel generatora 1 za održavanje VN prekidača je prikazano na slici 22. gdje je servisni položaj VCB generatora prikazan na donjem panelu visokonaponske glavne sklopne ploče. Poluga (1) je u položaju umetanja (INSERT) i crvena SERVICE lampica svijetli. Zemljospojnik (EARTHING SWITCH) je u uklopljenom položaju, a ključ za zaključavanje (2) je u horizontalnom položaju (otključan). VCB je u servisnom stanju prikazan (3) na MCD-u.

Glavni ventil za uputni zrak (4) dizelskog generatora prikazan je na generalnom sistemu komprimiranog zraka u otvorenom stanju.

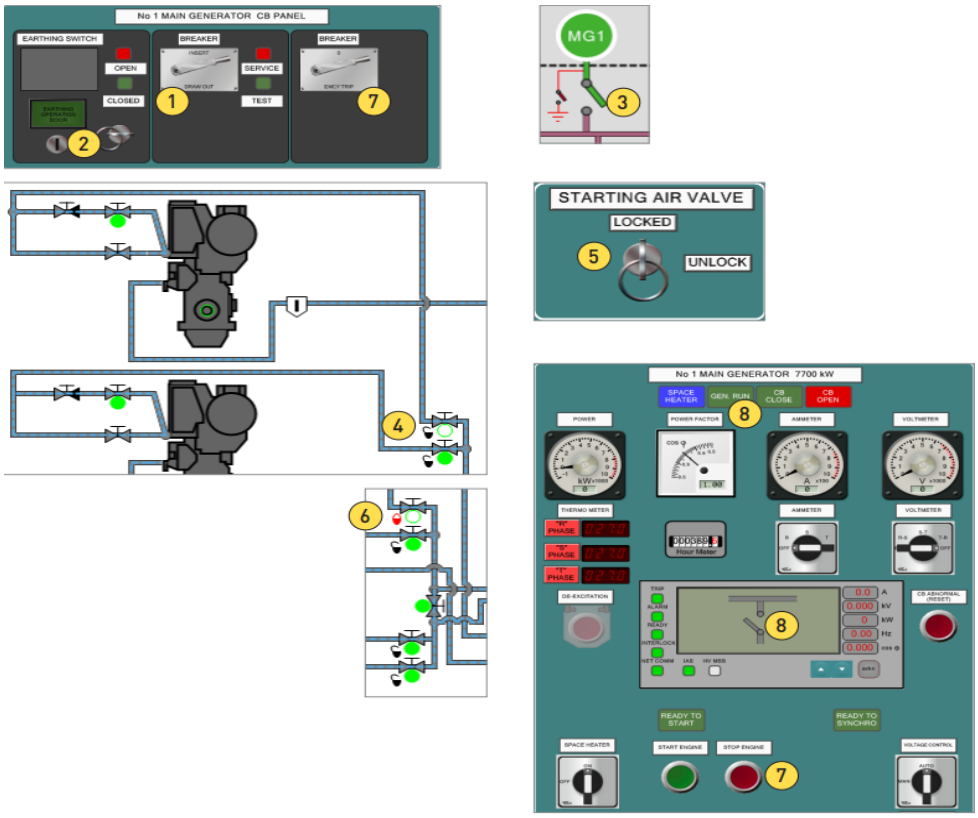
Za pripremu održavanja VCB generatora:

1. Na sustavu zraka za upućivanje:
    - Zatvoriti glavni ventil zraka za upućivanje generatora (4);
    - Otvoriti LOP generatora;
2. Na LOP-u generatora, klikom na ključ za ventil zraka za upućivanje (START AIR VALVE) (5) on se okreće u zatvoreni položaj (LOCKED) (vertikalno);
3. Na glavnom sustavu komprimiranog zraka, potrebno je provjeriti da je glavni ventil zraka za upućivanje u zaključanom položaju (6);

4. Za isklopiti VCB generatora na gornjem panelu visokonaponske glavne sklopne ploče, koristi se ručica BREAKER EM'CY TRIP na donjem panelu generatora i zaustavljanje motora se obavlja pritiskom na tipku STOP ENGINE (7);
5. Potrebno je provjeriti da je VCB uklopljen i da je motor zaustavljen (8).

VCB se može izvući u TEST poziciju samo kada je VCB uklopljen, a dizel motor generatora zaustavljen.

Procedura za pripremanje dizel generatora 2, 3 i 4 za održavanje VN prekidača je jednaka proceduri pripremanja dizel generatora 1.



Slika 22. Pripremanje dizel generatora za održavanje CB-a

3.12.2. Uzemljenje visokonaponskog prekidača generatora

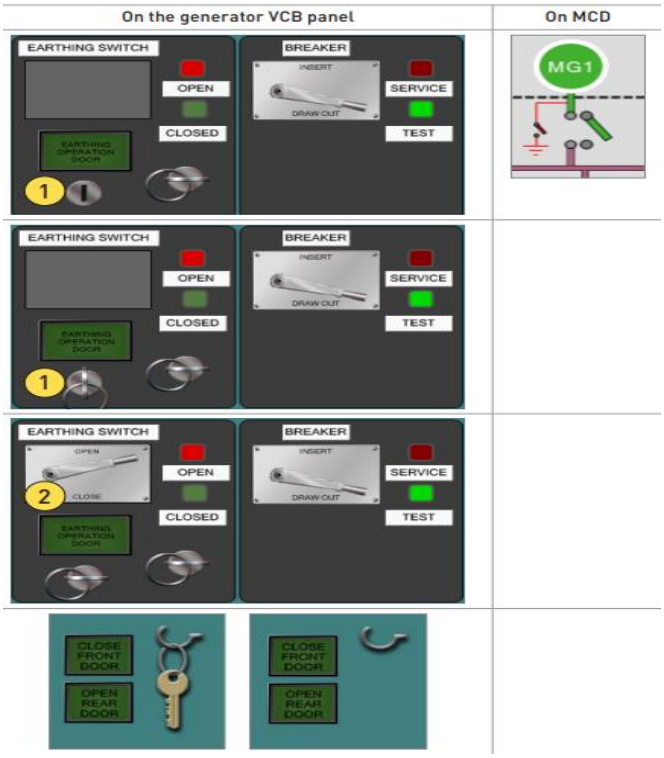
Uzemljenje visokonaponskog prekidača generatora je prikazano na slici 23. gdje se ručica BREAKER postavlja u poziciju izvlačenja (DRAW OUT), te tada lampica TEST svijetli. Kada se VCB stavi u TEST poziciju glavna sabirnica i trošila će biti potpuno izolirani. Upravljački kabel treba biti spojen i tek tada je moguće provesti provjeru

upravljačkog kruga VCB-a. Siguran pristup ormaru tijekom provjere osigurava automatski zatvarač.

Klikom na ključanicu (1) stavlja se ključ za blokiranje ventila zraka za upućivanje (START AIR). Okretom ključa u vodoravni položaj zaključava se ručica zemljospojnika (EARTHING SWITCH) u uklopljenom položaju. Kada su oba ključa u vodoravnom položaju tek je tada omogućen rad. Klikom na tipku vrata za rad s uzemljenjem (EARTHING OPERATION DOOR) otvara se pristup za rukovanje ručicom zemljospojnika (EARTHING SWITCH). Ako na strani generatora ima napona, vrata za uzemljenje se ne mogu otvoriti.

Za provesti uzemljenje:

1. Postavi se ručica zemljospojnika (EARTHING SWITCH) (2) u isklopljeni položaj. Lampica CLOSED svijetli;
2. Klikom na ručku na dnu panela otvaraju se prednja vrata. Ključ i tipke za zatvaranje prednjih vrata (CLOSE FRONT DOOR) i otvaranje stražnjih vrata (OPEN REAR DOOR) postaju dostupni;
3. Klikom na ključ simulira se njegovo uzimanje. Stražnja vrata mogu se otvoriti samo pomoću tog ključa;
4. Sada, "s ključem u ruci", klikne se na tipku otvaranja stražnjih vrata (OPEN REAR DOOR). VCB je dostupan za održavanje;
5. Potrebno je provjeriti i popuniti popis uvjeta. Kada je popis ispunjen, prekidač za uzemljenje se isklapa (provjeriti MCD), te je VCB spreman za održavanje.



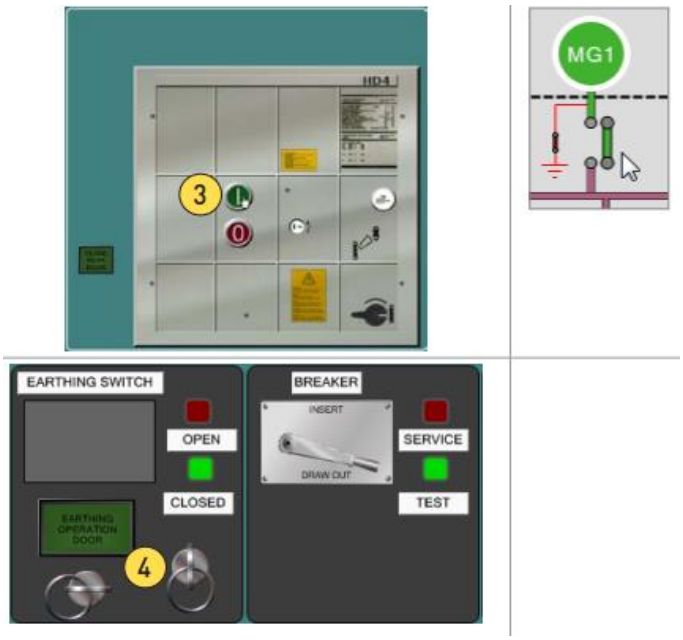
Slika 23. Uzemljenje visokonaponskog prekidača generatora

Isklapanje VCB-a je prikazano na slici 24. Postupak za održavanje VCB-a na sabirničkom spoju je sljedeći:

1. Klikne se na I zelenu tipku (3) za isklapanje VCB-a;
2. Klikom na tipku vrata za rad s uzemljenjem (EARTHING OPERATION DOOR) zatvaraju se vrata;
3. Okretom ključa (4) u vertikalni položaj zaključava se ručica zemljospojnika (EARTHING SWITCH). Ključ se sada može "uzeti" za održavanje VCB-a na sabirničkom spoju.

Zemljospojnik (EARTHING SWITCH) i vrata trebaju biti zatvoreni kako bi se ključ (4) mogao okrenuti u vertikalni položaj.

Da bi se vratio VCB u prvobitni položaj, potrebno je provesti opisani postupak obrnutim redoslijedom.



Slika 24. Isklapanje VCB-a

3.12.3. Održavanje visokonaponskog prekidača za povezivanje sabirnice glavne sklopne ploče

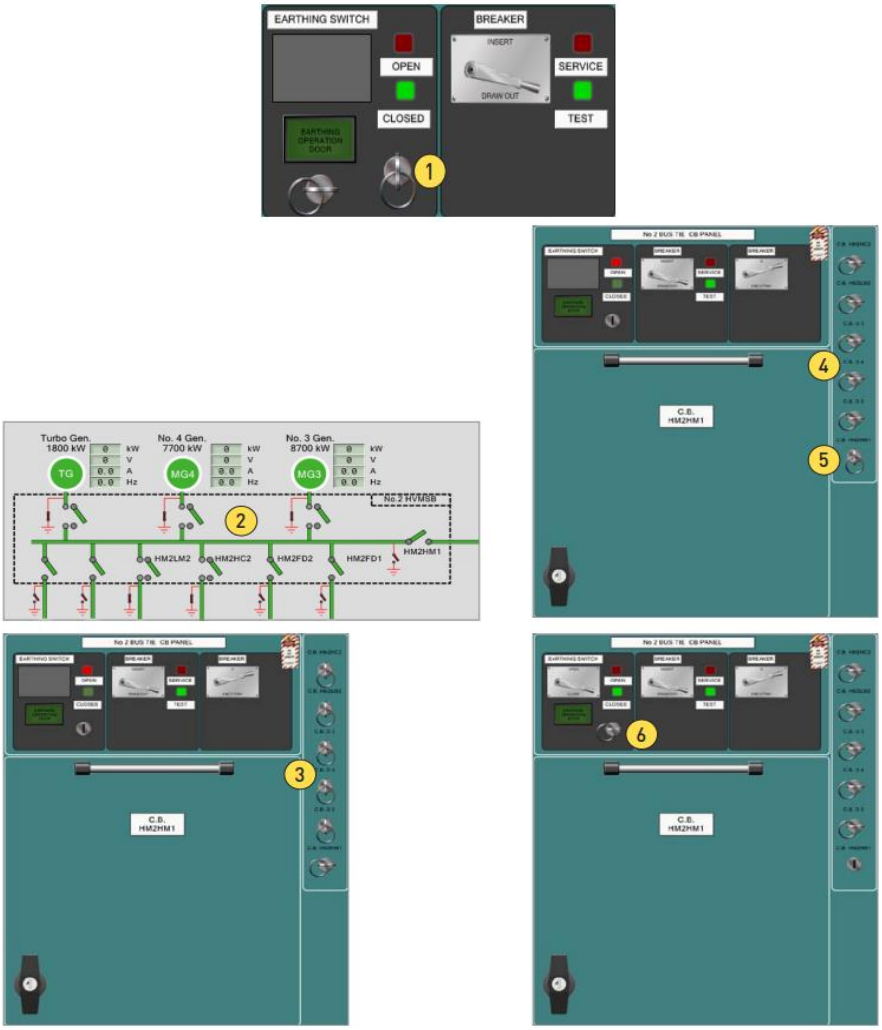
Održavanje visokonaponskog prekidača za povezivanje sabirnice glavne sklopne ploče je prikazano na slici 25. Preduvjeti za održavanje sabirnice uključuju uzemljenje odgovarajućih prekidača generatora, glavnog transformatora i visokonaponskih prekidača za napajanje brodskog tereta.

Ključevi za zaključavanje uzemljenja trebaju biti postavljeni u vertikalni (zaključani) položaj i poklopac zatvoren (1).

Na glavnom strujnom krugu će se prikazati stanje uzemljenja potrebnih prekidača (2).

1. Potrebno je umetnuti sve pripremljene ključeve za zaključavanje (3);
2. Svaki ključ generatora se postavlja u vodoravni položaj (4);
3. Ključ prekidača HM2HM1 je u vertikalnom položaju (5);
4. U ključanicu zemljospojnika (EARTHING SWITCH) postavlja se ključ za zaključavanje sabirnice i okreće se u vodoravni položaj (6);
5. Nadalje se slijede koraci kod postupka održavanja prekidača generatora.

Da bi se prekidač vratio, provede se gore opisani postupak obrnutim redoslijedom.



Slika 25. Održavanje visokonaponskog prekidača za povezivanje sabirnice GSP-a

3.13. NISKONAPONSKA SKLOPNA PLOČA

Za pristup NN GSP 1 (LV MSB No 1 INCOMING PANEL), koja je prikazana na slici 26., odabere se stavka izbornika LV MSB1 Incoming & Bus Tie Panel na stranici GSP (MSB).

Niskonaponska sklopna ploča se sastoji od indikatora koji svijetle kada je ACB za napajanje s kopna zatvoren (SHORE ACB CLOSE), kada je napajanje s kopna dostupno (SHORE POWER AVAILABLE) i kada generator za slučaj nužde radi (E/G RUN). Kada su na panelu generatora za slučaj nužde (EMERGENCY GENERATOR PANEL) indikatori DC24V SOURCE i READY TO START osvijetljeni i prekidač testa slijeda generatora za slučaj nužde (E/G SEQUENCE TEST) postavljen u položaj pripravnosti (STAND BY), te na panelu lokalnog upravljačkog panela generatora za slučaj nužde

(EMCY GEN ENGINE LOP) upravljački prekidač (OPERATION SWITCH) postavljen u automatski položaj (AUTO), tek će onda indikator automatske pripravnosti generatora za slučaj nužde (E/G AUTO ST-BY) biti osvijetljen. Kada ACB prekidač generatora za slučaj nužde mijenja svoje stanje između uklopljeno ili isklopljeno bit će osvjetljeni indikatori E/G ACB OPEN ili E/G ACB CLOSE. Indikatori ACB OPEN i ACB CLOSE će svijetliti kada je zračni prekidač LM1HM1 uklopljen ili isklopljen. Kada je napajanje iz visokonaponske sklopne ploče br. 1 dostupno indikator MAIN SOURCE ON će svijetliti.

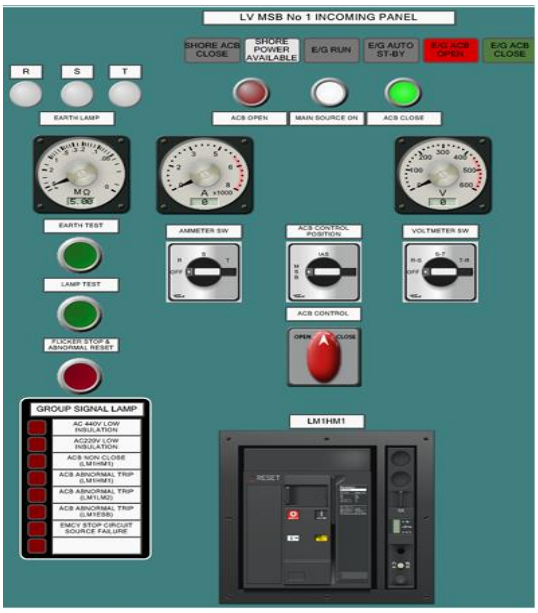
Na panelu se nalaze lampice za uzemljenje R, S i T koje obično svijetle, ali u situacijama kada je otpor izolacije na fazi/fazama nizak odgovarajuća lampica svijetli jače ili se gasi. Za testiranje otpora izolacije faza R, S i T koristi se tipka testa uzemljenja (EARTH TEST). Držeći tipku pritisnutom prate se očitanja na mjeraču otpora izolacije, lampica faze s niskim otporom će svijetliti slabije u odnosu na ostale.

AMMETER SW i VOLTMETER SW su mjerači sa sklopkama. Sklopka položaja upravljanja zračnog prekidača (ACB CONTROL POSITION) je dvopoložajna sklopka sa stanjima glavna sklopna ploča (MSB) i integrirani sustav automatike (IAS). Ako se odabere stanje GSP (MSB), zračni prekidač se upravlja s niskonaponske sklopne ploče, a ako se odabere stanje IAS, zračni prekidač se upravlja s IAS zaslona sustava upravljanja električnom energijom (POWER MANAGEMENT SYSTEM).

Za uklapanje ili isklapanje zračnog prekidača koristi se dvopoložajna impulsna sklopka ACB CONTROL. U slučaju neuobičajenog uklapanja ACB-a, tipka FLICKER STOP & ABNORMAL RESET služi za njegovo resetiranje. Za testiranje svih lampica služi tipka LAMP TEST.

Na panelu se nalazi polje GROUP SIGNAL LAMP sa alarmnim lampicama koje se pale u slučaju:

- Niskog otpora izolacije pri AC440 V (AC440V LOW INSULATION);
- Niskog otpora izolacije pri AC220 V (AC220V LOW INSULATION);
- Kada ACB prekidač nije isklopljen (ACB NON CLOSE (LM1HM1));
- Neispravnog isklapanja zračnog prekidača (ACB ABNORMAL TRIP (LM1HM1));
- Greške u napajanju kruga za zaustavljanje u nuždi (EMCY STOP CIRCUIT SOURCE FAILURE).



Slika 26. Niskonaponska sklopna ploča br. 1

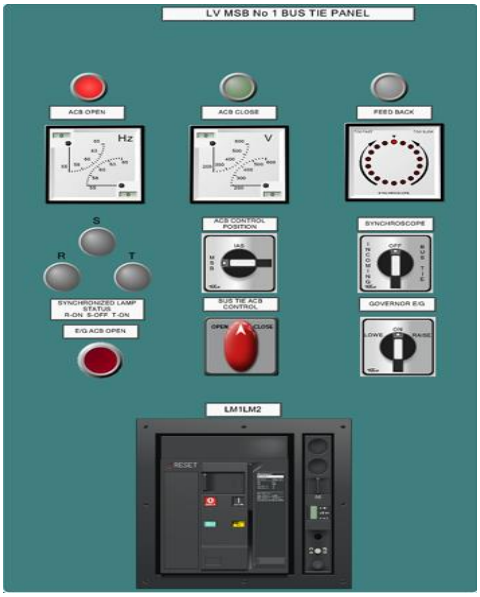
3.14. NISKONAPONSKA SKLOPNA PLOČA ZA POVEZIVANJE SABIRNICA

Za pristup niskonaponskoj sklopnoj ploči br. 1 za povezivanje sabirnica GSP-a (LV MSB No 1 BUS TIE PANEL), koja se nalazi na slici 27., odabere se stavka izbornika LV MSB1 Incoming & Bus Tie Panel na stranici GSP (MSB). Sklopna ploča se sastoji od indikatorskih lampica ACB OPEN i ACB CLOSE koje pokazuju stanje zračnog prekidača LM1LM2. Ispod njih se nalaze dvostruki mjerači napona i frekvencije. Lampica FEED BACK svijetli kada je niskonaponska sklopna ploča br. 1 za povezivanje sabirnica glavne sklopne ploče (LV MSB No 1) napajana iz sklopne ploče za slučaj nužde (ESB-a). Na sklopnoj ploči se nalazi sinkronoskop (SYNCHROSCOPE) i tropoložajna sklopka sa stanjima INCOMING (za sinkronizaciju sekundarnog namotaja glavnog transformatora s LM1 sabirnicom), OFF (isključivanje mjerača) i BUS TIE (za sinkronizaciju sabirnica LVMSB1 i LVMSB2). SYNCHRONIZED LAMP STATUS R-ON T-OFF S-ON su sinkronizacijske žaruljice.

Za uklapanje zračnog prekidača generatora u slučaju nužde klikne se na tipku E/G ACB OPEN. ACB CONTROL POSITION je dvopoložajna sklopka gdje se odabirom GSP-a (MSB-a), zračni prekidač upravlja s niskonaponske sklopne ploče za povezivanje sabirnica ili odabirom IAS-a, zračni prekidač se upravlja s IAS zaslona sustava za upravljanje električnom energijom.

Dvopoložajna impulsna sklopka BUS TIE ACB CONTROL služi za uklapanje ili isklapanje zračnog prekidača.

Regulator generatora za slučaj nužde (GOVERNOR E/G) je tropoložajna impulsna sklopka za podešavanje frekvencije generatora za slučaj nužde zbog promjene iz načina rada s povratnom vezom (feed-back).



Slika 27. Niskonaponska sklopna ploča br. 1 za povezivanje sabirnica GSP-a

NN GSP br. 2 (LV MSB No 2 INCOMING PANEL) je slična NN GSP br. 1. Pristupa joj se odabirom stavke izbornika LV MSB2 Incoming & Bus Tie PaneI na stranici GSP (MSB). NN GSP br. 2 za povezivanje sabirnica GSP-a (LV MSB No 2 BUS TIE PANEL) je slična NN GSP br. 1. Sklopnoj ploči se pristupa odabirom stavke izbornika LV MSB2 Incoming & Bus Tie Panel na stranici GSP (MSB).

3.15. NAPOJNA NISKONAPONSKA SKLOPNA PLOČA GSP 1 440 V

Odabere se stavka izbornika LV MSB1 440 V Feeder Panel na stranici GSP (MSB) za pristup napojnoj niskonaponskoj sklopnoj ploči za glavnu sklopnu ploču br. 1. koja se nalazi na slici 28.

Sklopna ploča se sastoji od sljedećih prekidača:

- Panel za napajanje DF bojlera (DF BOILER POWER PANEL);

- Glavni upravljački panel za incinerator (spalionicu) (INCINERATOR MAIN CONTROL PANEL);
- Neprekidno napajanje (eng. *Uninterruptible power supply* - UPS) glavnog ormara AC220 V (AC220V MAIN UPS CABINET);
- Ormar UPS-a br. 1 za IAS (No 1 IAS UPS CABINET);
- Upravljački panel br. 1 za grijač zraka u strojarnici (No 1 CP FOR E/R AIR INTAKE HEATER);
- Izolacijski transformator za AC440 V kuhinju i praonicu (PD-2) (ISOL. TR-R FOR AC440V GALLEY & LAUNDRY (PD-2));
- LGSP - 15 (No. 1 SECTION);
- Upravljački panel br. 1 za N2 generator (No 1 N2 GENERATOR CONTROL PANEL);
- Upravljački panel br. 1 za N2 kompresor (No 1 N2 COMPRESSOR CONTROL PANEL);
- Lokalni upravljački panel za ventilaciju prostora DF bojlera br. 1 (No 1 DF BOILER ENCL. VENT FAN LCP);
- Upravljački panel grijača generatora inertnog plina (IGG HEATER CONTROL PANEL);
- LGSP - 12 (No. 1 SECTION):
- Pokretač ventilatora za dovod zraka u komoru izgaranja (eng. *Gas combustion unit* - GCU) br. 3 (GCU No 3 COMB. AIR FAN STARTER);
- Uputnik postrojenja za zalihe (PROVISION REF. PLANT STARTER);
- Programibilni upravljački uređaj za prostoriju pretvarača br. 1 (No 1 CONVERTER ROOM PAC);
- Programibilni upravljački uređaj za prostoriju transformatora br. 1 (No 1 TRANSFORMER ROOM PAC);
- Programibilni upravljački uređaj za glavnu sklopnu ploču br. 1 (No 1 MSB ROOM PAC);
- Hidraulična pumpna jedinica br. 1 za balastne i E/R ventile (No 1 BALLAST & E/R VALVE HPU);
- LGSP - 3 (No. 1 SECTION);
- LGSP - 4 (No. 1 SECTION);
- LGSP - 10 (No. 1 SECTION);

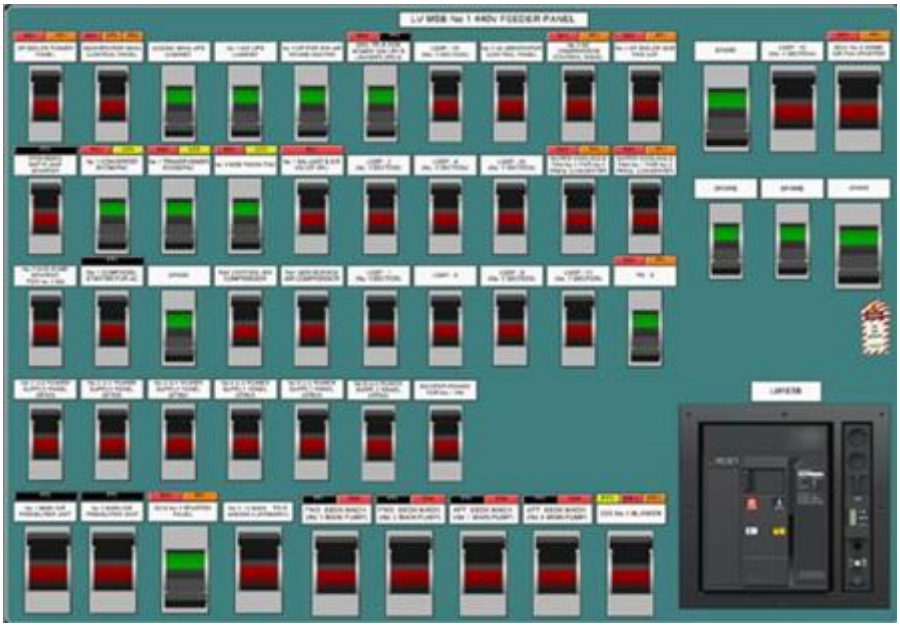
- Hlađenje vodom i ventilatorom br. 1 za frekvencijski pretvarač br. 1 (WATER COOLING & FAN No 1 FOR No 1 FREQ. CONVERTER);
- Hlađenje vodom i ventilatorom br. 1 za frekvencijski pretvarač br. 2 (WATER COOLING & FAN No 1 FOR No 2 FREQ. CONVERTER);
- Uputnik ventilatora zraka za izgaranje generatora inertnog plina (IGG COMBUSTION AIR BLOWER STARTER);
- Uputnik hidraulične pumpe br. 1 za upravljački uređaj br. 1 (No 1 HYD. PUMP STARTER FOR No 1 SG);
- Uputnik kompresora br. 1 za klima uređaj (No 1 COMPRESS. STARTER FOR AC);
- Upravljač br. 1 kompresora za zrak (No 1 CONTROL AIR COMPRESSOR);
- Kompresor br. 1 za sustav generatora (No 1 GEN SERVICE AIR COMPRESSOR);
- LGSP - 1 (No. 1 SECTION);
- LGSP - 6;
- LGSP - 9 (No. 1 SECTION);
- LGSP - 11 (No. 1 SECTION);
- PD - 3;
- U.V. panel za napajanje br. 1 (No 1 U.V. POWER SUPPLY PANEL (STBD));
- U.V. panel za napajanje br. 2 (No 2 U.V. POWER SUPPLY PANEL (STBD));
- U.V. panel za napajanje br. 3 (No 3 U.V. POWER SUPPLY PANEL (STBD));
- U.V. panel za napajanje br. 4 (No 4 U.V. POWER SUPPLY PANEL (STBD));
- U.V. panel za napajanje br. 5 (No 5 U.V. POWER SUPPLY PANEL (STBD));
- U.V. panel za napajanje br. 6 (No 6 U.V. POWER SUPPLY PANEL (STBD));
- Napajanje za uzbudu propulzijskog elektromotora br. 1 (EXITER POWER FOR No 1 PM);
- Br. 1 glavna jedinica predgrijača (No 1 MAIN GE PREHEATER UNIT);
- Br. 2 glavna jedinica predgrijača (No 2 MAIN GE PREHEATER UNIT);
- Panel za pokretanje br. 1 za jedinicu sagorijevanja plina (GCU No 1 STARTER PANEL);
- Glavni niskonaponski transformator br. 1 (No 1 LV MAIN TR-R 440/220 V);
- Prednja palubna mehanizacija (glavna pumpa br. 1) (FWD DECK MACH. (No 1 MAIN PUMP));

- Prednja palubna mehanizacija (glavna pumpa br. 3) (FWD DECK MACH. (No 3 MAIN PUMP));
- Stražnja palubna mehanizacija (glavna pumpa br. 1) (AFT DECK MACH. (No 1 MAIN PUMP));
- Stražnja palubna mehanizacija (glavna pumpa br. 3) (AFT DECK MACH. (No 3 MAIN PUMP));
- Ventilator br. 1 generatora inertnog plina (IGG No 1 BLOWER).

Na panelu se nalazi zračni prekidač LM1ESB. Boja pločice iznad oznake trošila definira vrstu zaštite pri kojoj dolazi do isklapanja prekidača:

- PT1, PT2, EPT - Preferencijalna zaštita, crna pločica;
- ES1 … ES5 - Prinudno zaustavljanje, crvena pločica;
- FT1 … FT4 - Isklapanje pri gašenju pjenom, narančasta pločica;
- CT1 … CT9 - Isklapanje pri gašenju s CO2, žuta pločica;
- GT1, GT2 - Isklapanje pri pojavi plina, zelena pločica.

Na glavnim niskonaponskim sklopnim pločama za grupne uputnike, pločice za pjenu i CO2 su kombinirane i označene bijelim pločicama.



Slika 28. Napojna niskonaponska sklopna ploča GSP 1 440 V

3.16. NAPOJNA NISKONAPONSKA SKLOPNA PLOČA GSP 2 440 V

Odabere se stavka izbornika LV MSB2 440 V Feeder Panel na stranici GSP (MSB) za pristup niskonaponskoj napojnoj sklopnoj ploči za glavnu sklopnu ploču br. 2 koja je prikazana na slici 29.

Sklopna ploča se sastoji od zračnog prekidača LM2ESB, te prekidača za:

- Uputnik hidraulične pumpe br. 3 za upravljački uređaj br. 2 (No 3 HYD. PUMP STARTER FOR No 2 SG);
- Ormar UPS-a br. 2 za IAS (No 2 IAS UPS CABINET);
- Panel za punjenje i pražnjenje akumulatora (BATTERY CH. & DISCH. BOARD);
- Panel za napajanje DF kotla (DF BOILER POWER PANEL);
- Upravljački panel br. 2 za grijanje zraka u strojarnici (NO 2 CP FOR E/R AIR INTAKE HEATER);
- Programibilni upravljački uređaj za upravljačku sobu strojarnice (ENGINE CONTROL ROOM PAC);
- Programibilni upravljački uređaj za prostoriju glavne sklopne ploče br. 2 (No 2 MSB ROOM PAC);
- Programibilni upravljački uređaj za prostoriju transformatora br. 2 (No 2 TRANSFORMER ROOM PAC);
- Programibilni upravljački uređaj za prostoriju pretvarača br. 2 (No 2 CONVERTER ROOM PAC);
- Uputnik ventilatora za dovod zraka u komoru izgaranja GCU br. 3 (GCU No 3 COMB. AIR FAN STARTER);
- LGSP - 12 (No. 2 SECTION);
- Uputnik ventilatora za kombinirani zrak i suhi plin za IGG (IGG COMB. AIR & DRY GAS BLOWER STARTER);
- Upravljački panel za sustav pjene visoke ekspanzije (HIGH EXPANSION FOAM SYS MAIN.CP);
- Kompresor za servisni zrak generatora br. 2 (No 2 GEN SERVICE AIR COMPRESSOR);
- Kompresor za upravljački zrak br. 2 (No 2 CONTROL AIR COMPRESSOR);
- Uputnik referentnih ventilatora za opskrbu (PROVISION REF. FANS STARTER);

- Hlađenje vodom i ventilatorom br. 2 za frekvencijski pretvarač br. 1 (WATER COOLING & FAN No 2 FOR No 1 FREQ. CONVERTER);
- Hlađenje vodom i ventilatorom br. 2 za frekvencijski pretvarač br. 2 (WATER COOLING & FAN No 2 FOR No 2 FREQ. CONVERTER);
- LGSP - 14 (No. 2 SECTION);
- LGSP - 4 (No. 2 SECTION);
- LGSP - 3 (No. 2 SECTION);
- Uputnik kompresora br. 2 za AC (No 2 COMPRESS. STARTER FOR AC);
- Panel za napajanje UV br. 6 (lijeva strana) (No 6 U.V. POWER SUPPLY PANEL (PORT));
- Panel za napajanje UV br. 5 (lijeva strana) (No 5 U.V. POWER SUPPLY PANEL (PORT));
- LGSP - 11 (No. 2 SECTION);
- LGSP - 10 (No. 2 SECTION);
- LGSP - 9 (No. 2 SECTION);
- LGSP - 7;
- LGSP - 2 (No. 2 SECTION);
- Napojni panel za sustav suhog inertnog plina (DRY INERT GAS SYS FEEDER PANEL);
- Izolirani transformator koji napaja kuhinju i praonicu rublja s naponom AC 440 V (ISOL. TR-R FOR AC440V GALLEY & LAUNDRY (PD-2));
- Ventilator s lokalnog upravljačkog panela za drugi DF kotao (No 2 DF BOILER ENCL. VENT FAN LCP);
- U.V. panel za napajanje br. 4 (NO 4 U.V. POWER SUPPLY PANEL (PORT));
- U.V. panel za napajanje br. 3 (NO 3 U.V. POWER SUPPLY PANEL (PORT));
- U.V. panel za napajanje br. 2 (NO 2 U.V. POWER SUPPLY PANEL (PORT));
- U.V. panel za napajanje br. 1 (NO 1 U.V. POWER SUPPLY PANEL (PORT));
- Napajanje za uzbudu propulzijskog elektromotora br. 2 (EXITER POWER FOR No 2 PM);
- Neprekidno napajanje DC 24 V za motore generatora br. 1 i 2 (DC24V UPS FOR No 1 & 2 MG);
- Hidraulična jedinica br. 1 za daljinsko upravljanje ventilima za teret (No 1 CARGO VALVE REMOTE CONTROL HPU);

- Pumpa za gorivo u sustavu IGG (IGG FO PUMP);
- Jedinica za predgrijavanje glavnog generatora br. 4 (NO 4 MAIN GE PREHEATER UNIT);
- Jedinica za predgrijavanje glavnog generatora br. 3 (NO 3 MAIN GE PREHEATER UNIT);
- Glavni niskonaponski transformator br. 2 (NO 2 LV MAIN TR-R 440/220 V);
- Panel za pokretanje br. 2 za jedinicu sagorijevanja plina (GCU No 2 STARTER PANEL);
- Prednja palubna mehanizacija (glavna pumpa br. 2) (FWD DECK MACH. (No 2 MAIN PUMP));
- Prednja palubna mehanizacija (glavna pumpa br. 4) (FWD DECK MACH. (No 4 MAIN PUMP));
- Stražnja palubna mehanizacija (glavna pumpa br. 2) (AFT DECK MACH. (No 2 MAIN PUMP));
- IGG ventilator br. 2 (IGG No 2 BLOWER).

Slika 29. Napojna niskonaponska sklopna ploča GSP 2 440 V

3.17. NAPOJNA NISKONAPONSKA SKLOPNA PLOČA GSP 220 V

Odabirom stavke izbornika LV MSB220 V Feeder Panel na stranici GSP (MSB), pristupa se napojnim niskonaponskim sklopnim pločama 220 V br. 1 i 2 (LV MSB No 1 220V FEEDER PANEL i LV MSB No 2 220V FEEDER PANEL) koje su prikazane na slici 30.

Obe se sastoje od mjerača:

- AMMETER SW i VOLTMETER SW su mjerači sa sklopkama;
- Instrument za mjerenje otpora izolacije (Insulation resistance gauge);
- EARTH LAMP - lampice su označene kao R, S i T (faze). Lampice su osvijetljene, ali u situacijama kada otpor izolacije na nekoj od fazi padne, odgovarajuća lampica će svijetliti jače ili slabije;
- EARTH TEST - tipka koja omogućuje testiranje otpora izolacije faza R, S i T. Lampice svijetle istom jačinom. Držeći tipku pritisnutom, lampica na fazi s lošim otporom sjaji slabije u usporedbi s drugim lampicama.

Napojna niskonaponska sklopna ploča GSP 220 V br. 1 se sastoji od prekidača za:

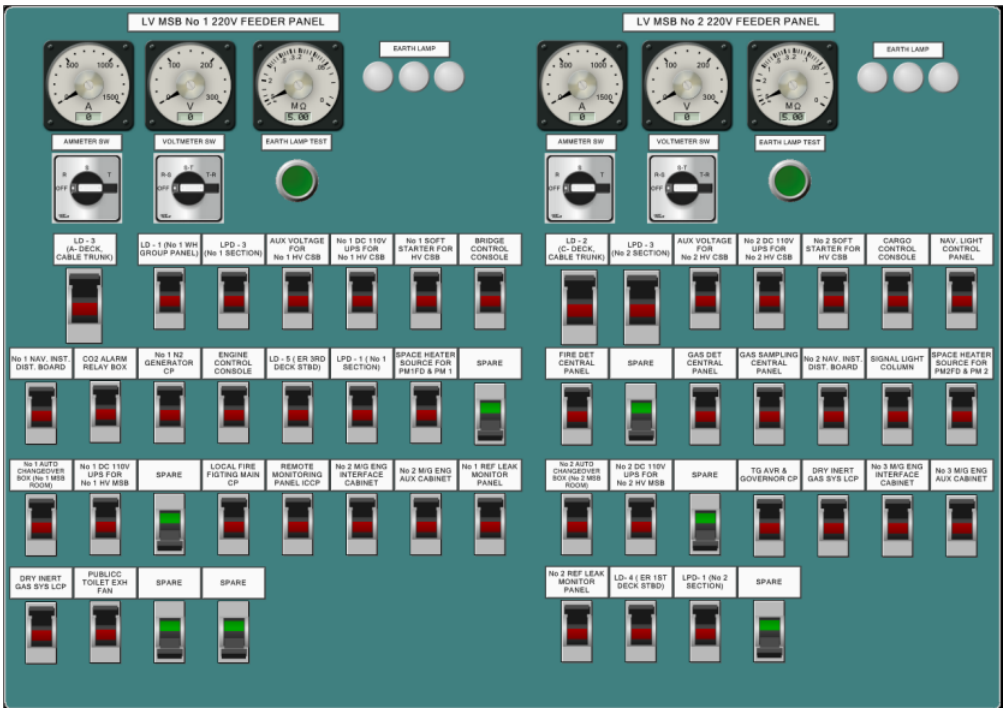
- Kabelski kanal na palubi A (LD - 3 (A–DECK. CABLE TRUNK));
- Grupni panel WH grupe br. 1 (LD - 1 (No 1 WH GROUP PANEL));
- LPD - 3 (No 1 SECTION);
- Pomoćni napon za visokonaponsku sklopnu ploču tereta br. 1 (AUX VOLTAGE FOR No 1 HV CSB);
- Neprekidno napajanje 110 V DC za visokonaponsku sklopnu ploču tereta br. 1 (No 1 DC 110V UPS FOR No 1 HV CSB);
- Uputnik br. 1 za visokonaponsku sklopnu ploču tereta (No 1 SOFT STARTER FOR HV CSB);
- Upravljanje na mostu broda (BRIDGE CONTROL CONSOLE);
- Navigacijski instrumenti br. 1 (No 1 NAV. INST. DIST. BO);
- Relejno polje za alarm za CO2 (CO2 ALARM RELAY BOX);
- Upravljački panel za generator N2 br. 1 (No 1 N2 GENERATOR CP);
- Upravljački panel motora (ENGINE CONTROL CONSOLE);
- Treća paluba strojarnice, desna strana (LD - 5 (ER 3RD DECK STBD));
- LPD - 1 (No 1 SECTION);

- Grijače prostora (SPACE HEATER SOURCE FOR PM1FD & PM 1);
- Polje za automatsko prebacivanje br. 1 (u prostoriji glavne sklopne ploče br. 1) (No 1 AUTO CHANGEOVER BOX (No 1 MSB ROOM));
- Neprekidno napajanje 110 V DC za visokonaponsku sklopnu ploču br. 1 (No 1 DC 110V UPS FOR No 1 HV MSB);
- Glavni upravljački panel za lokalnu protupožarnu zaštitu (LOCAL FIRE FIGHTING MAIN CP);
- Upravljački panel za daljinsko nadgledanje inducirane struje katodne zaštite (eng. *Induced current cathodic protection* - ICCP) (REMOTE MONITORING PANEL ICCP);
- Ormar za sučelje motora generatora br. 2 (No 2 M/G ENG INTERFACE CABINET);
- Panel za nadzor curenja br. 1 (No 1 REF. LEAK MONITOR PANEL);
- Upravljački panel za sustav suhog inertnog plina (DRY INERT GAS SYS LCP);
- Ventilator za javni toalet (PUBLIC TOILET EXH FAN).

Napojna niskonaponska sklopna ploča GSP 220 V br. 2 se sastoji od prekidača za:

- Kabelski kanal na palubi C (LD - 2 (C–DECK. CABLE TRUNK));
- LPD - 3 (No 2 SECTION);
- Pomoćni napon za visokonaponsku sklopnu ploču tereta br. 2 (AUX VOLTAGE FOR No 2 HV CSB);
- Neprekidno napajanje 110 V DC za visokonaponsku sklopnu ploču tereta br. 2 (No 2 DC 110V UPS FOR No 2 HV CSB);
- Uputnik br. 2 za visokonaponsku sklopnu ploču tereta (No 2 SOFT STARTER FOR HV CSB);
- Upravljački panel za upravljanje teretom (CARGO CONTROL CONSOLE);
- Upravljački panel za upravljanje navigacijskih svjetala (NAV. LIGHT CONTROL PANEL);
- Centralni panel za detekciju požara (FIRE DET CENTRAL PANEL);
- Centralni panel za detekciju plina (GAS DET CENTRAL PANEL);
- Centralni panel za uzorkovanje plina (GAS SAMPLING CENTRAL PANEL);
- Navigacijski instrumenti br. 2 (No 2 NAV. INST. DIST. BOARD);
- Kolona signalnih svjetala (SIGNAL LIGHT COLUMN);

- Grijači prostora (SPACE HEATER SOURCE FOR PM2FD & PM 2);
- Polje za automatsko prebacivanje br. 2 (u prostoriji glavne sklopne ploče br. 2) (No 2 AUTO CHANGEOVER BOX (No 2 MSB ROOM));
- Neprekidno napajanje 110 V DC za visokonaponsku sklopnu ploču br. 2 (No 2 DC 110V UPS FOR No 2 HV MSB);
- Upravljački panel za automatski regulator napona i regulator turbo generatora (TG AVR & GOVERNOR CP);
- Upravljački panel za sustav suhog inertnog plina (DRY INERT GAS SYS LCP);
- Ormar za sučelje motora generatora br. 3 (No 3 M/G ENG INTERFACE CABINET);
- Pomoćni ormar br. 3 za motor generatora (No 3 M/G ENG AUX CABINET);
- Panel za nadzor curenja br. 2 (No 2 REF. LEAK MONITOR PANEL);
- Prva paluba strojarnice, desna strana (LD - 4 (ER 1ST DECK STBD));
- LPD - 1 (No 2 SECTION).



Slika 30. Napojne niskonaponske sklopne ploče 220 V GSP br. 1 i br. 2

4. SUSTAV ZA UPRAVLJANJE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

Sustav za upravljanje električnom energijom je računalni sustav koji uključuje funkcije potrebne za upravljanje generatora, regulatora i GSP prekidača te za upravljanje proizvodnjom električne energije. Sve sigurnosne funkcije kao što su alarmi za zaustavljanje motora generatora se obrađuju u sustavu za upravljanje motora. Zaštitne i sigurnosne funkcije prekidača obrađuju se na sklopnoj ploči.

Upravljanje generatora treba se izvoditi s IAS radne stanice. U slučaju da nije moguće upravljanje s IAS-a, prebacuje se na ručno upravljanje koje se izvodi s sklopne ploče i sustava motora. Glavne funkcije koje trebaju biti dostupne i upravljane putem IAS-a su sljedeće:

- Automatska sinkronizacija (na strani sklopne ploče);
- Upravljanje frekvencije;
- Automatska raspodjela opterećenja;
- Uravnotežena raspodjela opterećenja;
- Automatizacija kod prestanka redovne opskrbe električnom energijom;
- Blokiranje pokretanja velikih trošila;
- Odabir generatora u pripravnosti.

Sve automatske funkcije imaju mogućnost pojedinačne aktivacije i deaktivacije. Generator u stanju pripravnosti se automatski pokreće pod sljedećim uvjetima:

1. Prekid redovne opskrbe električnom energijom;
2. Visok napon na glavnoj sabirnici;
3. Nizak napon na glavnoj sabirnici;
4. Visoka frekvencija na glavnoj sabirnici;
5. Niska frekvencija na glavnoj sabirnici;
6. Zahtjev za pokretanje velikog trošila;
7. Neuobičajen rad VCB-a tijekom rada generatora;
8. Prekomjerna struja generatora u radu;
9. Zahtjev za smanjenje opterećenja aktivnog generatora;
10. Alarm temperature generatora (visoka temperatura namotaja i ležajeva);
11. Pokretanje dizelskog načina rada nakon oporavka od prekida redovne opskrbe električnom energijom;
12. Kratki spoj na sabirnici.

Za prvi uvjet generator će se pokrenuti i spojiti na glavnu sabirnicu. Za drugi, treći, četvrti i peti uvjet generator će se pokrenuti i spojiti na glavnu sabirnicu nakon što se VCB aktivnog generatora isklopi. Za šesti, sedmi, osmi i deveti uvjet generator će se pokrenuti, sinkronizirati i automatski spojiti na glavnu sabirnicu, te paralelno podijeliti opterećenje. Za deseti i jedanaesti uvjet generator će se pokrenuti, sinkronizirati i spojiti na glavnu sabirnicu, a neuobičajen generator će se isklopiti i zaustaviti. Za dvanaesti uvjet generator koji je spreman za rad će se pokrenuti, sinkronizirati i spojiti na sabirnicu.
U idućim podpoglavljima je opisan rad u uobičajenim eksploatacijskim uvjetima, opisano je upravljanje opterećenja, te pokretanje i zaustavljanje motora generatora ovisno o opterećenju. Opisan je prestanak redovne opskrbe električnom energijom kao i neuobičajeno stanje generatora i sabirnice. Blokiranje zahtjeva za pokretanje velikog trošila je objašnjeno, te je opisano prioritetno isklapanje.

4.1. RAD U UOBIČAJENIM EKSPLOATACIJSKIM UVJETIMA

Rad u uobičajenim eksploatacijskim uvjetima broda, jedan ili više generatora su u jednom/paralelnom radu za potrebe napajanja. Dostupni generatori mogu biti postavljeni kao pripravni, a svaki ima svoj prioritet pripravnosti kako bi se, u slučaju problema s napajanjem, generator u pripravnosti automatski pokrenuo i zamijenio onaj koji je u kvaru.
Postavke prioriteta generatora u pripravnosti:

- 1 generator na mreži: MG1, MG2 i MG3 u stanju pripravnosti;
- 2 generatora na mreži: MG1 i MG2 u stanju pripravnosti;
- 3 generatora na mreži: MG1 u stanju pripravnosti.

U takvom slučaju, generator u pripravnosti se pokreće putem IAS-a i automatski sinkronizira od strane sklopne ploče prije spajanja na odgovarajuću sklopnu ploču. Generator je moguće ručno sinkronizirati s panela za sinkronizaciju. Kada je drugi generator povezan, PMS će dijeliti aktivnu snagu (kW) isporučenu sklopnim pločama.
U uobičajenim eksploatacijskim uvjetima rada, generatori su u stanju pripravnosti kako bi se mogli pokrenuti, sinkronizirati i uklopiti na sabirnicu preko odgovarajućeg prekidača u slučaju potrebe za električnom energijom koja premašuje nazivnu snagu trenutnih generatora u radu.

U takvom slučaju generator se uključuje kada opterećenje na glavnoj visokonaponskoj sklopnoj ploči premaši unaprijed postavljene vrijednosti.
Nakon što je generator povezan, PMS upravlja isporučenom snagom generatora bilo u simetričnom načinu dijeljenja opterećenja (tj. jednakom raspodjelom opterećenja među generatora) ili u asimetričnom načinu dijeljenja (tj. generator je preferencijalno opterećen blizu svoje nazivne snage, dok drugi generatori dijele ostatak opterećenja).

4.2. UPRAVLJANJE OPTEREĆENJA

Proizvedena električna energija iz generatora se upravlja putem IAS/PMS sustava. Bilo koja kombinacija generatora može raditi paralelno za proizvodnju trofaznog električnog napona 6600 V, frekvencije 60 Hz. Sklopna ploča za slučaj nužde nije upravljana od strane IAS/PMS sustava.
IAS obavlja odabir simetričnog ili asimetričnog dijeljenja opterećenja za generatore.
Simetrično dijeljenje opterećenja znači da se opterećenje dijeli jednako među generatorima prema nazivnoj snazi. Postavljanje maksimalne i minimalne granice i granice konstantnog opterećenja se prilagođava u IAS-u. U paralelnom radu, alarm se aktivira kada se opterećenje jednog generatora razlikuje od drugih za više od 10% (vrijednosti odstupanja su podesive u IAS-u).
Asimetrično dijeljenje opterećenja se aktivira ručnim odabirom kada jedan od generatora zahtijeva smanjenje opterećenja. Glavni generator će biti opterećen do konstantnog opterećenja dok će pomoćni generatori dijeliti preostalo opterećenje. Ako preostalo opterećenje na pomoćnom generatoru padne ispod minimalnog opterećenja, npr. 20%, i ako opterećenje na pomoćnim generatorima premaši maksimalno opterećenje, npr. 80%, asimetrično opterećenje će biti podijeljeno i uravnoteženo među svim generatorima.
U paralelnom radu, kada jedan generator pošalje signal za smanjenje opterećenja, simetrično dijeljenje opterećenja će se automatski prebaciti u asimetrični način. U tom slučaju, gornja granica za pomoćni generator će biti 80% do 95% od nazivne snage.
Funkcija upravljanja frekvencije održava frekvenciju generatora na 60 Hz u oba načina dijeljenja opterećenja, simetričnom i asimetričnom.
Sustav upravljanja motora izračunava maksimalnu dostupnu snagu motora za referencu PMS-a. Sustav izračunava maksimalnu dostupnu snagu motora prema skupu stvarnih podataka kao što su tlak i temperatura ulja za podmazivanje (eng. *Lube oil* - LO), rashladna

voda visoke temperature (eng. *High temperature* - HT), temperatura ispušnih plinova itd. Signal ograničenja opterećenja prosljeđuje se PMS-u, koji mora smanjiti opterećenje motora u skladu s tim.

PMS također može izračunati snagu koja je dostupna svakom propulzijskom elektromotoru. Kada oba motora rade i rastavljač je zatvoren, dostupna snaga za svaki motor treba biti jednaka. Ako je rastavljač otvoren, propulzijskim elektromotorima će biti dopušten rad s nejednakim opterećenjem jer će signal dostupne snage za svaki propulzijski elektromotor biti različit.

U slučaju prekida ovog signala, upravljačka jedinica pogona (eng. *Propulsion control unit* - PCU) motora će koristiti sigurnosnu vrijednost od 100% što znači da će se koristiti samo interna kalkulacija dostupne snage. PMS signal je skaliran tako da ne može potpuno zaustaviti propulzijski elektromotor čak i ako padne na svoju minimalnu vrijednost.

Snaga propulzijskog elektromotora je funkcija dostupne snage u mreži čije ograničenje snage ovisi o broju povezanih generatora i propulzijskih elektromotora. Dostupna snaga može se prilagoditi vanjskim analognim signalima koji su individualni za svaki generator ili korisnik može postaviti vrijednost opterećenja za motore s operativnog panela. Takve postavljene vrijednosti predstavljaju dopušteno opterećenje za generatore u kalkulaciji dostupne snage. Propulzijski elektromotor se oslanja na pretpostavku da PMS održava opterećenje povezanih glavnih motora generatora uravnoteženim. S ovim rješenjem, ako jedan od generatora preuzme manje opterećenje od postavljene vrijednosti, preostali će preuzeti veće opterećenje. U neuravnoteženoj situaciji opterećenje pojedinih generatora ne prelaze razinu opterećenja od 100%.

PMS može ograničiti povećanje snage propulzijskih elektromotora zbog ograničenja opterećenja DF motora. PMS će izračunati ograničenje snage na temelju broja aktivnih motora, opterećenja motora i tipa goriva koje se koristi za pogon motora. Tijekom rada u uobičajenim eksploatacijskim uvjetima, propulzijski elektromotori neće biti ograničeni, a u slučaju iznenadnog povećanja opterećenja (npr. u slučaju isklapanja generatora), signal ograničenja snage bit će odmah smanjen. Propulzijski elektromotori su sposobni smanjiti opterećenje vrlo brzo, te na taj način će se izbjeći preopterećenje preostalog motora. Povećanje opterećenja se ne može predvidjeti, pa u takvom slučaju motori koji rade na plin mogu biti prebačeni na dizel.

Na temelju mjerenja snage generatora, snage pogonskih motora i frekvencije napona na sabirnici PMS računa signal maksimalne snage za pogonski motor.

4.3. POKRETANJE I ZAUSTAVLJANJE MOTORA GENERATORA NA TEMELJU OPTEREĆENJA

PMS ima funkciju pokretanja i zaustavljanja motora generatora na temelju opterećenja. U slučaju kada je opterećenje sustava veće od 90%, PMS će pokrenuti generatore u pripravnosti. Kada je opterećenje sustava manje od 75%, postupno će ih zaustaviti i staviti u pripravni način rada. Funkcija pokretanja i zaustavljanja motora generatora se samo primjenjuje na dizelski generator kojem IAS postavlja navedenu funkciju na uključeno, te generator mora biti postavljen na daljinski način upravljanja.

4.4. PRESTANAK REDOVNE OPSKRBE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM

U sustavu se mogu dogoditi potpuni i djelomični prekid redovne opskrbe električnom energijom. Kod potpunog nestanka redovne opskrbe električnom energijom dolazi do gubitka napajanja svih glavnih visokonaponskih sklopnih ploča, te će PMS upravljati uspostavom napajanja i postupnim pokretanjem. Kod djelomičnog prestanka redovne opskrbe električnom energijom dolazi do gubitka napajanja jedne glavne visokonaponske sklopne ploče, te će korisnik ručno obnoviti napajanje.

Kod potpunog prestanka redovne opskrbe električnom energijom, svi prekidači koji su bili u upotrebi prije prekida otkrivaju se s sklopne ploče. Generator se automatski pokreće i spaja na prethodno odabranu glavnu visokonaponsku sklopnu ploču. Kako bi se omogućila mogućnost rada u plinskom ili dizelskom načinu, motor se mora zaustaviti i ponovno pokrenuti. Motor se pokreće u načinu rada za prestanak redovne opskrbe električnom energijom, koji sprječava prebacivanje goriva na plinski način rada. Kada se motor ponovno pokrene, tek je tada omogućen rad u plinskom načinu. Glavni prekidači će biti ponovno uklopljeni.

4.5. NEUOBIČAJENO STANJE SABIRNICE I GENERATORA

IAS nadzire i detektira neuobičajeno stanje napona i frekvencije glavne sabirnice.

Kada IAS detektira visoku (> 65 Hz) ili nisku (< 55.1 Hz) frekvenciju, te visok ili nizak napon, IAS isklapa sve povezane prekidače generatora i indicira stanje prestanka redovne opskrbe električnom energijom.

Upravljanje pogona počinje ograničavati snagu propulzijskog elektromotora, odnosno brzinu vrtnje motora. Upravljanje pogona smanjuje snagu propulzijskog elektromotora sve dok frekvencija sklopne ploče nije iznad 58.5 Hz ili 60.5 Hz.

Ako temperatura namotaja ili ležajeva generatora dosegne neuobičajeno stanje, generator u pripravnosti će se pokrenuti i spojiti na sabirnicu. Ako temperatura tijekom rada generatora dostigne visoku razinu, PMS će zaustaviti generator.

Neuobičajeno isklapanje svakog generatora se javlja kada je automatski regulator napona (eng. *Automatic voltage regulator* - AVR) pod/nad uzbuđivanjem i kada postoji kvar na zaštitnom releju prekidača.

Ako se bilo koji od glavnih generatora zaustavi, prekidač generatora se isklopi ili se prekidač sabirnice uklopi, upravljanje pogona odmah smanjuje snagu propulzijskog elektromotora. Ovo ograničenje djeluje putem nadzora statusa prekidača generatora. Trenutno smanjenje snage se vrši kako bi se izbjeglo naglo opterećenje i preopterećenje preostalih generatora na sabirnici. Nakon razdoblja oporavka, snaga propulzijskog elektromotora polako počinje prilaziti zahtijevanoj referentnoj razini.

U slučaju da se dogodi kratki spoj na glavnoj sabirnici, PMS blokira sve prekidače povezane s kratko spojenom sabirnicom i pokreće generator u pripravnosti za napajanje druge sabirnice. Prekidač sabirničkog rastavljača također je blokiran.

4.6. BLOKIRANJE ZAHTJEVA ZA POKRETANJE VELIKOG TROŠILA

Funkcija zahtjeva za pokretanje velikog trošila može se uključiti/isključiti na radnoj stanici IAS-a. Kada se izda naredba za pokretanje velikog motora, PMS provjerava stanje glavnog sabirničkog prekidača, broj priključenih generatora i njihovu raspoloživu snagu. Ako je raspoloživa snaga manja od limita za blokiranje, PMS pokreće generator u pripravnosti. U slučaju kada raspoloživa snaga premaši limit za blokiranje, signal se šalje velikom motoru i pokretanje je omogućeno. Ako dovoljna raspoloživa snaga nije postignuta unutar specificiranog vremena, naredba za pokretanje motora se resetira i aktivira se alarm. Pokretanje više od jednog velikog motora u isto vrijeme je spriječeno. Primjer velikih trošila su balastne pumpe, pramčani propeler, teretne pumpe i teretni kompresori.

4.7. PRIORITETNO ISKLAPANJE

Kada su visokonaponski generatori u mreži preopterećeni, trošila koja nisu neophodna se isklapaju iz sustava putem sustava prioritetnog isklapanja VN GSP, kako bi se smanjilo opterećenje generatora. Na taj način generator nastavlja s radom i napajanje neophodnih strujnih krugova se nastavlja.

Ako struja opterećenja generatora u mreži postane viša od postavljene vrijednosti za prioritetno isklapanje (105% od nazivnog opterećenja u trajanju duljem od 20 sekundi), funkcija prioritetnog isklapanja djeluje kako bi isklopila prekidač trošila koja nisu neophodna. Za prekidač koji je namijenjen za trošila koja nisu neophodna, iznad njegove pločice s imenom je umetnuta tanka crna pločica koja specificira njegovu svrhu primjene. Ovo označava prioritetno isklapanje. Kada se detektira stanje za prioritetno isklapanje, sklopna ploča će pokrenuti automatski signal za pokretanje generatora što će uzrokovati pokretanje, sinkronizaciju i priključivanje generatora u pripravnosti na sklopnu ploču. Sve povezane radnje će biti izvršene sa strane sklopne ploče. Raspored prioritetnog isklapanja treba biti napravljen tako da kada postoji stanje preopterećenja na glavnoj sklopnoj ploči, trošila će biti automatski isklopljena kako bi se spriječilo potpuno isklapanje broda. Ako jedan generator zakaže dok dva ili više generatora rade paralelno, sva opterećenja s prioritetnim isklapanjem će biti automatski isklopljena.

5. GLAVNI GENERATORI

Početno stanje brodske električne centrale je napajanje s kopna na ESB (EMCY sekcije NN GSP 1, NN GSP 2, LGSP 5 i LGSP 8). U tom slučaju samo MG1 i/ili MG4 se mogu pokrenuti za napajanje glavnih sklopnih ploča. U idućim podpoglavljima opisano je pokretanje generatora preko LOP-a, s GSP panela i IAS zaslona, te je opisano spajanje generatora na GSP sabirnicu.

5.1. POKRETANJE GENERATORA PREKO LOP-A

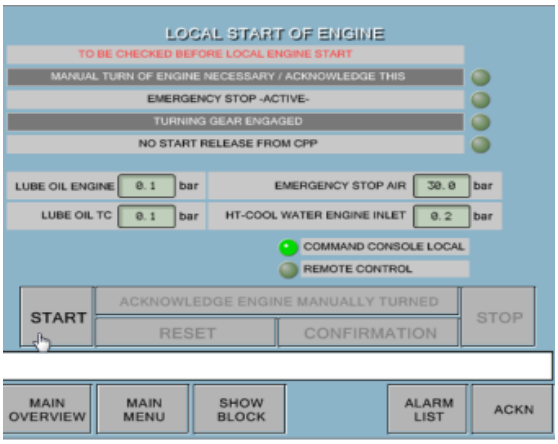
Za pristup stranici lokalnog pokretanja motora (LOCAL START OF ENGINE) koja je prikazana na slici 31., potrebno je na LOP-u generatora kliknuti tipku pokreni/zaustavi motor (ENGINE START/STOP). Potrebno je prebaciti sklopku 1-LOCAL/2-REMOTE na LOP-u generatora u položaj 1 što omogućava lokalno upravljanje. Zaslon se sastoji od tipke START koja služi za pokretanje motora ako nema blokada. Za prikaz liste aktivnih blokada, koje su prikazane putem lampica, klikne se na tipku prikaz blokada (SHOW BLOCK).

ACKNOWLEDGE ENGINE MANUALLY TURNED je tipka za potvrdu da je motor ručno pokrenut. Motor se može pokrenuti kada je funkcija deaktivirana i lampica MANUAL TURN OF ENGINE NECESSARY/ACKNOWLEDGE THIS nije osvijetljena. Za potvrdu izvršene komande pokretanja ili zaustavljanja (START ili STOP) služi tipka potvrde (CONFIRMATION). Nakon što se klikne tipka, motor će biti pokrenut ili zaustavljen. Tipka RESET služi za resetiranje i potvrdu blokada pokretanja. Lokalno pokretanje motora se sastoji od lampica kada je zaustavljanje u nuždi aktivno (EMERGENCY STOP – ACTIVE), kada je uređaj za okretanje uključen (TURNING GEAR ENGAGED), a NO START RELEASE FROM CPP lampica svijetli kada nema blokada za pokretanje. LUBE OIL ENGINE, LUBE OIL TC, EMERGENCY STOP AIR i HT-COOL WATER ENGINE INLET su prikazi tlaka za različite sustave. Lampice COMMAND CONSOLE LOCAL/REMOTE CONTROL označavaju mjesto upravljanja. Upravljanje s LOP-a je omogućeno samo kada je osvijetljena lampica COMMAND CONSOLE LOCAL.

Za pokretanje glavnog generatora br. 1 s LOP-a potrebno je izvršiti sljedeće radnje:

1. Potrebno je okrenuti prekidač 1–LOCAL/2–REMOTE u položaj 1;

2. Kliknuti tipku ENGINE START/STOP na glavnom izborniku kako bi se otvorio zaslon;
3. Ako je tipka START onemogućena, potrebno je provjeriti blokade klikom na tipku SHOW BLOCK;
4. Uklanjaju se svi blokirajući uvjeti i vraća se na ekran lokalnog pokretanja motora (LOCAL START OF ENGINE);
5. Klikne se na tipku START. Tipka CONFIRMATION će se omogućiti;
6. Klikne se tipka CONFIRMATION. Motor će se pokrenuti;
7. Prate se parametri motora na preglednom ekranu.



Slika 31. Pokretanje generatora preko LOP-a

5.2. POKRETANJE GENERATORA S GSP-A

Za pokretanje glavnog generatora br. 1 s GSP panela, izvršavaju se sljedeće radnje:

1. Na LOP-u generatora (MG No 1 LOCAL OPERATING PANEL) okreće se sklopka 1–LOCAL/2–REMOTE u položaj 2–REMOTE;
2. Na sinkronizacijskom panelu (No 1 MEASURE & SYNCHRO PANEL) okreće se sklopka GEN 1 MODE u položaj lokalno automatski (AUTO LOC);
3. Na panelu generatora (No 1 MAIN GENERATOR 7700 kW):
   - Provjerava se je li indikator READY TO START osvijetljen. U suprotnom, uklanjaju se blokade za pokretanje i vraća se na panel;
   - Uključuju se VOLTAGE i AMMETER mjerači;

- Pritisne se tipka za pokretanje motora (START ENGINE). Prate se očitanja mjerača. Indikator GEN RUN će se osvijetliti kada motor postigne nazivnu brzinu.

5.3. POKRETANJE GENERATORA PREKO IAS-A

Klikom na tipku GENERATOR CONTROL SYSTEM u glavnom izborniku IAS-a otvara se zaslon sustava upravljanja generatora (GENERATOR CONTROL SYSTEM) koji se nalazi na slici 32.

Zaslon se sastoji od dijagrama priključenja generatora na VN GSP zajedno s indikatorima parametara napajanja, stanjem generatora i alarmnim indikatorima. Digitalni indikatori glavnih sklopnih ploča prikazuju stvarnu snagu (ACTUAL POWER) i dostupnu snagu (AVAILABLE POWER).

(1) MG1, MG2, MG3, MG4 su indikatorske tipke dizelskih generatora. TG je indikator turbo generatora. Generator koji radi prikazan je magenta bojom, dok je zaustavljeni generator prikazan zelenom bojom.

READY indikator je osvijetljen kada je motor spreman za pokretanje (nema blokada pokretanja, sustavi za gorivo, ulje za podmazivanje i hlađenje su pokrenuti).

REMOTE indikator je osvijetljen kada je motor postavljen na daljinsko upravljanje na LOP-u. Klikom na tipku generatora otvara se skočni panel za daljnje opcije upravljanja.

Tipke START/STOP omogućeni su za upravljanje motora ako su i lampice READY i REMOTE osvijetljene, te je motor postavljen na ručni (MAN) način na polju MGs STAND-BY START PRIORITY.

(2) TG STOP je tipka koju je omogućeno koristiti kada je prekidač D5 otvoren, a klikom na nju zaustavlja se turbo generator.

(3) Upravljanje VCB generatora D1, D2, D3, D4, D5 je moguće ako je sklopka GEN # MODE na sinkronizacijskom panelu postavljena u položaj REM AUTO, tek tada će R indikator biti osvijetljen.

Klikom na prekidač omogućava se njegovo uklapanje ili isklapanje. Otvoreni prekidač prikazan je zelenom bojom, a zatvoreni prekidač je prikazan magenta bojom. Isklopljeni prekidač je prikazan crvenom bojom.

Polje raspodjele opterećenja (LOAD SHARING) se sastoji od polja odabira načina (MODE SELECT) koje ima tipke za asimetrični (ASYMM) i simetrični (SYMM) način

rada. SYMM je simetrični način opterećenja za sve generatore, dok je ASYMM asimetrični način opterećenja za odabrane generatore. Koristeći tipke MG1, MG2, MG3 i MG4 vrši se odabir generatora.

LOAD SET je zadržavajuća osvijetljena tipka koja služi za mijenjanje zadane vrijednosti. Koriste se strelice za povećanje/smanjenje zadane vrijednosti. Na polju raspodjele opterećenja (LOAD SHARING) se još nalaze informacijske oznake.

Polje pokretanja/zaustavljanja ovisno o opterećenju (LOAD DEPENDANT START/STOP) se sastoji od MG LOAD DEPENDANT AUTO START zadržavajuće tipke. Odabrana tipka svijetli:

- ON/OFF: klikom za postavljanje automatskog pokretanja;
- LOAD SET: klikom za aktivaciju promjene zadane vrijednosti kao što je veliko opterećenje (LOAD (HEAVY)), vremensko kašnjenje desne strane (TIME DELAY (STBD)) i vremensko kašnjenje lijeve strane (TIME DELAY (PORT)). Strelice se koriste za povećanje/smanjenje zadane vrijednosti.

MG LOAD DEPENDANT AUTO STOP su zadržavajući tipke, gdje odabrana tipka svijetli:

- ON/OFF: klikom za postavljanje automatskog zaustavljanja on/off;
- LOAD SET: klikom za aktivaciju promjene zadane vrijednosti kao što je lagano opterećenje (LOAD (LIGHT)), vremensko kašnjenje desne strane (TIME DELAY (STBD)) i vremensko kašnjenje lijeve strane (TIME DELAY (PORT)). Koriste se strelice za povećanje/smanjenje zadane vrijednosti.

MGs STAND-BY START PRIORITY polje se sastoji od zadržavajuće tipke STAND-BY SELECT za svaki MG. Odabrana tipka svijetli:

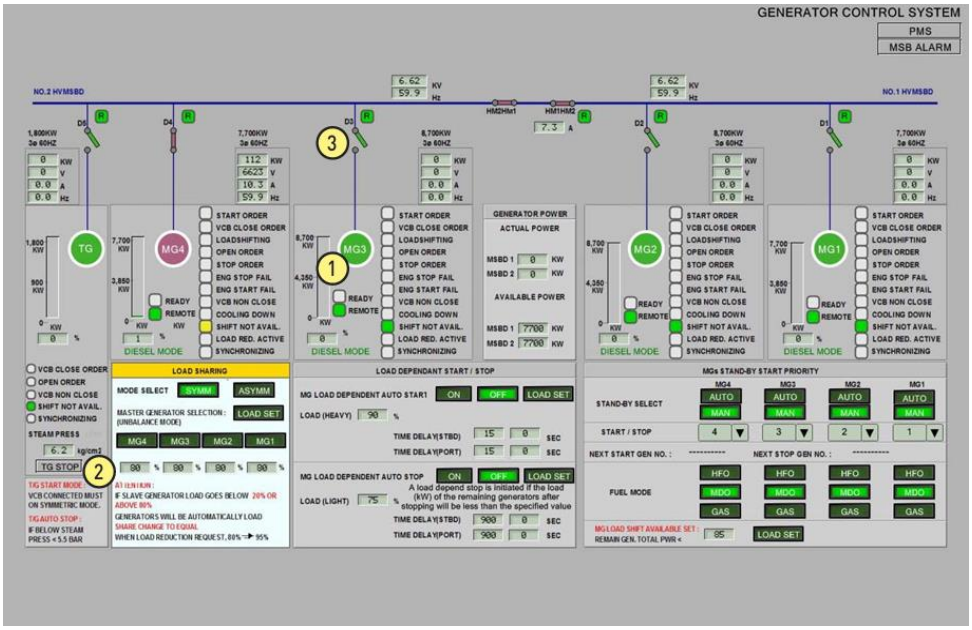
- AUTO: klikom za postavljanje automatskog rada motora ovisno o opterećenju;
- MAN: klikom za postavljanje ručnog upravljanja motorom putem IAS zaslona.

Na polju se nalaze START/STOP skup padajućih izbornika. Za svaki MG se postavi prioritet, dok će se prioriteti ostalih MG-ova automatski prilagođavati.

Na polju se također prikazuje broj sljedećeg MG-a koji će biti pokrenut/zaustavljen.

FUEL MODE se sastoji od osvijetljenih tipki za svaki MG za odabir izvora goriva između teškog goriva (HFO), brodskog dizelskog goriva (MDO) i plina (GAS).

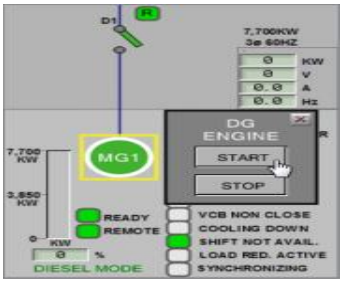
Na dnu polja se nalazi zadržavajuća osvijetljena tipka LOAD SET koja služi za povećanje/smanjenje zadane vrijednosti pomoću strelica.



Slika 32. Sustav upravljanja generatora

Za pokretanje glavnog generatora br. 1 s IAS zaslona, izvršavaju se sljedeće radnje:

1. Na LOP-u generatora (MG No 1 LOCAL OPERATING PANEL) okreće se sklopka 1–LOCAL/2–REMOTE u položaj 2–REMOTE;
2. Na sinkronizacijskom panelu (No 1 MEASURE & SYNCHRO PANEL) okreće se sklopka GEN 1 MODE u položaj REM AUTO;
3. Na zaslonu sustava upravljanja generatora (GENERATOR CONTROL SYSTEM):
   - Provjerava se da li je indikator READY osvijetljen. U suprotnom, uklanjaju se blokade za pokretanje i vraća se na zaslon;
   - Klikne se na tipku MG1 za otvaranje skočnog panela, koji se nalazi na slici 33.;



Slika 33. Skočni panel generatora br. 1

- Klikne se tipka START. Prate se parametri motora. Tipka glavnog generatora 1 (MG1) će se osvijetliti u magenta boji kada motor postigne nazivnu brzinu.

5.4. SPAJANJE GENERATORA NA GSP

Generator se može spojiti na GSP sabirnicu tek kada motor radi pri nazivnoj brzini. Opis u nastavku odnosi se na MG 1, dok drugi MG-ovi se spajaju na sličan način.

Potrebno je provjeriti sljedeće:

- Na LOP-u je prekidač 1–LOCAL/2–REMOTE postavljen na položaj 2–REMOTE;
- Na panelu generatora indikator spreman za sinkronizaciju (READY TO SYNCHRO) je osvijetljen.

Spajanje MG 1 na sabirnicu pod naponom ili sabirnicu bez napona može se obaviti u AUTO LOC načinu rada (na GSP-u) ili REM AUTO načinu rada (na IAS-u). U oba načina sinkronizacija se izvodi automatski.

1. Spajanje s GSP-a:
    - Okrene se sklopka GEN 1 MODE na položaj AUTO LOC;
    - Okrene se sklopka GEN 1 VCB na položaj CLOSE. Indikator VCB CLOSED će se osvijetliti.
2. Spajanje s IAS-a:
    - Na sinkronizacijskom panelu okrene se sklopka GEN 1 MODE u položaj REM AUTO;
    - Na zaslonu:
        - Provjeri se je li tipka MG1 MAN na polju MGs STAND-BY START PRIORITY pritisnuta (osvijetljena);
        - Provjeri se je li R indikator pored prekidača D1 osvijetljen (spremno za spajanje);
        - Za zatvoriti klikne se prekidač D1.

6. NAPAJANJE ELEKTRIČNOM ENERGIJOM U NUŽDI

Motor generatora za slučaj nužde ima snagu od 850 kW pri izmjeničnom naponu 450 V frekvencije 60 Hz i koristi se u situacijama nužde. Generator napaja sklopnu ploču za slučaj nužde (ESB) i putem spojnih prekidača, glavnu sklopnu ploču. Jedinica će se automatski pokrenuti ako glavni pogon zakaže ili se može pokrenuti ručno, bilo s sklopne ploče za slučaj nužde ili s panela za pokretanje motora.

U uobičajenim eksploatacijskim uvjetima rada, ESB se napaja iz glavnog sklopnog ormara putem spojnih prekidača, dok je prekidač za rad generatora za slučaj nužde u automatskom modu na panelu za pokretanje. U tim uvjetima, gubitak napona na sabirnicama bit će detektiran, čime će se generator za slučaj nužde automatski pokrenuti i napajati električnom energijom ESB.

U idućim podpoglavljima je opisan motor i alternator generatora za slučaj nužde. Opisan je lokalni upravljački panel generatora za slučaj nužde, kao i glavna sklopna ploča za slučaj nužde i sklopna ploča za povezivanje sabirnica ESB-a. Objašnjene su dovodne ESB sklopne ploče naponskih razina 440 V i 220 V. Opisan je panel uputnika ESB-a i panel punjača akumulatora.

6.1. MOTOR GENERATORA ZA SLUČAJ NUŽDE

Pokretanje motora je moguće pomoću stlačenog zraka ili ručnog hidrauličnog sustava. Privješena zupčasta pumpa podmazuje koljenasto vratilo, bregasto vratilo, ležajeve itd. Na spremnike ulja su postavljeni grijači kako bi se omogućilo predgrijavanje ulja za podmazivanje. Gorivo se dovodi iz spremnika za dizelsko ulje u nuždi kapaciteta 5,0 m3, koji se nalazi u prostoriji generatora za slučaj nužde. Nakon toga se gorivo gravitacijom dovodi do pumpe za ubrizgavanje goriva. Zrak za pokretanje se dovodi iz zasebnog spremnika zraka, te se dovodi do uputnog motora nakon pokretanja elektromagnetskog ventila u liniji.

6.2. ALTERNATOR GENERATORA

Generator generira trofazni napon iznosa 450 V, frekvencije 60 Hz pri 1800 okretaja u minuti, a nazivna snaga mu je 850 kW. Generator je samouzbudni, bez četkica i sa sustavom samoregulacije s automatskim regulatorom napona koji održava konstantan napon. Grijaća spirala je postavljena u kućište generatora kako bi se spriječila kondenzacija dok je jedinica neaktivna. Generator je spojen na sklopni ormar za slučaj nužde preko prekidača, koji se automatski isklapa pri pokretanju motora ili ručno na sklopnom ormaru za slučaj nužde. Ručno upravljanje naponom je omogućeno zajedno s voltmetrom, ampermetrom i mjeračem frekvencije na sklopnom ormaru za slučaj nužde.

6.3. LOKALNI UPRAVLJAČKI PANEL GENERATORA ZA SLUČAJ NUŽDE

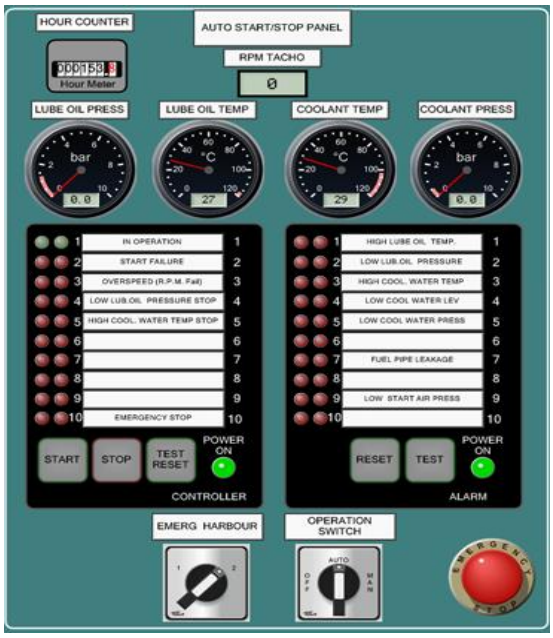
Za pristup lokalnim upravljačkim panelima generatora za slučaj nužde (EMCY GEN ENGINE LOP) klikne se na stavku izbornika LOP generatora za slučaj nužde (eng. *Emergency generator* - EG) na stranici EmG.

Panel za automatsko pokretanje i zaustavljanje (AUTO START/STOP PANEL) je prikazan na slici 34., te se sastoji od:

- RPM TACHO - digitalnog pokazivača brzine motora;
- Digitalnog brojača sati (HOUR COUNTER);
- Pokazivača pritiska ulja za podmazivanje (LUBE OIL PRESS), temperature ulja za podmazivanje (LUBE OIL TEMP.), temperature rashladne tekućine (COOLANT TEMP.) i pritiska rashladne tekućine (COOLANT PRESS);
- Upravljačkog polja (CONTROLLER) koje se sastoji od LED indikatora koji svijetle kada dizel motor radi (IN OPERATION), nakon neuspješnog pokretanja dizel motora (START FAILURE), kada je prekoračenje brzine 2070 rpm (OVERSPEED (R.P.M. Fail), u slučaju niskog pritiska ulja za podmazivanje < 0.84 kg/cm² (LOW LUB. OIL PRESSURE STOP), visoke temperature rashladne vode > 102 °C (HIGH COOL. WATER TEMP STOP) i kada je dizel motor zaustavljen pomoću tipke za zaustavljanje u nuždi (EMERGENCY STOP);
    - START, STOP su tipke za upravljanje dizel motorom kada je upravljačka sklopka (OPERATION SWITCH) postavljena na ručni način rada (MAN);

- Tipka TEST RESET služi za resetiranje isklapanja i testiranje ispravnosti LED dioda;
- Indikatorska lampica POWER ON svijetli kada polje upravljanja (CONTROLLER) ima napajanje.

- ALARM polja koje se sastoji od:
  - LED indikatora koji svijetle kada je temperatura ulja za podmazivanje visoka > 117 °C (HIGH LUBE OIL TEMP.), kada je nizak pritisak ulja za podmazivanje < 1,27 kg/cm² (LOW LUB. OIL PRESSURE), temperatura rashladne vode veća od 95 °C (HIGH COOL. WATER TEMP), kada je nivo rashladne vode manji od < 20% (LOW COOL WATER LEV), pritisak rashladne vode manji od 0,5 bara (LOW COOL WATER PRESS), u slučaju kada dođe do curenja goriva u cijevima (FUEL PIPE LEAKAGE) i kada je pritisak zraka za upućivanje manji od 15 bara (LOW START AIR PRESS);
  - Tipke RESET koja se pritisne za potvrdu alarma;
  - Tipke TEST koja služi za testiranje ispravnosti LED dioda;
  - Indikatorske lampice POWER ON koja svijetli kada polje ALARM ima napajanje.
- EMERG HARBOUR - dvopoložajne sklopke:
  - 1 - (EMERG) provjerava se samo uvjet previsoke brzine;
  - 2 - (HARBOUR) provjeravaju se svi uvjeti isklapanja.
- Tropoložajne upravljačke sklopke (OPERATION SWITCH) za odabir načina rada motora:
  - OFF - isklapanje napajanja svih panela;
  - AUTO - motor se automatski pokreće nakon prestanka redovne opskrbe električnom energijom;
  - MAN - upravljanje motorom pomoću tipki START i STOP na polju CONTROLLER.
- EMERGENCY STOP tipke za zaustavljanje u slučaju nužde.



Slika 34. Panel za automatsko pokretanje i zaustavljanje

Panel za upravljanje rešetkama prostorije generatora u slučaj nužde (EMERGENCY GENERATOR ROOM LOUVRES CONTROL BOX) se nalazi na slici 35., te se sastoji od:

- Dvopoložajne sklopke za odabir načina rada:
  - MAN način rada upravlja rešetkama pomoću tipki otvoreno (OPEN) i zatvoreno (CLOSE) na panelu;
  - AUTO način rada automatski upravlja rešetkama prema stanju motora.
- Rešetke za usis zraka (INTAKE AIR LOUVRES) koja se sastoje od tipki OPEN i CLOSE, te indikatorske lampice OPEN koja svijetli kada su rešetke otvorene;
- Rešetke za ispuštanje zraka (EXHAUST AIR LOUVRES) sa tipkama OPEN i CLOSE, te indikatorskom lampicom OPEN koja svijetli kada su rešetke otvorene.

Panel hidrauličnog uputnika (HYDRAULIC STARTER) se nalazi na slici 35.,te se sastoji od:

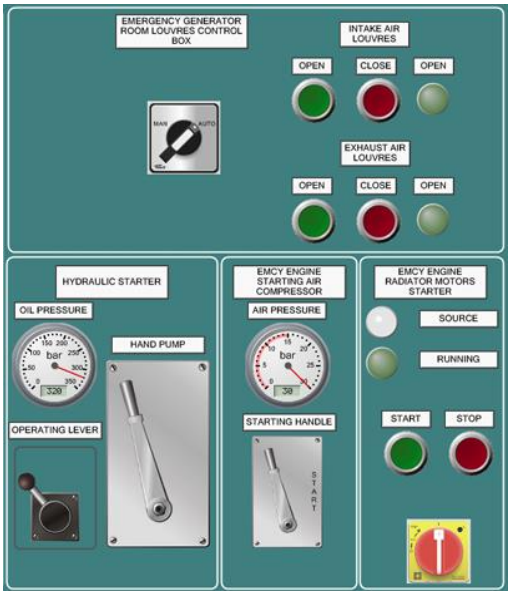
- Mjerača pritiska ulja (OIL PRESSURE) koji mjeri pritisak u akumulatoru hidrauličkog uputnika;
- Ručne pumpe (HAND PUMP) koja služi za ručno pumpanje hidrauličkog uputnika;
- Upravljačke poluge (OPERATING LEVER) koja se okreće u desni položaj da bi se otvorio dovod ulja do hidrauličkog uputnika motora generatora za slučaj nužde.

Panel kompresora uputnog zraka za motor u slučaj nužde (EMCY ENGINE STARTING AIR COMPRESSOR) prikazan na slici 35. se sastoji od:

- Mjerača pritiska uputnog zraka (AIR PRESSURE);
- Uputne ručke (STARTING HANDLE) koja se povlači u START položaj da bi se pokrenuo kompresor za punjenje spremnika zraka dizel generatora za slučaj nužde ako nije dostupan dovoljan pritisak zraka.

Panel pokretača motora radijatora za motor u slučaju nužde (EMCY ENGINE RADIATOR MOTORS STARTER) prikazan na slici 35. se sastoji od:

- Indikatorske lampice SOURCE koja svijetli kada je napajanje osigurano za uputnik;
- Indikatorske lampice RUNNING koja svijetli kada motori rade;
- START, STOP tipki za upravljanje motorima;
- Prekidača strujnog kruga.



Slika 35. Lokalni upravljački paneli generatora za slučaj nužde

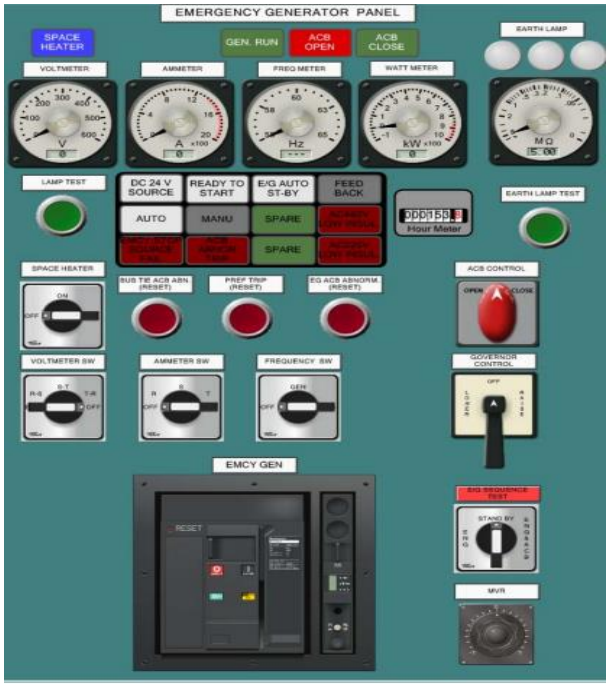
6.4. SKLOPNA PLOČA GENERATORA ZA SLUČAJ NUŽDE

Za pristup sklopnoj ploči generatora za slučaj nužde (EMERGENCY GENERATOR PANEL) koja se nalazi na slici 36., potrebno je kliknuti na stavku izbornika ESB Generator & Bus Tie Panel na stranici EmG.

Sklopna ploča se sastoji od:

- SPACE HEATER, ACB OPEN, ACB CLOSE - indikatora stanja grijača i ACB generatora;
- GEN. RUN - indikatora koji svijetli kada generator radi;
- VOLTMETER - mjerača s petopoložajnom sklopkom VOLTMETER SW: BUS, R-S, S-T, T-R, OFF;
- AMMETER - mjerača s petopoložajnom sklopkom AMMETER SW: OFF, R, S, T, OFF;
- FREQ METER - mjerača s tropoložajnom sklopkom FREQUENCY SW: GEN, OFF, BUS;
- WATT METER - mjerača za praćenje snage generatora;
- EARTH LAMP - lampica koje su normalno osvijetljene; u slučaju niskog otpora izolacije na fazi/fazama, odgovarajuća lampica lagano svijetli ili se gasi;
- Tipke EARTH LAMP za testiranje ispravnosti uzemljenja;
- LAMP TEST - tipke za testiranje ispravnosti lampica;
- Indikatorske i alarmne lampice, koje se pale kada:
    - DC 24 V SOURCE - izvor napajanja DC 24 V napaja automatski upravljački krug i krug uzbude generatora;
    - READY TO START - generator spreman za pokretanje;
    - E/G AUTO ST-BY - EMCY generator se može automatski pokrenuti;
    - FEED BACK - dopušteno napajanje No 1 LV MSB ili No 2 LV MSB iz ESB-a;
    - AUTO - automatski rad generatora nakon prekida redovne opskrbe električnom energijom;
    - MANU - ručno upravljanje generatorom;
    - EM'CY STOP SOURCE FAIL - nema napajanja u preferencijalnom krugu isklapanja;
    - ACB ABNORM TRIP - ACB generatora se isklapa.
- Hour Meter - mjerača radnih sati;
- SPACE HEATER - dvopoložajne sklopke za uključivanje/isključivanje grijača prostora; kada je grijač uključen, svijetli plavi indikator SPACE HEATER;
- BUS TIE ACB ABN. (RESET) - tipke koja služi za oporavak nakon nepravilnog isklapanja sabirničkog rastavljača;

- PREF TRIP (RESET) - tipke koja služi za oporavak nakon preferencijalnog isklapanja;
- EG ACB ABNORM. (RESET) - tipke za resetiranje ACB-a EMCY generatora nakon nepravilnog isklapanja;
- ACB CONTROL - dvopoložajne impulsne sklopke za uklapanje/isklapanje ACB generatora;
- GOVERNOR CONTROL - impulsne sklopke za podešavanje frekvencije generatora, ručica služi za smanjenje/povećavanje frekvencije uz praćenje mjerača i očitanja sinkronoskopa;
- E/G SEQUENCE TEST - tropoložajne sklopke koja ima položaje:
    - ENG - za aktiviranje testa pokretanja E/G bez prestanka redovne opskrbe električnom energijom EMCY GSP-a;
    - STAND BY - normalno pokretanje E/G nakon prestanka redovne opskrbe električnom energijom;
    - ENG & ACB - za pokretanje E/G sekvence prestanka redovne opskrbe električnom energijom s ESB-GSP prekidom veze.
- MVR - regulatora za podešavanje reaktivne snage i napona generatora;
- EMCY GEN - zračnog prekidača.



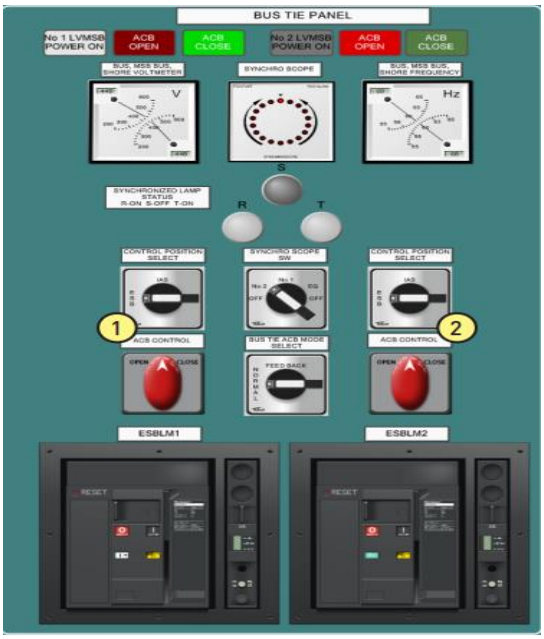
Slika 36. Sklopna ploča generatora za slučaj nužde

6.5. SKLOPNA PLOČA ZA POVEZIVANJE SABIRNICA ESB-A

Klikom na stavku izbornika ESB Generator & Bus Tie Panel na stranici EmG pristupa se sklopnoj ploči za povezivanje sabirnica ESB-a (BUS TIE PANEL) koja je prikazana na slici 37.

Sklopna ploča se sastoji od:

- No 1 LVMSB POWER ON, ACB OPEN, ACB CLOSE - indikatorskih lampica za stanje napajanja NN GSP br. 1 i prekidača kruga;
- No 2 LVMSB POWER ON, ACB OPEN, ACB CLOSE - indikatorskih lampica za stanje napajanja NN GSP br. 2 i prekidača kruga;
- BUS, MSB BUS, SHORE VOLTMETER - dvostrukog mjerača napona;
- BUS, MSB BUS, SHORE FREQUENCY - dvostrukog mjerača frekvencije;
- SYNCHRO SCOPE - mjerača i svjetlosnog sinkronoskopa s petopoložajnom sklopkom SYNCHRO SCOPE SW za odabir sinkronizacije:
    - No 2: između ESB i NN GSP 2;
    - No 1: između ESB i NN GSP 1;
    - EG: s ESB sabirnicom;
    - OFF: mjerač je isključen.
- (1) CONTROL POSITION - dvopoložajne sklopke za odabir načina rada za prekidač ESBLM1:
    - ESB: upravljanje s ovog ESB panela;
    - IAS: upravljanje s IAS zaslona.
- ACB CONTROL - dvopoložajne impulsne sklopke za otvaranje/zatvaranje odgovarajuće sabirnice ACB-a;
- (2) CONTROL POSITION - dvopoložajne sklopke za odabir načina rada za prekidač ESBLM2:
    - ESB: upravljanje s ovog ESB panela;
    - IAS: upravljanje s IAS zaslona.
- BUS TIE ACB MODE SELECT - dvopoložajne sklopke za odabir načina rada:
    - NORMAL: napajanje za NN GSP 1 (No 1 LV MSB) ili NN GSP 2 (No 2 LV MSB) iz ESB-a je zabranjeno;
    - FEED BACK: napajanje za NN GSP 1 (No 1 LV MSB) ili NN GSP 2 (No 2 LV MSB) iz ESB-a je dopušteno.
- ESBLM1, ESBLM2 - zračnih prekidača.



Slika 37. Sklopna ploča za povezivanje sabirnica ESB-a

6.6. ESB NAPOJNA SKLOPNA PLOČA 440 V

Klikom na stavku izbornika ESB 440 V Feeder Panel na stranici EmG pristupa se dvodijelnoj napojnoj sklopnoj ploči koja je prikazana na slici 38. Lijevi dio se sastoji od prekidača za:

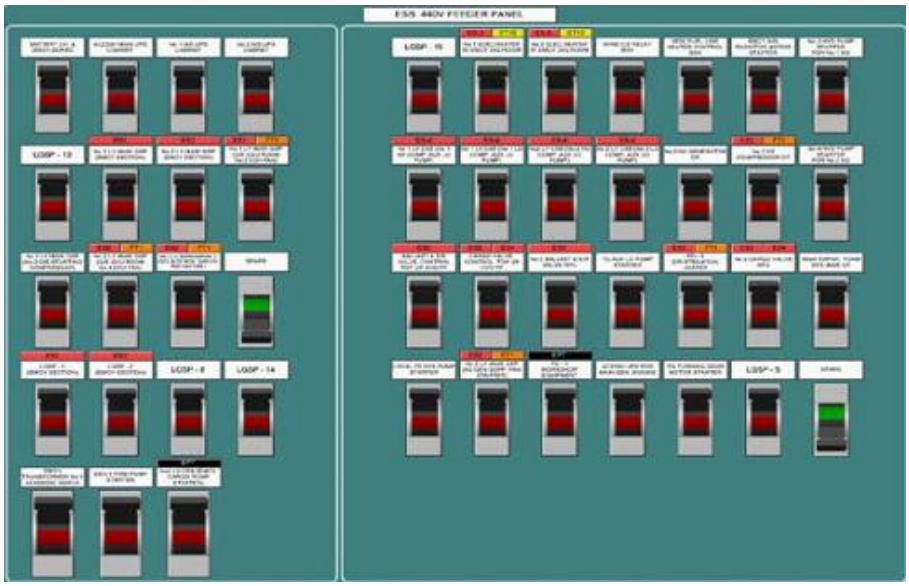
- Panel punjenja i pražnjenja akumulatora (BATTERY CH. & DISCH. BOARD);
- Glavni AC 220 V UPS ormar (AC220V MAIN UPS CABINET);
- UPS ormar IAS br. 1 (No 1 IAS UPS CABINET);
- UPS ormar IAS br. 2 (No 2 IAS UPS CABINET);
- LGSP - 13;
- Glavni NN panel za grupne uputnike br. 1 (No 1 LV MAIN GSP (EMCY SECTION));
- Glavni NN panel za grupne uputnike br. 2 (No 2 LV MAIN GSP (EMCY SECTION));
- Glavni NN panel za grupne uputnike br. 1 (ventilator za ispušne plinove u prostoriji za plinove br. 2) (No 1 LV MAIN GSP (G/E GVU ROOM No 2 EXH.FAN));
- Glavni NN panel za grupne uputnike br. 2 (kompresor za pokretanje motora generatora br. 2) (No 2 LV MAIN GSP (No 2 G/E STARTING COMPRESSOR));

- Glavni NN panel za grupne uputnike br. 2 (ventilator za ispušne plinove u prostoriji za plinove br. 4) (No 2 LV MAIN GSP (G/E GVU ROOM No 4 EXH.FAN));
- Glavni NN panel za grupne uputnike br. 2 (ispušni ventilator br. 2 za jedinicu za izgaranje plina i kotao s dvostrukim gorivom u prostoriji za plinove) (No 2 LV MAIN GSP (No 2 GCU & DF BOIL GAS V/V RM EXH.FAN));
- LGSP - 1 (EMCY SECTION);
- LGSP - 2 (EMCY SECTION);
- LGSP - 8;
- LGSP - 14;
- EMCY TRANSFORMER No 1 AC 450/230 180 KVA;
- Uputnik EMCY vatrogasne pumpe (EMCY FIRE PUMP STARTER);
- EMCY CSB br. 2 (uputnik teretne pumpe) (No 2 EMCY CSB (CARGO PUMP STARTER)).

Desni dio se sastoji od prekidača za:

- LGSP - 15;
- Električni grijač br. 1 u prostoriji dizel generatora za slučaj nužde (No 1 ELEC. HEATER IN EMCY DG ROOM);
- Električni grijač br. 2 u prostoriji dizel generatora za slučaj nužde (No 2 ELEC. HEATER IN EMCY DG ROOM);
- Polje releja sirene (WHISTLE RELAY BOX);
- Polje upravljanja grijača cjevovoda MDO goriva (MDO FUEL LINE HEATER CONTROL BOX);
- Uputnik motora radijatora EMCY dizel generatora (EMCY DG RADIATOR MOTOR STARTER);
- Uputnik hidraulične pumpe br. 2 za sustav upravljanja br. 1 (No 2 HYD. PUMP STARTER FOR No 1 SG);
- NN CSB br. 1 (pomoćna LO pumpa za HD kompresor br. 1) (No 1 LV CSB (No 1 HD COMP. AUX LO PUMP));
- NN CSB br. 1 (pomoćna LO pumpa za LD kompresor br. 1) (No 1 LV CSB (No 1 LD COMP. AUX LO PUMP));
- NN CSB br. 2 (pomoćna LO pumpa za HD kompresor br. 2) (No 2 LV CSB (No 2 HD COMP. AUX LO PUMP));

- NN CSB br. 2 (pomoćna LO pumpa za LD kompresor br. 2) (No 2 LV CSB (No 2 LD COMP. AUX LO PUMP));
- Upravljački panel za generator N2 br. 2 (No 2 N2 GENERATOR CP);
- Upravljački panel za kompresor N2 br. 2 (No 2 N2 COMPRESSOR CP);
- Uputnik hidraulične pumpe br. 4 za sustav upravljanja br. 2 (No 4 HYD. PUMP STARTER FOR No 2 SG);
- Nadopunjavanje hidrauličke pumpe za upravljanje ventila balasta i strojarnice (BALLAST & E/R VALVE CONTROL TOP UP HYD PP);
- Nadopunjavanje hidrauličke pumpe za upravljanje ventilom tereta (CARGO VALVE CONTROL TOP UP HYD PP);
- Hidraulična jedinica za ventile balasta i strojarnice br. 2 (No 2 BALLAST & E/R VALVE HPU);
- Uputnik pomoćne LO pumpe TG-a (TG AUX LO PUMP STARTER);
- Grijač parnog ventilatora u strojarnici (PD - 3 E/R STEAM FAN HEATER);
- Hidraulična jedinica za teretni ventil br. 2 (No 2 CARGO VALVE HPU);
- Glavni upravljački panel sustava pjene visoke ekspanzije (HIGH EXPAN. FOAM SYS MAIN CP);
- Uputnik pumpe lokalnog sustava protupožarne zaštite (LOCAL FF SYS PUMP STARTER);
- Glavni NN panel za grupne uputnike br. 2 (uputnik ventilatora generatora br. 2) (No 2 LV MAIN GSP (No 2 GEN SUPPLY FAN STARTER));
- Oprema za radionicu PD - 1 (PD - 1 WORKSHOP EQUIPMENT);
- UPS AC220 V za glavni motor generatora (AC220V UPS FOR MAIN GEN. ENGINE);
- Uputnik motora uređaja za okretanje TG-a (TG TURNING GEAR MOTOR STARTER);
- LGSP - 5.



Slika 38. Napojna sklopna ploča ESB 440 V

6.7. ESB NAPOJNA SKLOPNA PLOČA 220 V

Klikom na stavku izbornika ESB 220 V Feeder Panel na stranici EmG pristupa se napojnoj sklopnoj ploči ESB 220 V koja je prikazana na slici 39.

Sklopna ploča se sastoji od sljedećih mjernih uređaja:

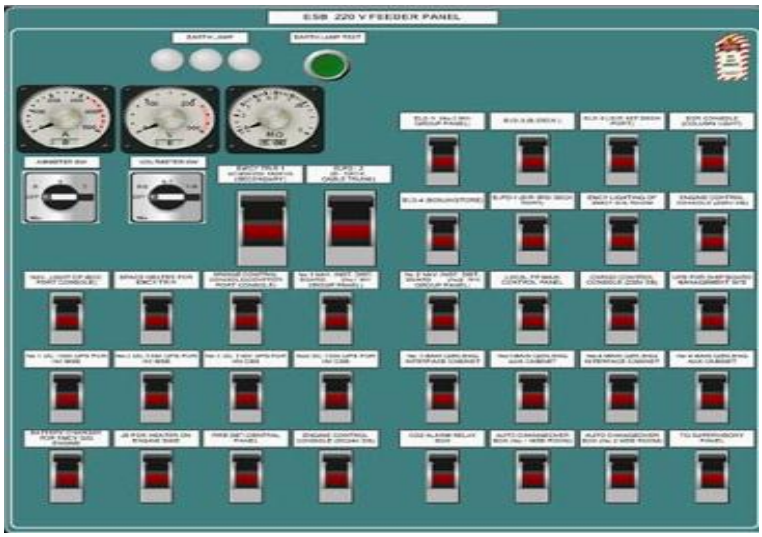
- EARTH LAMP - lampice R, S i T koje su obično osvijetljene. U slučajevima kada je otpor izolacije na fazi/fazama nizak, odgovarajuća lampica svijetli ili se gasi;
- EARTH TEST - tipka za testiranje otpora izolacije faza R, S i T. Obično su sve lampice osvijetljene istom jačinom. Držeći tipku pritisnutom, lampica faze s niskim otporom će svijetliti slabije u usporedbi s ostalim lampicama;
- AMMETER SW i VOLTMETER SW - mjerači sa sklopkama;
- Na ploči se nalazi mjerač otpora izolacije.

Sklopna ploča se sastoji od sljedećih prekidača:

- Panel grupe WH br. 2 (ELD-1 (No 2 WH GROUP PANEL));
- ELD-2 (B-DECK);
- Prva paluba u strojarnici, lijevi bok (ELD-3 (E/R 1ST DECK PORT));
- Stupno svjetlo (ECR CONSOLE (COLUMN LIGHT));
- EM'CY TR-R 1 AC450/230 180kVA (SECONDARY);
- B-DECK kabelski kanal (ELPD-2 (B-DECK CABLE TRUNK));

- Skladište brodskog namjesnika (ELD-4 (BOSUN STORE);
- Treća paluba u strojarnici, lijevi bok (ELPD-1 (E/R 3RD DECK PORT));
- Osvjetljenje prostorije generatora za slučaj nužde (EMCY LIGHTING OF EMCY D/G ROOM);
- Panel za upravljanje motorom (ENGINE CONTROL CONSOLE (220V DB));
- Upravljački panel navigacijskih svjetala (NAV. LIGHT CP (BCC PORT CONSOLE));
- Grijač prostora za transformator u slučaju nužde (SPACE HEATER FOR EMCY TR-R));
- Panel za upravljanje s mosta (središnji panel na lijevom boku) (BRIDGE CONTROL CONSOLE (CENTER PORT CONSOLE));
- Distribucijski panel za navigaciju br. 2 (grupni panel WH grupe br. 2) (No 2 NAV. DIST. BOARD (No 2 WH GROUP PANEL));
- Lokalni glavni upravljački panel za protupožarni sustav (LOCAL FF MAIN CONTROL PANEL);
- Panel za upravljanje teretom (CARGO CONTROL CONSOLE (220V DB));
- UPS za sustav upravljanja brodom (UPS FOR SHIP BOARD MANAGEMENT SYS);
- Neprekidno napajanje DC 110 V za VN GSP br. 1 (No 1 DC 110V UPS FOR HV MSB);
- Neprekidno napajanje DC 110 V za VN GSP br. 2 (No 2 DC 110V UPS FOR HV MSB);
- Neprekidno napajanje DC 110 V za VN CSB br. 1 (No 1 DC 110V UPS FOR HV CSB);
- Neprekidno napajanje DC 110 V za VN CSB br. 2 (No 2 DC 110V UPS FOR HV CSB);
- Ormar sučelja za motor glavnog generatora br. 1 (No 1 MAIN GEN. ENG. INTERFACE CABINET);
- Pomoćni ormar za glavni generator br. 1 (No 1 MAIN GEN. ENG. AUX CABINET);
- Ormar sučelja za glavni generator br. 4 (No 4 MAIN GEN. ENG. INTERFACE CABINET);

- Pomoćni ormar za glavni generator br. 4 (No 4 MAIN GEN. ENG. AUX CABINET);
- Punjač akumulatora za motor dizel generatora za slučaj nužde (BATTERY CHARGER FOR EMCY D/G ENGINE);
- Sklopno polje za grijač na strani motora (JB FOR HEATER ON ENGINE SIDE);
- Središnji panel za detekciju požara (FIRE DET. CENTRAL PANEL);
- Panel za upravljanje motorom (ENGINE CONTROL CONSOLE (DC24V DB));
- Relejno polje za CO2 alarm (CO2 ALARM RELAY BOX);
- Automatsko sklopno polje (prostorija br. 1 glavne sklopne ploče) (AUTO CHANGEOVER BOX (No 1 MSB ROOM));
- Automatsko sklopno polje (prostorija br. 2 glavne sklopne ploče) (AUTO CHANGEOVER BOX (No 2 MSB ROOM));
- Nadzorni panel turbinskog generatora (TG SUPERVISORY PANEL).



Slika 39. Napojna sklopna ploča ESB 220 V

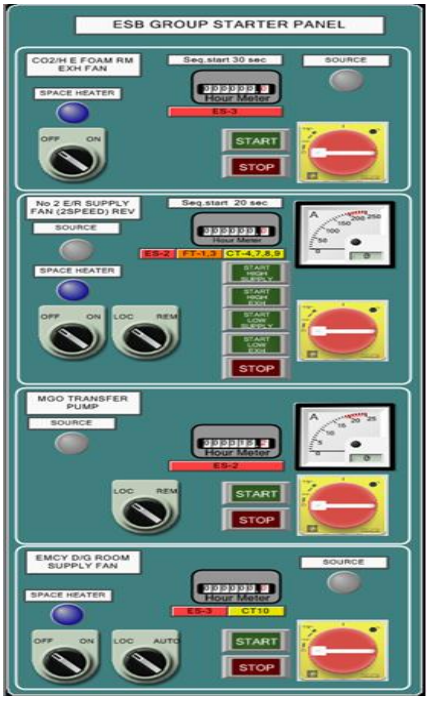
6.8. PANEL UPUTNIKA ESB-A

Klikom na stavku izbornika ESB GSP na stranici EmG pristupa se panelima uputnika koji su prikazani na slici 40.

Paneli služe za pokretanje:

- Ventilatora za uklanjanje pjene visoke ekspanzije/CO2 (prostorija za pjenu visoke ekspanzije ili CO2) (CO2/H.E. FOAM RM EXH FAN);

- Ventilatora za opskrbu strojarnice br. 2 (2 brzine, reverzibilan) (No 2 E/R SUPPLY FAN (2SPEED) REV);
- Pumpe za prijenos brodskog plinskog goriva (MGO TRANSFER PUMP);
- Ventilatora za opskrbu prostorije dizel generatora za slučaj nužde (EMCY D/G ROOM SUPPLY FAN).



Slika 40. Panel uputnika ESB-a

6.9. PANEL PUNJAČA AKUMULATORA

Klikom na stavku izbornika Battery CD Board na stranici EmG pristupa se panelu upravljanja akumulatora i trošila od 24 V koji je prikazan na slici 41.

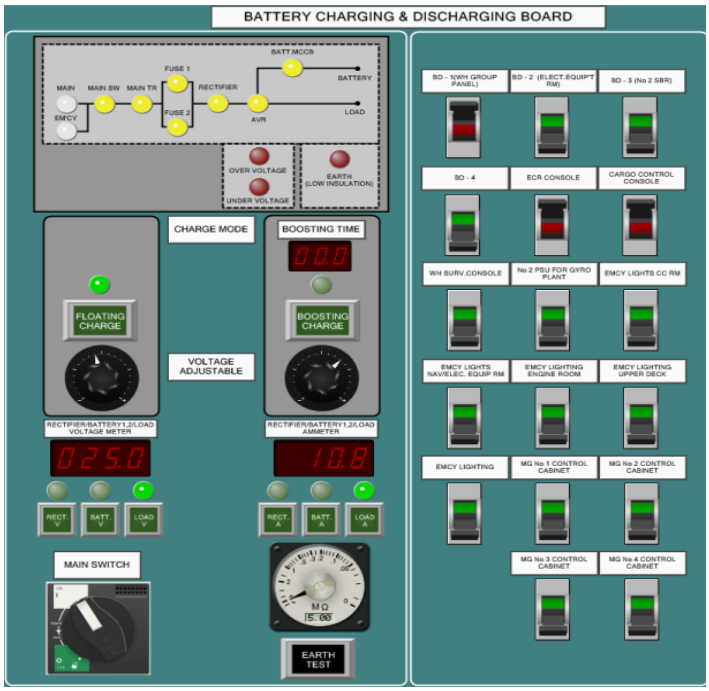
Panel se sastoji od dijagrama procesa punjenja i pražnjenja s indikatorskim lampicama koje svijetle ovisno o trenutnom krugu. Na panelu se nalaze alarmne indikatorske lampice za nizak napon (UNDER VOLTAGE), visok napon (OVER VOLTAGE) i nisku izolaciju uzemljenja (EARTH (LOW INSULATION)) koje svijetle kada se dogodi odgovarajuće stanje. Panel ima dva načina punjenja (CHARGE MODE) za rad u modovima plutajućeg ili pojačanog punjenja. Tipka i lampica za plutajuće punjenje (FLOATING CHARGE) koristi potenciometar za podešavanje napona punjača akumulatora. Sa druge strane BOOSTING TIME prikazuje odbrojavanje vremena pojačanog punjenja i u slučaju kada

vrijeme dosegne 0, punjenje se automatski nastavlja u plutajućem modu. Pojačano punjenje (BOOSTING CHARGE) je tipka i lampica koja koristi potenciometar za podešavanje napona punjača akumulatora.

U oba režima punjenja koriste se sljedeća upravljanja:

- VOLTAGE ADJUSTABLE - potenciometar;
- RECTIFIER/BATTERY 1,2/LOAD VOLTAGE METER i RECTIFIER/BATTERY 1,2/LOAD AMMETER – digitalni indikatori;
- RECT. V, BATT. V, LOAD V - tipka i lampica koja služi za mjerenje odgovarajućeg napona i očitanja voltmetra;

Prekidač MAIN SWITCH služi za napajanje panela punjača akumulatora i u uključenom položaju ispravljač napaja trošila. Na panelu se nalazi monitor izolacije. Tipka EARTH TEST služi za pokretanje testa uzemljenja gdje će tada monitor izolacije pokazati 500 kΩ.



Slika 41. Panel za punjenje i pražnjenje akumulatora

7. ZAKLJUČAK

Cilj diplomskog rada bio je opisati brodski električni sustav LNG tankera s pogonom na dvojno gorivo i električnom propulzijom, što uključuje opis proizvodnje i distribucije električne energije na brodu takvog tipa. Električna energija se proizvodi pomoću četiri dizelska generatora, turbinskog generatora, generatora za slučaj nužde, te brodska električna centrala posjeduje priključak za napajanje s kopna. Brodska električna mreža raspolaže trofaznim naponskim razinama 6600 V, 440 V i 220 V, frekvencije 60 Hz, te 24 V istosmjernim naponom iz akumulatora. Generatori se upravljaju preko automatskog integriranog sustava automatike, dok je ručno upravljanje moguće preko upravljačkih sklopnih ploča. DFDE sustav omogućuje kombinaciju korištenja generatora različitih nazivnih snaga. U situacijama kada je potrebna manja snaga, korištenjem generatora velike nazivne snage može rezultirati većom potrošnjom goriva. Generator manje nazivne snage omogućuje rad pri optimalnim uvjetima, smanjujući nepotrebnu potrošnju goriva i emisiju štetnih plinova. Generator veće nazivne snage se koristi za visoke zahtjeve snage, primjerice tijekom plovidbe s teretom. Korištenjem generatora različitih nazivnih snaga, povećava se ukupna učinkovitost sustava. Neprekidni rad generatora veće nazivne snage pri niskom opterećenju, može uzrokovati veće mehaničko i toplinsko opterećenje što vodi do većeg trošenja. S druge strane, generator manje nazivne snage omogućuje rad u optimalnom režimu pri nižem opterećenju, što produljuje vijek trajanja opreme.

Brodski pogonski sustavi s motorima na dvojno gorivo i električnom propulzijom pružaju složene električne sustave, a sami simulator predstavlja vjerodostojan prikaz stvarnog pogona. Ovaj sustav omogućava bolju iskoristivost brodskog prostora, a sve u svrhu povećanja teretnog prostora. Prednosti sustava uključuju smanjenje štetnog utjecaja na okoliš, manju potrošnju goriva, te višu razinu sigurnosti i pouzdanosti.

Kao predmet istraživanja je poslužio Transas Marine Ltd. ERS 5000 simulator, kao i ostala literatura na temelju koje je napisan ovaj diplomski rad.

LITERATURA

[1] https://www.marinelink.com/news/sovcomflot-delivery364916,(pristupljeno 23.05.2024.)

[2] ERS 5000 TechSim Dual Fuel Diesel-Electric LNG Carrier Trainee Manual, Transas Marine Ltd., 2018.

[3] Vučetić, D., Brodski električni uređaji i sustavi, Sveučilište u Rijeci, Pomorski fakultet, Rijeka 2011., URL: https://www.pfri.uniri.hr/web/dokumenti/uploads_nastava/20181005_073107_vucetic_BEUS.B.Vucetic.skripta.pdf, (pristupljeno 29.06.2024.)

[4] https://www.marinelog.com/news/sovcomflot-lng-carrier-has-dual-fuel-diesel-electric-propulsion/, (pristupljeno 30.06.2024.)

[5] http://www.liquefiedgascarrier.com/advantages-electrical-propulsion-LNG-carrier.html, (pristupljeno 15.08.2024.)

POPIS SLIKA

Slika 1. Velikiy Novgorod 2
Slika 2. Prikaz izbornika 7
Slika 3. Lokalni upravljački panel glavnog generatora 1 8
Slika 4. Nadzor motora i sigurnosni sustav 9
Slika 5. Analiza tlaka u cilindru 10
Slika 6. P-ϕ dijagram 11
Slika 7. P-V dijagram 13
Slika 8. Upravljački panel pomoćne opreme glavnog generatora 1 14
Slika 9. Panel priključka na kopno 15
Slika 10. Jednopolni dijagram električne mreže 17
Slika 11. Vakuumski prekidač 19
Slika 12. Zračni prekidač 21
Slika 13. Prekidači trošila 22
Slika 14. HMI panel 24
Slika 15. Trenutne izmjerene vrijednosti prikazane na HMI panelu 24
Slika 16. Zadane vrijednosti VCB zaštite 25
Slika 17. Glavni panel generatora br. 1 26
Slika 18. Sklopni ormari sa prekidačima za generatore 1 i 2 28
Slika 19. Visokonaponski panel glavnog transformatora br. 1 29
Slika 20. Panel za mjerenje i sinkronizaciju br. 1 32
Slika 21. Povezivanje sabirnica na CB panelu br. 1. 33
Slika 22. Pripremanje dizel generatora za održavanje CB-a 35
Slika 23. Uzemljenje visokonaponskog prekidača generatora 37
Slika 24. Isklapanje VCB-a 38
Slika 25. Održavanje visokonaponskog prekidača za povezivanje sabirnice GSP-a 39
Slika 26. Niskonaponska sklopna ploča br. 1 41
Slika 27. Niskonaponska sklopna ploča br. 1 za povezivanje sabirnica GSP-a 42
Slika 28. Napojna niskonaponska sklopna ploča GSP 1 440 V 45
Slika 29. Napojna niskonaponska sklopna ploča GSP 2 440 V 48
Slika 30. Napojne niskonaponske sklopne ploče 220 V GSP br. 1 i br. 2 51
Slika 31. Pokretanje generatora preko LOP-a 60

Slika 32. Sustav upravljanja generatora 63
Slika 33. Skočni panel generatora br. 1 63
Slika 34. Panel za automatsko pokretanje i zaustavljanje 68
Slika 35. Lokalni upravljački paneli generatora za slučaj nužde 69
Slika 36. Sklopna ploča generatora za slučaj nužde 71
Slika 37. Sklopna ploča za povezivanje sabirnica ESB-a 73
Slika 38. Napojna sklopna ploča ESB 440 V 76
Slika 39. Napojna sklopna ploča ESB 220 V 78
Slika 40. Panel uputnika ESB-a 79
Slika 41. Panel za punjenje i pražnjenje akumulatora 80

POPIS KRATICA

ACB (eng. *Air circuit breaker*)	zračni prekidač
AVR (eng. *Automatic voltage regulator*)	automatski regulator napona
BBC (eng. *Bridge control console*)	upravljački panel na zapovjednom mostu
CB (eng. *Circuit breaker*)	strujni prekidač
CSBD (eng. *Cargo switchboard*)	sklopna ploča za teret
DF (eng. *Dual fuel*)	dvojno gorivo
DFDE (eng. *Dual fuel diesel electric*)	dvojno gorivo i električna propulzija
DSP (eng. *Digital signal processor*)	procesor digitalnog signala
ECR (eng. *Engine control room*)	upravljačka prostorija strojarnice
EG,E/G (eng. *Emergency generator*)	generator za slučaj nužde
ER (eng. *Engine room*)	strojarnica
EMCY (eng. *Emergency*)	u slučaju nužde
EPP (eng. *Electric power plant*)	električno pogonsko postrojenje
ESB (eng. *Emergency switchboard*)	sklopna ploča za slučaj nužde
GCU (eng. *Gas combustion unit*)	jedinica za izgaranje plina
GSP (eng. *Group starter panel*)	panel za grupne uputnike
HFO (eng. *Heavy fuel oil*)	teško gorivo
HMI (eng. *Human machine interface*)	sučelje za ljudsku interakciju
HT (eng. *High temperature*)	visoka temperatura
HV (eng. *High voltage*)	visok napon
IAS (eng. *Integrated automation system*)	integrirani sustav automatike
ICCP (eng. *Induced current cathodic protection*)	inducirana struja katodne zaštite
IGG (eng. *Inert gas generator*)	generator inertnog plina
LED (eng. *Light emitting diode*)	svjetlosna dioda
LGSP (eng. *Local group starter panel*)	panel za lokalne grupne uputnike
LNG carrier (eng. *Liquefied natural gas carrier*)	tanker za prijevoz ukapljenog plina
LO (eng. *Lube oil*)	ulje za podmazivanje
LOP (eng. *Local operation panel*)	panel za lokalne operacije
LV (eng. *Low voltage*)	nizak napon
MC (eng. *Micro controller)*	mikrokontroler
MCD (eng. *Main circuit diagram*)	glavni shematski dijagram

MG (eng. *Main generator*)	glavni generator
MDO (eng. *Marine diesel oil*)	brodsko dizelsko gorivo
MGO (eng. *Marine gas oil*)	brodsko plinsko gorivo
MSB (eng. *Main switchboard*)	glavna sklopna ploča
MVR (eng. *Manual voltage regulator*)	ručni regulator napona
PCU (eng. *Propulsion control unit*)	upravljačka jedinica pogona
PD (eng. *Power distribution*)	distribucija električne energije
PMS (eng. *Power management system*)	sustav upravljanja električnom energijom
ROP (eng. *Remote operation panel*)	udaljeni upravljački panel
TG (eng. *Turbo generator*)	turbo generator
UPS (eng. *Uninterruptible power supply*)	neprekidno napajanje
VCB (eng. *Vacuum circuit breaker*)	vakuumski prekidač