

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки
(заочна форма навчання)

Кафедра електрообладнання і автоматики суден

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

на тему:

Електрообладнання, електронна апаратура та системи
управління контейнеровоза місткістю 6724 контейнера

Виконав: студент 5 курсу, спеціалізація
271.03 Експлуатація суднового
електрообладнання та засобів автоматики

Шульга О.О.
(підпис, прізвище та ініціали)

допущений до захисту 14.12.2021
(дата малого захисту)

Зав. кафедрою: Гвоздева І.М.
(підпис, прізвище та ініціали)

Керівник: Лещенко В.В.
(підпис, прізвище та ініціали)

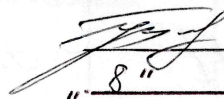
Нормоконтролер: Зеленюк С.О.
(підпис, прізвище та ініціали)

Рецензент: Муха М.В.
(підпис, прізвище та ініціали)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Інститут ННІ АТАЕМ Кафедра ЕОІ АС
Спеціальність 271 «Річковий та морський транспорт»

Затверджую
Завкафедрою


Гвоздева У.М.
"8" 11 2021 р.

ЗАВДАННЯ
ПО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ КУРСАНТА

Шеремет Олена Олександрівна
(прізвище, і'мя, по батькові)

1. Тема роботи Електрообладнання, електронка апаратура та системи управління контейнеровоза місткістю 6724 контейнера

затверджена наказом по академії від „08” 11 2021 р. № 1694

2. Строк здачі курсантом закінченої роботи 16.12.2021р

3. Вихідні дані до роботи
Контейнеровоз місткістю 6724 контейнера, електропривод насоса системи охолодження ГР, переїзди устаткованого суднового електрообладнання, суднова ком. мережа, система автоматизованого запущу АФГ

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

1. Техніко-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна. 2. Судовий електропривод насоса системи охолодження ГР. 3. Судова електроенергетична система. 4. Аналіз систем та пристроїв управління судном. 5. Планова навігаційна захисту та охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точними вказівками обов'язкових креслень)

1. Принципова схема системи управління електропривода насоса системи охолодження ГР
2. Однолінійна схема ГРМ
3. Принципова схема системи самозбудження THYRIPART
4. Функціональна схема АСУ СЕЕС
5. Принципова та блок-схеми автоматизованого запущу АФГ

6. Консультанти по роботі, з вказівками розділів роботи, що до них відносяться

Розділ	Консультант	Підпис і дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
II СAEIT	Кеусеань ВВ		
III СAEЕС	Кеусеань ВВ		
IV.1. Цивільний захист	Кеусеань ВВ		
VII			
Безпека та виживання на морі	с.г. Вилладан Розадушич О. М.	10.10.21р 	16.11.21р

7. Дата видачі завдання

12.11.2021

Керівник

(підпис)

Завдання прийняв до виконання

(підпис)

РЕФЕРАТ

Дипломна робота бакалавра: 100 с., 28 рис., 9 табл., 3 додатка,
12 джерел, 5 креслень, мова укр., англ.

У дипломній роботі були розглянуті конструктивні особливості та техніко-експлуатаційні характеристики контейнеровоза «MSC Barabara» місткістю 6724 контейнера компанії Mediterranean Shipping Company.

Виконано для системи охолодження головного двигуна(ГД) розрахунок системи керування електроприводу перетворювач частоти(ПЧ) – асинхронний двигун(АД), виконано розрахунок суднової електроенергетичної системи (СЕЕС), табличним методом була розрахована потужність та зроблений вибір числа дизель-генераторів суднової електростанції, описані синхронний генератор і його система збудження, розроблені однолінійна схеми головного і аварійного розподільних щитів, обрані засоби автоматизації СЕЕС, розроблена функціональна схема автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, проведено розгляд та аналіз принципів роботи приладів плавного пуску, виконано аналіз систем керування судною електроенергетичною установкою та суднових радіонавігаційних засобів.

Розглянуті питання технічної експлуатації суднового електроустаткування і засобів автоматизації, а також питання охорони праці на судні.

СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД, СУДНОВА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ,
ГОЛОВНИЙ СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОРОЗПОДІЛЬНИЙ ЩИТ, ІНТЕГРОВАНА
СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ

РЕФЕРАТ

Дипломная работа бакалавра: 100 с., 28 рис., 9 табл., 3 приложения,
12 источников, 5 чертежей, язык укр., англ.

В дипломной работе были рассмотрены конструктивные особенности и технико-эксплуатационные характеристики контейнеровоза «MSC Barabara» вместимостью 6724 контейнера компании Mediterranean Shipping Company.

Выполнено для системы охлаждения главного двигателя(ГД) расчет системы управления электропривода преобразователь частоты(ПЧ) - асинхронный двигатель(АД), произведен расчет судовой электроэнергетической системы (СЕЕС), табличным методом была рассчитана мощность и сделан выбор числа дизель-генераторов судовой электростанции, описаны синхронный генератор и его система возбуждения, разработаны однолинейная схемы главного и аварийного распределительных щитов, избраны средства автоматизации СЕЕС, разработана функциональная схема автоматизированной системы управления (АСУ) СЕЕС, проведено рассмотрение и анализ принципов работы приборов плавного пуска, выполнен анализ систем управления судовой электроэнергетической установкой и судовых радионавигационных средств.

Рассмотрены вопросы технической эксплуатации судового электрооборудования и средств автоматизации, а также вопросы охраны труда на судне.

СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД, СУДОВАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ, ГЛАВНЫЙ
СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЙ ЩИТ, ИНТЕГРИРОВАННАЯ
СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, АЛГОРИТМ УПРАВЛЕНИЯ

ESSAY

The graduation work of the bachelor: 100 p., 28 fig., 9 tab., 3 applications,
12 sources, 5 drawings, language Ukr., English.

The graduation work covered the design features and operational data of the "MSC BARABARA" container carrier with a capacity of 6724 containers of the Mediterranean Shipping Company.

For the cooling system of the main engine (ME) it was made calculations of the control system of the electric drive, the ship's electric power system by the table method and was made the choice of diesel generators numbers for the ship power plant, described synchronous generator and its excitation system, a diagram of the main and emergency switchboards, selected ship's electric power system automation facilities, developed a functional diagram of an automated control system (ACS) for ship's electric power system, consideration and analysis of the principles of operation of smooth starting instruments, analysis of ship management systems and ship radio navigation equipment.

Considered issues of technical operation of ship electrical equipment and automation tools, as well as labor protection issues on the vessel.

SHIP ELECTRIC DRIVE, SHIP POWER STATION, MAIN SWITCHBOARD,
INTEGRATED CONTROL SYSTEM, CONTROL ALGORITHM

Зміст

Зміст	8
Перелік умовних позначень	11
Вступ.....	13
1. Технічно-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна	14
1.1 Короткий опис судна, його корпусу та рушія, головної енергетичної установки, вантажного комплексу, допоміжних механізмів і систем	14
1.2 Вибір та обґрунтування основних параметрів СЕЕС	16
2. Судновий електропривод та система автоматизації (суднова електромеханічна система).....	18
2.1. Розрахунок потужності та вибір електродвигуна насоса заборотної води системи охолодження ГД	19
2.2 Обґрунтування і вибір схеми живлення та управління електроприводу ..	22
2.3 Розробка інструкції з експлуатації суднового електроприводу, якій розраховувався	31
3. Суднова електроенергетична система (СЕЕС)	35
3.1 Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості, потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів СЕЕС	35
3.2 Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії	37
3.3 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ	37
3.4 Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів	39

3.5 Вибір апаратів, приладів, приборів ГРЩ.....	45
3.6 Вибір системи збудження синхронних генераторів	49
3.7 Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії.....	53
3.8 Перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги	56
3.9 Вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, розробка алгоритмів управління САЕС.....	57
3.10 Загальні відомості о мережі суднового електричного освітлення, суднових сигнально-відмінних вогнів, низковольтного освітлення.	60
4. Аналіз систем та пристроїв управління судном	62
4.1 Технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем	62
4.2 Аналіз роботи системи автоматичного запуску АДГ	63
4.3 Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації, та внутрішнього зв'язку	68
4.4 ГМЗСБ і навігація.....	70
5. Питання цивільного захисту та охорони праці.....	72
5.1 Види аварійних ситуацій та їх класифікація	72
5.2 Засоби індивідуального захисту, їх види та призначення	74
5.3 Причини і джерела пожеж на судах.	76
5.4 Поводження зі сміттям на судні (збір, переробка, зберігання, скидання) для виконання вимог Додатка V Міжнародної конвенції по запобіганню забруднення з суден 1973 року, зміненої протоколом 1978 року.	79

5.4. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.....	81
Література	89
Додаток.....	91

Перелік умовних позначень

АД - асинхронний двигун.
АДГ - аварійний дизель-генератор.
АКБ - акумуляторні батареї.
АПС - аварійно-попереджувальна сигналізація.
АРН - автоматичний регулятор напруги.
АРЩ - аварійний розподільний щит.
АСЕП - автоматизована система електроприводу
АСУ – автоматизована систему управління
АЦП - аналогово - цифровий перетворювач
ВМ - виконавчий механізм.
ГРЩ - головний розподільний щит.
ГД - головний двигун
ГА - генераторний агрегат
ДГ - дизель-генератор
ЕП - електропривод
КВП - контрольно-вимірювальні пристрої
КЗ - коротке замикання
ККД - коефіцієнт корисної дії
МВ - машинне відділення
ПД - привідний двигун
ПЧ - перетворювач частоти
РЩ - розподільний щит
СД - синхронний двигун
СЕЕС - суднова електроенергетична система
СЕС - суднова електростанція
СУ - система управління
СДУ - суднова дизельна установка

СЕУ - суднова енергетична установка

ЦПК - центральний пункт керування

Вступ

Сьогодні переваги контейнеризації настільки очевидні, що вона вважається природною. Проте, потрібні десятиліття, щоб ця ідея була сприйнята. Наприклад, в 1920-30 рр. Британська залізниця експериментувала з контейнерами, але відмовилася від використання через неекономічність їх тодішньої конструкції.

Творцем контейнерної революції вважають власника автотранспортної компанії Малколма Макліна, який розпочав відправляти свої опечатані автопричепи (контейнери) на далекі відстані залізницею на платформах. Це не принесло великого успіху, і в 1955 році він придбав невелику танкерну компанію. Два танкера, що належали компанії, він переробив для перевезення своїх трейлерів. У 1956 році перше з цих судів вирушило в рейс з Нью-Йорка в Х'юстон. У той же час на Західному узбережжі США з контейнерами експериментувала компанія «Hawaiian Merchant», судно якої вийшло з Сан-Франциско в Гонолулу 31 серпня 1958 року, і яка також претендує на звання піонера контейнеризації.

Зростаючі об'єми контейнерних перевезень спонукають суднобудівну індустрію проектувати та будувати контейнеровози більшої місткості, де для живлення великої кількості різних електрифікованих механізмів і автоматики потрібні потужні судові електростанції. Все це дозволило керувати такими величезними судами без перешкод, а також зменшило витрати на їх обслуговування та експлуатацію.

1. Технічно-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна

У дипломній роботі розглядається електрообладнання, електронна апаратура та системи управління на прикладі контейнеровоза «MSC Barbara» (рис.1)



Рис. 1. Загальний вигляд контейнеровоза «MSC Barbara»

1.1 Короткий опис судна, його корпусу та рушія, головної енергетичної установки, вантажного комплексу, допоміжних механізмів і систем

«MSC Barbara» (IMO: 9226932) - це контейнерний корабель, зареєстрований під прапором Панами. Його валовий тоннаж 73819 т, а дедвейт становить 85820т. «MSC Barbara» був побудований у 2002 році. Довжина судна (LOA) становить 303,918 м, ширина 40 м. Його ємність контейнерів 6724 TEU. Корабель експлуатується MSC Mediterranean Shipping Co.

Табл. 1.1.1 – Короткі відомості про судно «MSC Barbara»

Параметри	Значення
IMO	9226932
MMSI	353775000
Callsign	HODU
Прапор (регістрація)	<i>Panama</i>
Gross Tonnage	73819
Deadweight (т)	85820
Довжина (м)	303.918
Ширина (м)	40
TEU	6724
Рік будування (рік)	2002
Будівник	HYUNDAI HEAVY INDUSTRIES
Місце будування	Ulsan Korea
Швидкість (вузл.)	24,8

Головний двигун HYUNDAI-MAN B&W 10K98MC-C з номінальними характеристиками: потужність 57100kW, 77600bhp; швидкість обертання 104 об/хв. Як випливає з назви моделі, він має 10 циліндрів, діаметр циліндра - 980 мм, також для додаткової інформації: хід поршня - 2400 мм, маса двигуна - 1797 кг. Пускова система – стиснене повітря (макс. тиск 30 бар).

Для забезпечення живлення на «MSC Barbara» є 4 дизель-генератора по 2100кВт (2625кВА) кожен та 1 аварійний дизель-генератор на 500кВт (625кВА) Ці 4 двигуни MAN B&W 9L28/32HMCR, де 8 – кількість циліндрів, L – рядний, 28/32 – циліндр. діаметр/хід, H – варіант конструкції, MCR – максимальний безперервний показник. А аварійним дизелем є модель VTA28DMGE з моделлю генератора LSAM49.1S4.

На судні встановлені два котла:

- 1) утилізаційний котел, який використовує вихлопні гази ГД для вироблення пари (вироблення пари – 4500 кг/год; робочий тиск (макс. робочий тиск) – 7(10) кг/см²Г)

- 2) допоміжний котел, який використовує паливо для виготовлення пари (вироблення пари – 6000 кг/год; робочий тиск – 7 кг/см²Г, витрата палива – 464 кг/год)

Для маневрування на нашому судні встановлено носовий підрулюючий пристрій. Він оснащений двигуном потужністю 2500 кВт і розрахований на максимальну безперервну роботу 60 хвилин. Двигун живиться змінним струмом 3300 В, 60 Гц, 3 фази, IP44, одношвидкісний, нереверсивного типу.

1.2 Вибір та обґрунтування основних параметрів СЕЕС

На «MSC Barbara» застосовують 3-фазний змінний струм і тільки в окремих випадках для живлення спеціальних приймачів використовують постійний струм. Це пояснюється тим, що електрообладнання змінного струму краще забезпечує виконання основних вимог, що пред'являються до судових електроустановок.

Основними приймачами електроенергії на судах є електродвигуни, які споживають до 80% електроенергії, що виробляється. Асинхронні трифазні електродвигуни в порівнянні з двигунами постійного струму мають менші масу (на 30-40%), габаритні розміри (на 20-30%) і вартість (у 2-4 рази), більш надійні, вимагають менших експлуатаційних витрат.

Частота змінного струму в судовій електроенергетичній системі дорівнює 60 Гц. Впровадження на судні тиристорних перетворювачів частоти дозволило забезпечити плавне і економічне регулювання частоти обертання деяких ЕП змінного струму.

Напруга, що виробляється генераторами, дорівнює 440В, що забезпечує живлення основних споживачів для цього класу судна і забезпечує необхідну потужність допоміжних систем. Для живлення двигуна підрулюючого пристрою використовують через підвищувальний трансформатор напругу 3300В, яка відповідає вимогам Регістра щодо номіналів напруг.

Для живлення побутових споживачів, освітлення та інших пристроїв, які потребують 220В, встановлені трансформатори.

2. Судновий електропривод та система автоматизації (суднова електромеханічна система)

В даній дипломній роботі розглянуто електропривод системи охолодження головного двигуна з перетворювачем частоти встановлених на судні «MSC Barbara».

До начала розрахунку треба ознайомитися з вимогами Регістру судноплавства України до насосів системи водяного охолодження [1]:

“14.1.1 Система водяного охолодження головних і допоміжних двигунів повинна бути двоконтурною: внутрішній контур, який забезпечує безпосереднє охолодження двигуна – система прісної охолоджувальної води; зовнішній контур, який забезпечує охолодження теплообмінників двигуна – система заборотної охолоджувальної води...

14.1.2 В кожному контурі допускається охолодження декількох двигунів виконувати одним насосом з незалежним приводом. У цьому випадку подача насоса повинна бути достатньою для одночасного охолодження всіх двигунів при роботі їх на максимальному навантаженні. На охолоджувальному трубопроводі перед кожним двигуном повинний бути передбачений клапан для регулювання кількості охолоджувальної води.

14.1.3 Якщо кожний з допоміжних двигунів має власний насос водяного охолодження, то резервні насоси для цих двигунів не вимагаються. Якщо для групи допоміжних двигунів передбачається загальна система охолодження, досить мати один резервний насос для внутрішнього і зовнішнього контурів. В об'єднаній системі охолодження головних і допоміжних двигунів резервні насоси для охолодження допоміжних двигунів не потрібні.

14.1.4 В установках зі знаком автоматизації в символі класу судна, а також на суднах без постійної присутності обслуговуючого персоналу в машинних приміщеннях і ЦПК чи без постійної присутності обслуговуючого персоналу в машинних приміщеннях (при періодичному технічному обслуговуванні

механічної установки) при наявності вахти в ЦПК, які не мають знака автоматизації, повинні передбачатися окремі резервні циркуляційні насоси системи прісної охолоджувальної води (внутрішнього контуру).

14.1.5 Як резервні охолоджувальні насоси, крім насосів, зазначених в 14.1.4, можуть застосовуватися баластні, осушувальні або інші насоси загальносуднового призначення, які використовуються тільки для чистої води. Застосування для цієї мети пожежних насосів допускається за умови виконання вимоги 4.3.2 частини V Правил.

14.1.6 В незалежній системі охолодження і змащення дейдвудних підшипників забортною водою повинний бути передбачений резервний насос з подачею не менше подачі основного насосу. Як резервний насос може бути використаний будь-який насос забортної води загальносуднового призначення.”

2.1. Розрахунок потужності та вибір електродвигуна насоса забортної води системи охолодження ГД

Система водяного охолодження дизельних установок, як правило, двоконтурна. Вона складається із замкнутої системи внутрішнього контуру, вода якої охолоджує дизель, та відкритої системи зовнішнього контуру, в якій через холодильник циркулює забортна вода. В даний час насоси внутрішнього та зовнішнього контурів, як правило, входять у комплект поставки дизельної установки.

Для даної дипломної роботи зроби розрахунок потужності та вибір електродвигуна насоса системи охолодження. Для цього знайдемо подачу насоса внутрішнього контуру [3] за формулою:

$$Q_{\text{нз}} = K_3 \cdot \frac{Q_B \cdot 10^{-3}}{c_B \cdot \rho_B \cdot \Delta t_B} \quad (2.1.1)$$

де:

Q_{H3} – продуктивність насоса внутрішнього контуру;

$K_3 = 1,2$ – коеф. запасу подачі води;

$\Delta t_B = 10$ – різниця температур води на виході з дизеля та на вході до нього, °C;

$C_B = 4,19$ – теплоємність прісної води, кДж/(кг·°C);

$\rho_B = 1,0$ – щільність прісної води, т/м³;

Q_B – кількість теплоти, що відбирається водою внутрішнього контуру від охолоджуваних деталей ГД, кДж/ч;

$$Q_B = a_B \cdot g_e \cdot N_e \cdot Q_H^P \quad (2.1.2)$$

де:

$a_B = 0,12$ (для дизелів з наддувом) - частка тепла, що відводиться водою від кількості теплоти, що виділяється при згорянні палива в циліндрах двигуна;

$g_e = 0,17$ кг/(кВт·год) – питома витрата палива (згідно інструкції до ГД);

$N_e = 57100$ кВт – потужність головного двигуна;

$Q_H^P = 42,7 \cdot 10^3$ кДж/кг – питома теплота згоряння дизельного палива.

Тепер розрахуємо кількість теплоти, що відбирається водою внутрішнього контуру від охолоджуваних деталей ГД:

$$Q_B = 0,12 \cdot 0,17 \cdot 57100 \cdot 42,7 \cdot 10^3 \approx 49,74 \cdot 10^6 \text{ кДж/год} \quad (2.1.3)$$

Звідси продуктивність насоса внутрішнього контуру дорівнює:

$$Q_{H3} = 1,2 \cdot \frac{49,74 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}}{4,19 \cdot 1 \cdot 10} \approx 1425 \text{ м}^3/\text{год} \quad (2.1.4)$$

Отримав показник продуктивності, виберемо наступний насос:

Shinko SVA400 з характеристиками:

- частота обертання – 1800 об/хв,
- продуктивність - 1700 м³/год .

Характеристики двигуна насоса:

- номінальна напруга 440В;
- номінальний струм 247А;
- потужність 150 кВт;
- $\cos \varphi = 0,87$.

RATING CHARTS

For Cooling Sea Water Pumps and Cooling Fresh Water Pumps (SVA)

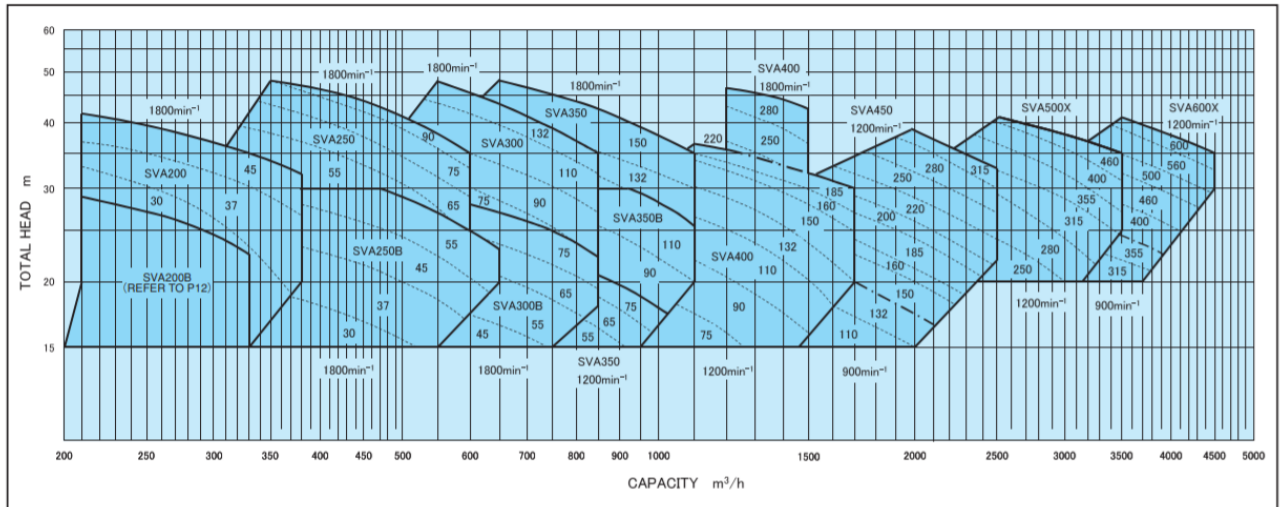


Рис. 2.1.1 – Вибір насоса за його продуктивністю

Vertical single-stage double-suction upward-opening

COOLING FW & SW PUMPS

SHINKO

SVA

APPLICATIONS

Cooling sea water pumps	Cooling fresh water pumps
Turbo generator condenser C.S.W. pumps	Vacuum condenser C.S.W. pumps
Inert gas scrubber C.S.W. pumps	Reliquefaction C.F.W. pumps
Central cooling sea water pumps	Central cooling fresh water pumps
Ballast pumps	Others

GENERAL CHARACTERISTICS (DOUBLE SUCTION)

Item	Model	SVA 200	SVA 250B	SVA 250(A)	SVA 300B	SVA 300(A)
Rotation		Clockwise when viewed from the driver				
Suction bore (mm)		200	250	250	300	300
Discharge bore (mm)		200	250	250	300	300
Stuffing box seal		Gland packing or Mechanical seal				
Weight : CI(BRZ)	(kg)	310(360)	260(300)	400(460)	315(350)	510(570)
Water filled in casing	(kg)	51	76	90	101	125

Item	Model	SVA 350B	SVA 350(A)	SVA 400(A)	SVA 450	SVA 500X	SVA 600X
Rotation		Clockwise when viewed from the driver					
Suction bore (mm)		350	350	400	450	500	600
Discharge bore (mm)		350	350	400	450	500	600
Stuffing box seal		Gland packing or Mechanical seal					
Weight : CI(BRZ)	(kg)	380(420)	675(730)	1050(1160)	1450(1600)	1640(1800)	2160(2370)
Water filled in casing	(kg)	126	195	315	438	668	850



Рис. 2.1.2 – Загальні механічні характеристики насосів

2.2 Обґрунтування і вибір схеми живлення та управління електроприводу

На судні використовується основне живлення 440В змінного струму, тому доцільно використовувати таку ж саму напругу і для електропривода, не використовуючи трансформатори. Живлення подається через струмообмежуючий вимикач.

Для керування двигуном будемо використовувати частотний перетворювач. Використання частотно-регульованого приводу надає великі можливості при розробці та експлуатації обладнання. А зокрема:

1. Зниження шуму і рівня вібрації: використання насоса зі змінною частотою обертання означає, що насоси не будуть використовуватися протягом тривалого періоду для роботи з постійною частотою обертання, що дозволяє уникати резонансних явищ в трубопроводах.
2. Зниження ризику гідроударів і кавітації: дане явище, яке виникає в результаті різкої зміни частоти обертання, не виникає в приводах з частотним регулюванням завдяки плавному розгону і уповільнення механізму.
3. Заміна двошвидкісних та інших, вже застарілих пристроїв регулювання частоти обертання з низьким ККД.
4. Термін експлуатації робочого колеса залежить від частоти обертання, тому зниження частоти обертання збільшує термін служби обладнання.
5. Управління частотою обертання дозволяє використовувати насос з високим ККД. Експлуатація поза оптимальної робочої зони зменшує термін служби підшипників і ущільнень насоса.

Традиційні способи управління витратою води полягають у зміні ефективного поперечного перерізу трубопроводу, по якому відбувається переміщення текучого середовища. Найбільш часто для цих цілей використовуються клапани, засувки та вентилі. Однак найбільш суттєва

економія енергії порівняно з традиційними способами може бути отримана при використанні частотно-регульованого приводу.

Функціональна схема системи охолодження має вигляд:

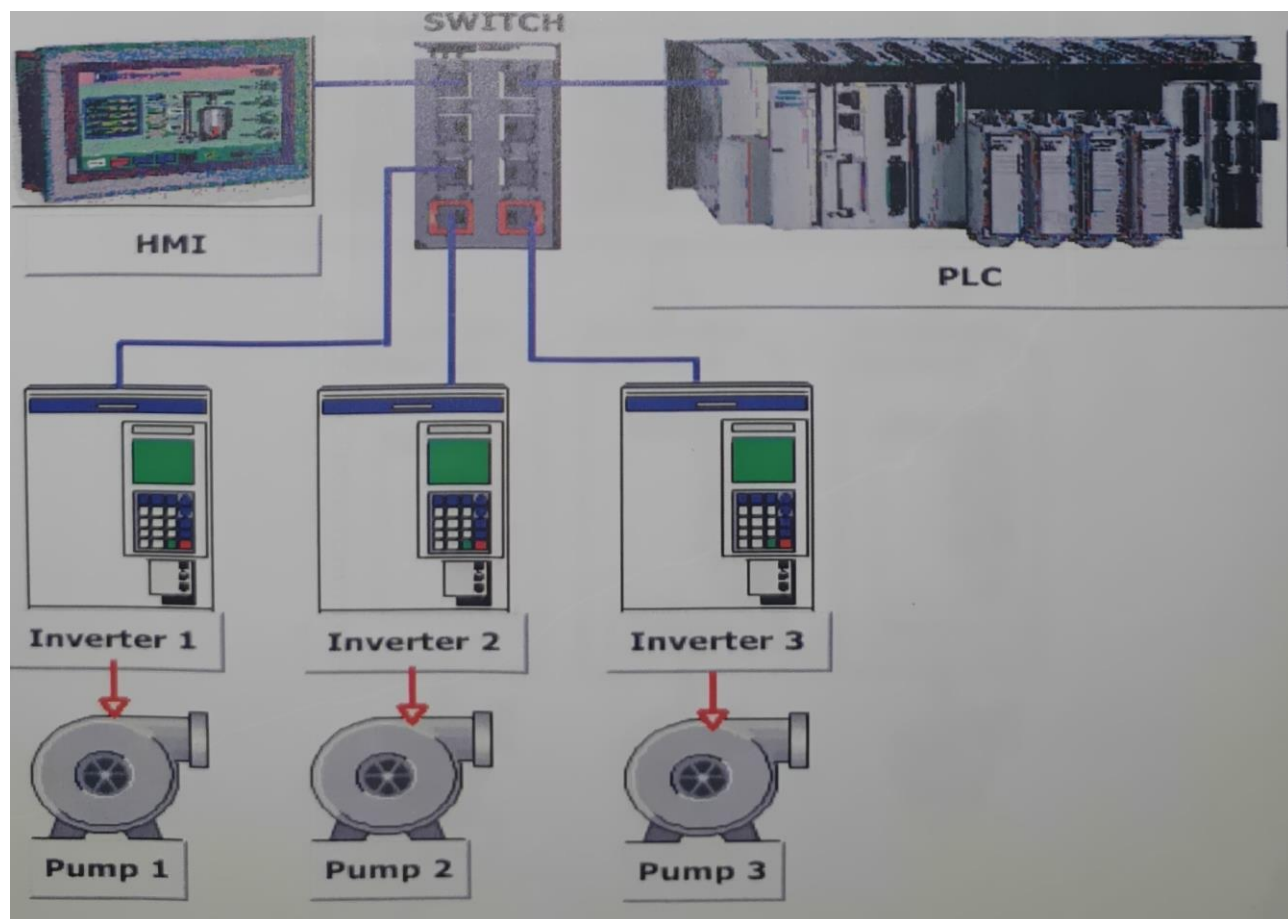


Рис. 2.2.1 - Функціональна схема системи охолодження ГД

Система складається, по суті, з інверторної панелі, що складається з трьох абсолютно окремих секцій, встановлених поблизу насосів заборотної води у Е/Р (машинне відділення), панелі PLC (Programmable Logic Controller), встановленої в ЕСР (кімната керування машинного відділення), також встановлені вимикачі на GSP. Три стартери з інвертора, по суті, спрямовані на зменшення та оптимізації споживання електрики та палива.

PLC панель робить моніторинг системи в ручному режимі та регулювання роботу під час автоматичного режиму. Деякі основні тривоги та параметри контролю можуть бути встановлені в певних межах.

PLC відповідає за керування та моніторинг системи в автоматичному режимі, HMI (Human-Machine Interface, операторська панель) панель, яка розташована на GSP панелі, використовується для взаємодії з PLC та його логікою, а також для налаштування заданих меж та різних параметрів, що стосуються автоматичної експлуатації системи. Три перетворювача частоти керують насосами для отримання енергозбереження.

Кожен стартер оснащений електромеханічною логікою відновлення після знеструмлення, у випадку відключення живлення стартерів, коли струм з'являється знову, вони готові до автоматичного перезапуску, і це відбувається в будь-якому режимі роботи, а саме: автоматичному, ручному, локальному, дистанційному.

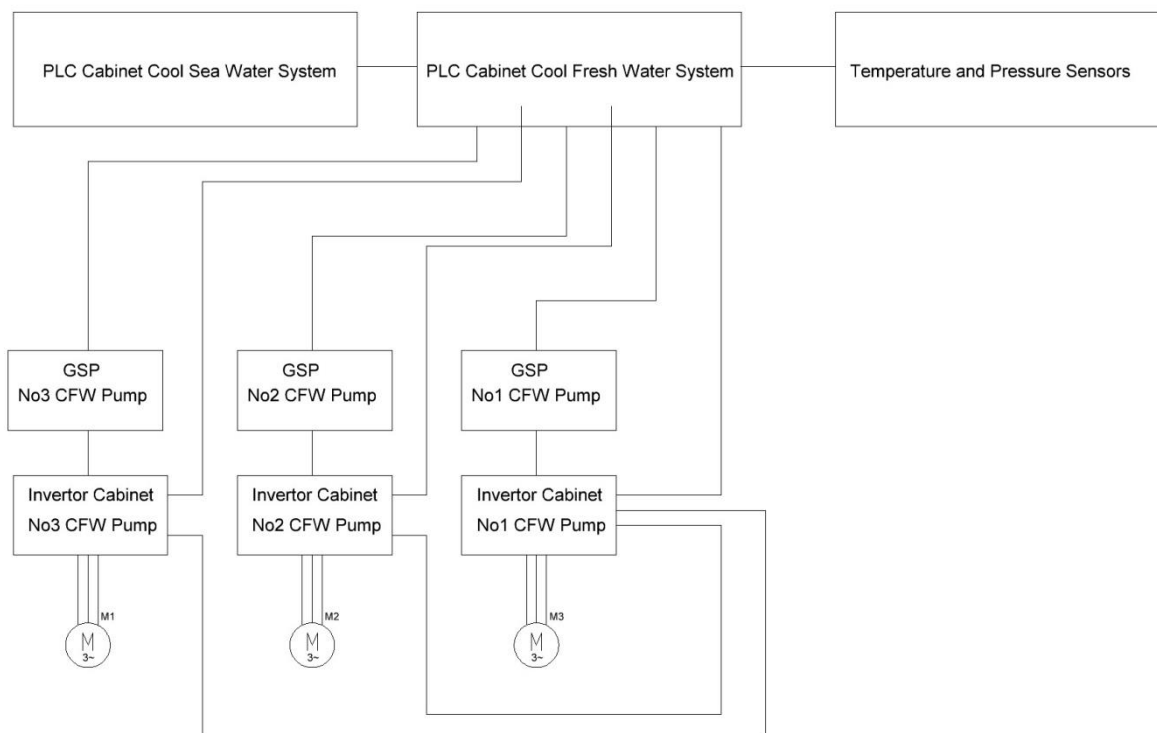


Рис. 2.2.2 – Структурна схема системи охолодження ГД

Отже, система складається з трьох двигунів, які з'єднані з одним своїм перетворювачем частоти. Всі перетворювачі підключені до PLC-панелі, де відбувається керування процесом. Також для керування процесом до цієї панелі підводяться різноманітні датчики температури та тиску. Можна побачити, ще одну PLC-панель, де керується процес охолодження забортною водою.

Схема живлення має вигляд:

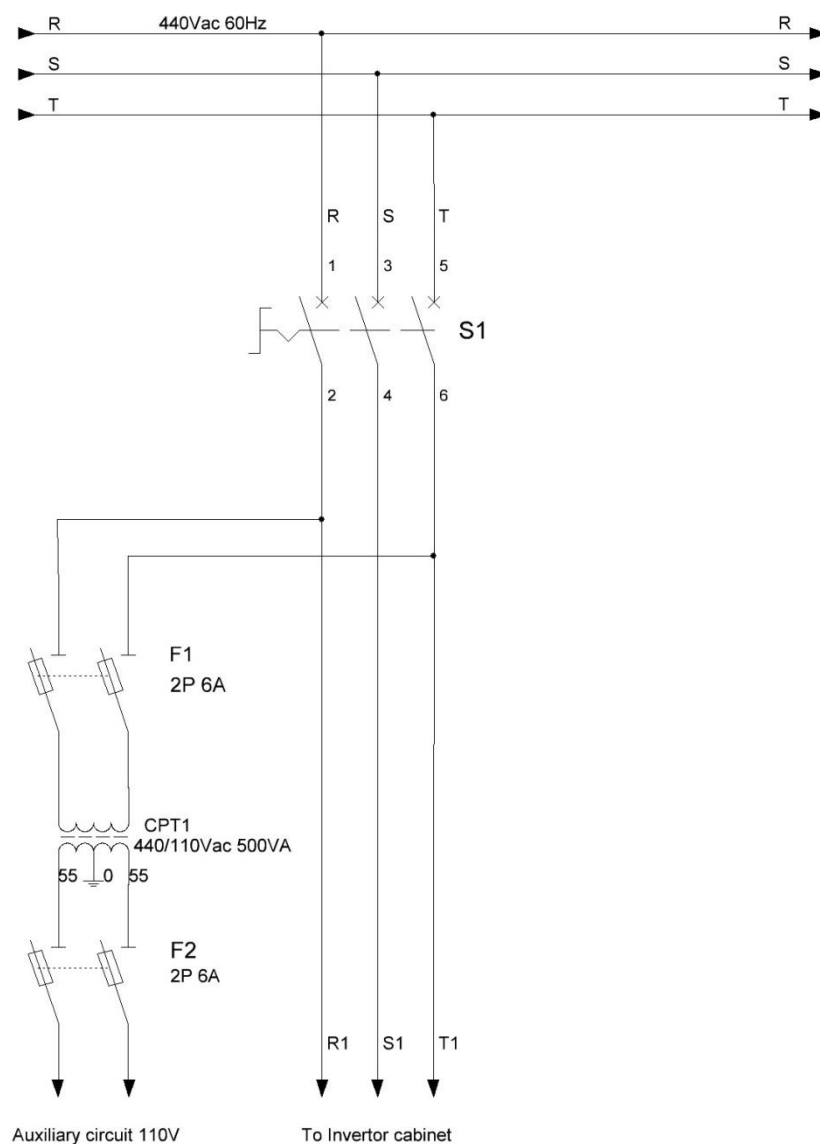


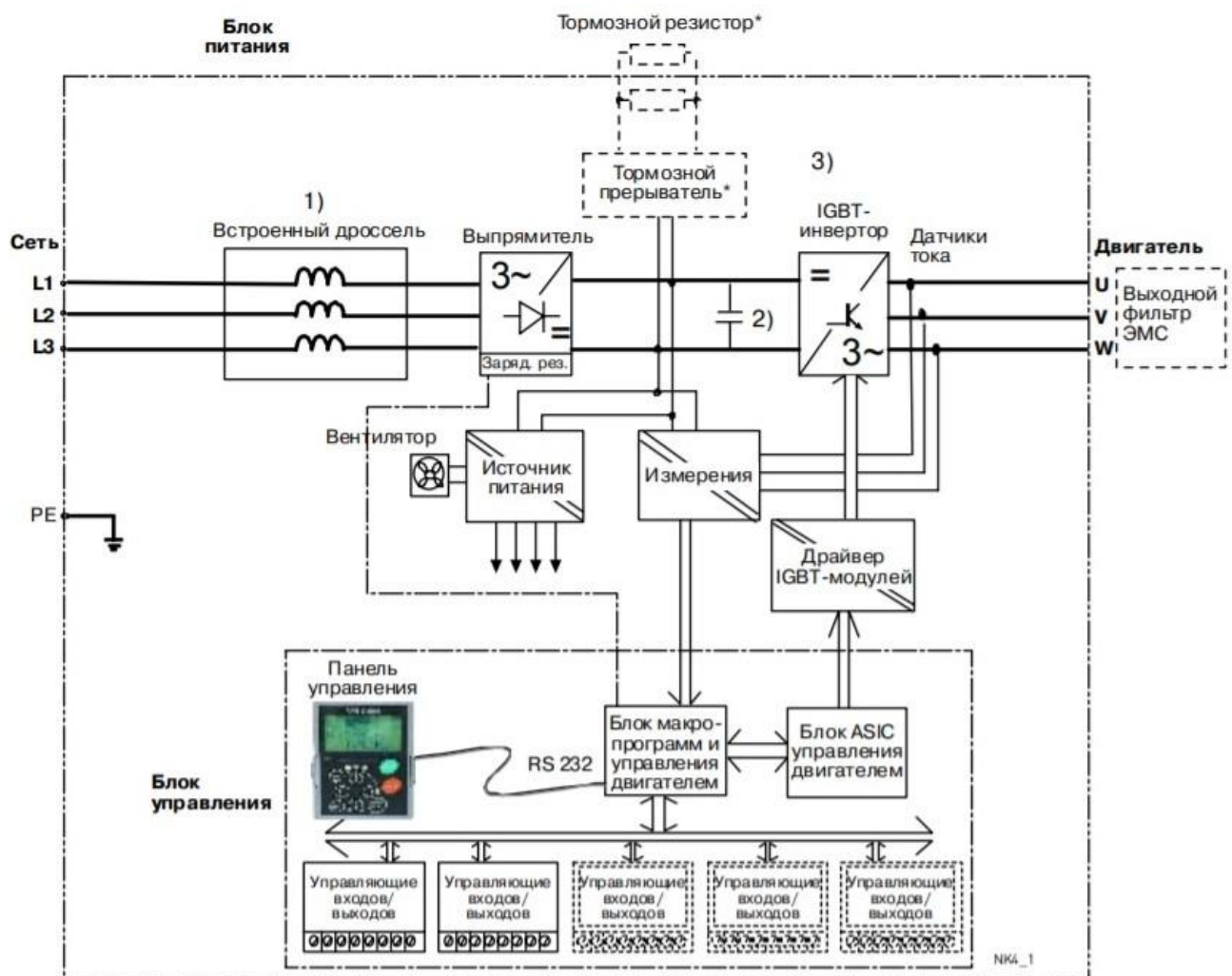
Рис. 2.2.3 – Схема силової частини в GSP-панелі

Напруга живлення системи 440В змінного струму, 60Гц (рис.2.2.3). Живлення для керування та моніторингу складає 110В змінного струму, яке подається через знижувальний трансформатор (CPT1). Основний вимикач системи в GSP є Terasaki TL-400E на 400А (рис.2.2.4). Знижувальний трансформатор ТМІ 500VA 440V/55-0-55V 450VA/0-15V 50VA. Також перед та після цього трансформатора підключені однакові двополюсні автоматичні вимикачі Switch Fuse 2P 6A.



Рис. 2.2.4 - Автоматичний вимикач Terasaki TL-400E

Для зміни частоти обертання нашого електропривода використовується VACON Frequency converter 500Vac 150kW 300A. На сайті виробника можемо знайти функціональну схему перетворювача [5] (рис. 2.2.5).



*Тормозной резистор является встроенным оборудованием для типоразмеров FR4—FR6 (NX_2 и NX_5). Для всех остальных типоразмеров с классами напряжения NX_2 и NX_5, так же как и со всеми другими классами напряжения, тормозные резисторы доступны как опция и устанавливаются только снаружи. Тормозной прерыватель является стандартным оборудованием для типоразмеров FR4—FR6. Для типоразмеров FR7—FR9 тормозной прерыватель является опциональным элементом.

Рис. 2.2.5 – Функціональна схема перетворювача частоти VACON

Конструктивно перетворювач частоти складається з двох основних блоків - силового блоку і блоку управління. На вході, з боку мережі, трифазний дросель змінного струму (1) і конденсатор ланки постійного струму (2) утворюють LC-фільтр, який в поєднанні з випрямним мостом забезпечує постійну напругу постійного струму на вході IGBT-інверторного моста (3).

Дросель змінного струму фільтрує як високочастотні перешкоди з боку мережі, так і перешкоди, що генеруються перетворювачем. Крім того, дросель

змінного струму покращує форму кривої струму на вході перетворювача частоти.

Потужність, споживана перетворювачем частоти з мережі, є практично активною. IGBT-інверторний міст створює симетричне 3-фазну змінну напругу живлення двигуна, регульоване методом широтно-імпульсної модуляції (ШІМ).

Принципова схема силової частини електроприводу та схема його системи управління на рис. 2.2.6.

Розглянемо значення виводів на перетворювачі:

1. L1, L2, L3 – клеми для підключення входної напруги 440Vac, 60Hz. Як зазначалось вище, вхідний фільтр всередині корпусу перетворювача. Цей фільтр покликаний пригнічувати перешкоди, що генеруються випрямлячем і ШІМ-інвертором перетворювача частоти, захищаючи таким чином мережу.
2. U, V, W – клеми для підключення електродвигуна. Двигун підключено через фільтр X1 (dU/dt Filter 350A). Цей фільтр захищає сам двигун від перешкод, що генеруються ШІМ-інвертором частотного перетворювача. Послідовність прямокутних пульсацій з високою швидкістю наростання на виході з ПЧ з регульованою шириною і частотою імпульсу може в ряді випадків становити небезпеку для ізоляції статора електродвигуна і створювати додаткове навантаження. Основне призначення фільтрів dU / dt - знизити крутизну наростання фронту імпульсу міжфазного напруги на клеммах двигуна, усунути вищі гармонійні складові, забезпечити, при необхідності, збільшення довжини сполучної силової лінії між перетворювачем частоти і електродвигуном, мінімізувати негативний вплив «ефекту відбитої хвилі напруги» на двигун.
3. Зв'язок з PLC виконан за допомогою крученої пари по протоколу ModBus TCP/IP. Modbus — комунікаційний протокол, заснований на технології master-slave. Широко застосовується в промисловості для організації зв'язку між електронними пристроями. Може використовувати

для передачі даних через послідовні лінії зв'язку RS-485, RS-422, RS-232, а також мережі TCP/IP (Modbus TCP).

4. R01, R02 – релейні виходи. R01 - індикаторна лампа “RUN”, R02 - індикаторна лампа “FAULT”.
5. AI2-, AI2+ аналоговий вхід, для керованого зв'язку з іншим ПЧ.
6. DIN1, DIN2, DIN3 – дискретний вхід ($R_i = \text{Мін. } 5 \text{ кОм}$ 18—30 В = «1»).
На GSP-панелі кнопка “START” та індикаторна лампа “SOURCE”.
7. DIN4, DIN5 - дискретний вхід ($R_i = \text{Мін. } 5 \text{ кОм}$ 18—30 В = «1»). Для керуючого сигналу на зменшення чи збільшення частоти.
8. AO1-, AO1+ - аналоговий вихід. В даному випадку на амперметр.

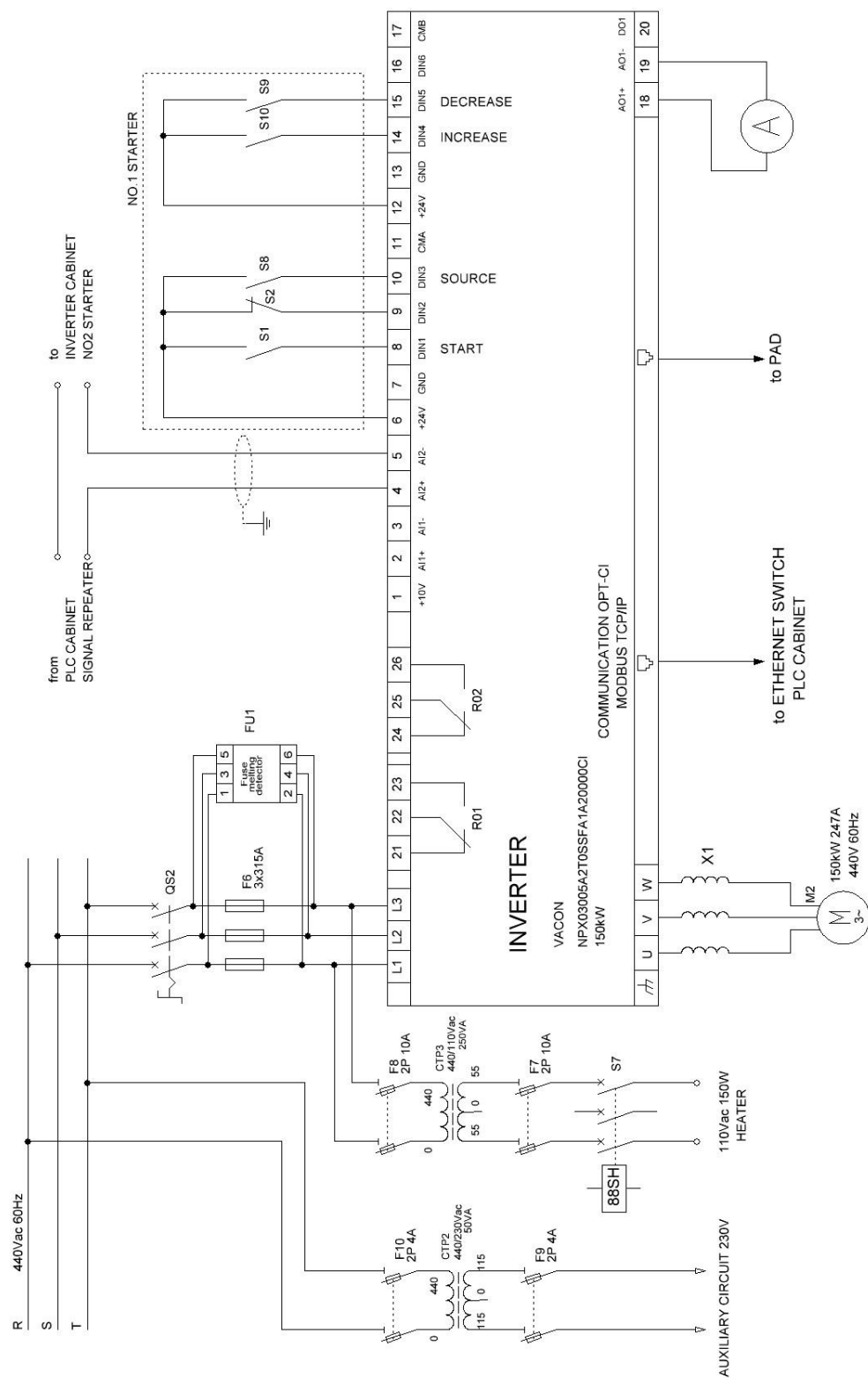


Рис. 2.2.6 - Принципова схема силової частини електроприводу та схема його системи управління

2.3 Розробка інструкції з експлуатації суднового електроприводу, якій розраховувався

Панель управління є пристроєм, що дозволяє користувачеві безпосередньо працювати з перетворювачем частоти. На панелі управління перетворювача частоти Vacon NXP розташований буквено-цифровий дисплей з сімома індикаторами режиму роботи: RUN (РОБОТА), (НАПРЯМОК ОБЕРТАННЯ), READY (ГОТОВНІСТЬ), STOP (ВИМИКАННЯ), ALARM (ПОПЕРЕДЖЕННЯ), FAULT (ВІДМОВА), і три індикатори для поста управління: I / O term (Плата вводу / виводу), Keypad (Панель управління), BusComm (інтерфейсна шина). Є також три світлодіодні індикатори стану (зелений - зелений - червоний), опис див. Нижче.



Рис. 2.3.1 - Панель управління ПЧ VACON NXP та індикатори стану привода

Символи стану приводу інформують користувача про режим роботи перетворювача частоти і двигуна, а також про порушення, виявлені програмою управління двигуном, в роботі перетворювача частоти або двигуна (рис.2.3.2):

1	RUN (РАБОТА)	=	Двигатель работает. Мигает, если была дана команда остановки, но частота еще не упала до нуля.
2		=	Указывает направление вращения двигателя.
3	STOP (ОСТАНОВ)	=	Двигатель остановлен.
4	READY (ГОТОВНОСТЬ)	=	Горит при подаче питания от источника переменного тока. В случае отказа символ не выводится.
5	ALARM (ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ)	=	Предупреждение о том, что привод работает с нарушением ограничений режима.
6	FAULT (ОТКАЗ)	=	Указывает на то, что при работе возникла опасная ситуация, в результате чего привод был остановлен.

Рис. 2.3.2 - Символы стану привода

Розробимо інструкцію по введенню в експлуатацію нашого електропривода:

Виконайте тест запуску без двигуна.

1. Виконайте тест **A** або тест **B**:

A Управління від клем плати входів/виходів:

- 1) Встановіть перемикач Start/Stop (Пуск/Зупинка) у положення Start (Пуск).
- 2) Змініть опорне значення частоти (потенціометром).
- 3) У меню моніторингу (Monitoring, M1) перевірте, щоб значення вихідної частоти змінювалося відповідно до зміни опорного значення частоти.
- 4) Встановіть перемикач Start/Stop (Пуск/Зупинка) у положення Stop (Зупинити).

B Управління я з панелі управління:

- 1) Переведіть керування з клем входів/виходів на панель керування. Нижче наведено схему зміни поста управління.

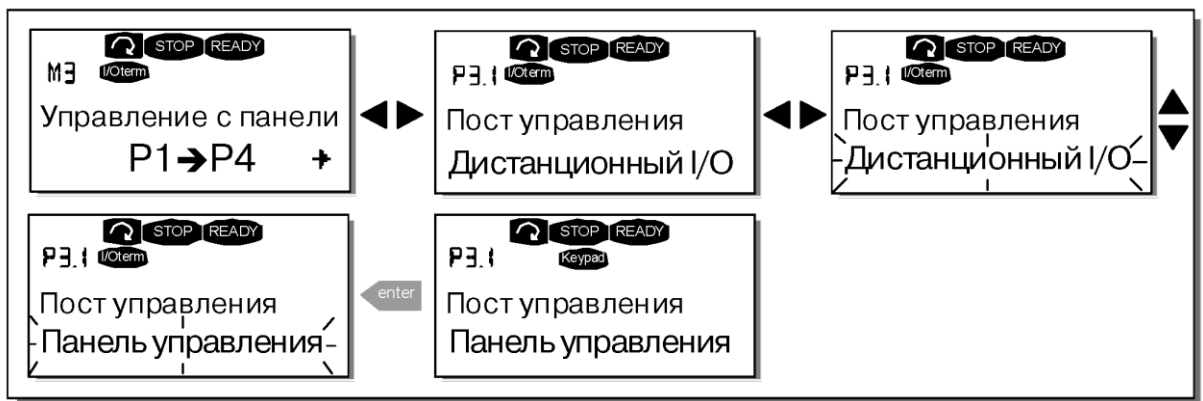


Рис. 2.3.3 - Схема зміни поста управління

2) Натисніть кнопку Start (Пуск).

start

3) Перейдіть до підменю «Завдання частоти» на панелі керування та змініть

опорну частоту за допомогою кнопок перегляду  

4) У Меню Моніторингу M1 перевірте, щоб значення вихідної частоти змінювалося відповідно до зміни опорного значення частоти.

5) Натисніть Кнопку Stop (Зупинка)

stop

на панелі управління.

2. Якщо можливо, проведіть пробний запуск перетворювача частоти без приєднання двигуна. Якщо такої можливості немає, забезпечте безпеку проведення кожного тесту до виконання. Попередьте персонал про проведення випробувань.

1) Вимкніть джерело живлення та зачекайте, поки привід не зупиниться.

2) Приєднайте кабель двигуна до двигуна та клем перетворювача частоти.

3) Переконайтеся, що всі перемикачі Start/Stop (Пуск/Зупинка) перебувають у положенні Stop (Зупинка). Включите питание сети.

4) Увімкніть живлення мережі.

5) Повторіть тест А або В.

3. Проведіть пробний запуск із підключеним двигуном (якщо до цього випробування проводилися з відключеним двигуном)

- a) Перед проведенням тестів переконайтеся, що вжито всіх необхідних заходів щодо безпеки.
- b) Попередьте персонал про проведення випробувань.
- c) Повторіть тест **A** або **B**.
- d)

3. Суднова електроенергетична система (СЕЕС)

Суднова електроенергетична система - це сукупність суднових пристроїв, призначена для виробництва, перетворення, розподілу електроенергії та харчування нею суднових приймачів (споживачів). СЕЕС складається з трьох основних частин: суднові електричні станції, силова електрична мережа і мережа приймачів.

3.1 Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості, потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів СЕЕС

Для розрахунку будемо використовувати табличний метод розрахунку, який вважається порівняно простим і універсальним. Цей метод дуже докладно описан в підручнику [6]. Розрахунок ведеться з урахуванням наступних режимів роботи судна:

- 1) ходовий режим;
- 2) маневровий режим;
- 3) аварійний режим (пожежа)
- 4) стоянка з вантажними операціями, стоянка без вантажних операцій.

Перелік споживачів електроенергії, їх потужності і кількості наведено у таблиці Додаток 1-3.

Згідно потужності у додатку 4 обираємо чотири дизель-генератора HYUNDAI HF J5 712-14K-EB та аварійний дизель VTA 28 DMGE з генератором LSAM49.1S4.

Таблиця 3.1.1 — Паспортні данні генераторів

Генератор	Модель	Потужність, кВт	Об/хв	Напруга, В	Частота, Гц
Основний	HYUNDAI HF J5 712-14K-EB	2100	720	АС 440	60
Аварійний	LSAM49.1S4	500	1800	АС 440	60

Тоді остаточна таблиця навантажень має вигляд:

Таблиця 3.1.2 — Підсумкова таблиця навантажень

Classification	Normal sea going	At Port		At Load/ Unload	At Harbor	At Emergency	
		Without Thruster	With Truster			Black Out	Fire
Total Load (with Reefer Container)	4900,3	5625,1	8134,4	4245,3	889,7	51,1	98,3
(without Reefer Container)	1700,3	2425,1	4934,4	1045,3	889,7		
Load Factor (with Reefer Container)	77,80%	89,30%	96,80%	67,40%	42,40%	10,20%	19,70%
(without Reefer Container)	81,00%	57,70%	78,30%	49,80%	42,40%		
No. of Generators (with Reefer Container)	3 x DG	3 x DG	4 x DG	3 x DG	1 x DG	E/G	E/G
(without Reefer Container)	1 x DG	2 x DG	3 x DG	1 x DG	1 x DG		

Отримав данні потужностей всіх режимів, ми можемо використовувати три ДГ робочі і один резервний під час маневрів без урахування рефрижераторних контейнерів. Під час вибору кількості та потужності ДГ прийнято допущення, дивлячись на реально чинні судна, що рефрижераторні контейнери не беруться в урахування розрахунку, вважаючи, що їх можна відключати на деякий час у разі необхідності.

3.2 Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії

Акумулятори, які ми використовуємо на судні, показані в таблиці 3.2.1.

Таблиця 3.2.1 - Перелік типів акумуляторів

Кіл	Тип	Напруга, В	Ємність, Ач	Споживач	Розміщення
2	10НКН-100	12	100	GMDSS	Пеленгаторна
2	10НКН-100	12	100	General UPS	ЦПУ
4	6СТК-135	12	135	АДГ	АДГ
2	5НКН-60	12	60	Alarm monitoring system	Мостик

3.3 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ

Для даного судна застосуємо радіальну (фідерну) систему розподілу електроенергії. Це схема, при якій відповідальні і потужні споживачі електроенергії отримують живлення безпосередньо від ГРЩ, а решта від розподільних щитів (РЩ), які в свою чергу отримують живлення від ГРЩ. До ГРЩ також підключається автомат АРЩ, до якого підключені особливо відповідальні споживачі, який відключається при втраті напруги на шинах.

Визначимо фідери групових і одиночних споживачів, які підключаються безпосередньо до ГРЩ:

- АРЩ (рульова машина, механізми, що забезпечують рух судна, шлюпочная лебідка, Електронавігаційні прилади, сигнальні та відмінні вогні, сигналізація, зв'язок, прилади керування судном, аварійне освітлення, мале аварійне освітлення);

- невідповідальні споживачі 1 ступіня (вентилятори загальносуднової вентиляції, охолоджуючі насоси системи кондиціонування, конденсаційний агрегат кондиціонера, насос кондиціонера, нагнітач системи підсушування повітря, вентилятор системи підсушування повітря);
- невідповідальних споживачі 2 ступінь (камбузна плита, електрообладнання камбуза та ін.)
- електроприводи в МКО (маслоперекачувальний насос, насос брудного масла і палива, сепаратор масла, дренажний насос, насос випарника брудних конденсатів, конденсаційний насос, насос перекачування палива, насос перекачування води котла, верстати майстерень, фекальний насос, осушувальний насос, насос питної води, санітарний насос заборотної води);
- електроприводи палуби (шпиль, брашпиль, кран електричний, вантажна лебідка);
- освітлення (ліфт, освітлення МКО, освітлення кают, освітлення палуб і службових приміщень);
- насос заборотної води охолодження ГД;
- насос охолодження форсунок ГД;
- насос мастила ГД;
- нагнітаючий насос котла;
- вентилятор котла;
- циркуляційний насос опріснення;
- компресор пускового повітря;
- пожежний насос;
- аварійний пожежний насос;
- баластно-осушувальний насос;

- підрулюючий пристрій;
- насос прісної води охолодження головного двигуна;
- форсуночний насос котла;
- насос санітарної заборотної води;
- валоповоротного пристрій.

3.4 Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів

Величина струму короткого замикання визначає вибір комутаційної і захисної апаратури на розподільчих пристроях, а також міцність конструкції розподільних пристроїв і окремих елементів. При цьому особливу увагу слід приділяти величиною ударного струму короткого замикання, яка визначає електродинамічну стійкість апаратури і шин розподільних пристроїв. У зв'язку з цим при виборі комутаційної і захисної апаратури в судових електроенергетичних системах проводиться перевірка на електродинамічну стійкість від дії ударного струму короткого замикання.

Розрахунок виконується за методикою визначення періодичної складової струму короткого замикання в залежності від всього опору кола короткого замикання по кривих загасання періодичної складової струму короткого замикання.

Виходячи з номінального струму генератора 3367,9 А вибираємо 20 паралельно прокладених кабелів ТРҮС-120. Реактивний та активний опір 1 км цього кабелю є 0.15 Ом та 0.09 Ом. Тому реактивний опір ділянки кабелю довжиною 20 м з урахуванням 20 паралельно прокладених кабелів буде:

$$X_K = \frac{0.15 \cdot 0.02}{20} = 0.00015 \text{ (Ом)} \quad (3.4.1)$$

Активний опір ділянки кабелю довжиною 20 м з урахуванням 20 паралельно прокладених кабелів буде:

$$r_K = \frac{0.09 \cdot 0.02}{20} = 0.00009 \text{ (Ом)} \quad (3.4.2)$$

Розрахунок виконується по методиці визначення періодичної складової струму короткого замикання в залежності від усього опору цепі короткого замикання по кривим затухання періодичної складової струму короткого замикання. Криві затухання періодичної складової струму короткого замикання побудовані по середнім параметрам генераторів з самозбудженням (рис.3.4.1).

Початкові дані для розрахунку:

$P = 2625 \text{ кВА}$ – повна потужність генераторів;

$x''_d = 0,15$ – надперехідний реактивний опір по продольній осі;

$r_a = 0,015$ – активний опір обмотки статора генератора;

$r_{ав} = 0,0002 \text{ Ом}$ – активний опір автоматів;

$r_K = 0,00009 \text{ Ом}$ – активний опір ділянки кабельної мережі;

$x_K = 0,00015 \text{ Ом}$ – реактивний опір ділянки кабельної мережі;

$r_{ш} = 0,00006 \text{ Ом}$ – активний опір ділянки шини на розподільних пристроях;

$x_{ш} = 0,000027 \text{ Ом}$ – реактивний опір ділянки шини на розподільних пристроях;

$r_{п.к} = 0,00003 \text{ Ом}$ – активний опір перехідних контактів;

Визначення базисних величин:

$$\text{базисна потужність:} \quad S_{\sigma} = S \cdot n; \quad (3.4.3)$$

$$S_{\sigma} = 2625 \cdot 4 = 10500 \text{ (кВА)};$$

де $n=4$ – кількість генераторів;

$$\text{Базисна напруга:} \quad U_{\sigma} = 440 \text{ В};$$

$$I_{\delta} = \frac{P_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}}; \quad (3.3.3)$$

$$I_{\delta} = \frac{10500 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 440} \approx 13778 \text{ (A)}; \text{ де } I_{\delta} \text{ - базисний струм}$$

$$X_{\Sigma} = X_{\kappa} + X_{u}; \quad (3.4.4)$$

$$X_{\Sigma} = 0,00015 + 0,0005 = 0,00065 \text{ (Ом)}; \text{ де } X_{\Sigma} \text{ - сумарний реактивний опір}$$

$$R_{\Sigma} = r_{\kappa} + r_{u} + r_{a.\delta}; \quad (3.4.5)$$

$$R_{\Sigma} = 0,00009 + 0,0005 + 0,0005 = 0,00109 \text{ (Ом)}; \text{ де } R_{\Sigma} \text{ - сумарний активний опір}$$

$$X_{\delta} = \frac{X_{\Sigma} \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\delta}}{U_{\delta}}; \text{ де } X_{\delta} \text{ - базисний реактивний опір} \quad (3.4.6)$$

$$X_{\delta} = \frac{0,00065 \cdot \sqrt{3} \cdot 13778}{440} \approx 0,035 \text{ (Ом)};$$

$$R_{\delta} = \frac{R \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\delta}}{U_{\delta}}; \quad (3.4.7)$$

$$R_{\delta} = \frac{0,00109 \cdot \sqrt{3} \cdot 13778}{440} \approx 0,06 \text{ (Ом)}; \text{ де } R_{\delta} \text{ - базисний активний опір}$$

Надперехідний реактивний опір генератора по продольної осі у базисних величинах

$$\left. \begin{aligned} X_{d_1\delta}'' &= X_{d_2\delta}'' = X_{d_3\delta}'' = \frac{X_{d_1}'' \cdot P_{\delta}}{P}; \\ X_{d_1\delta}'' &= X_{d_2\delta}'' = X_{d_3\delta}'' = \frac{0,18 \cdot 13778}{2100} = 0,84 \text{ (Ом)}; \\ r_{a_1\delta}'' &= r_{a_2\delta}'' = r_{a_3\delta}'' = \frac{r_{a_1} \cdot P_{\delta}}{P}; \\ r_{a_1\delta}'' &= r_{a_2\delta}'' = r_{a_3\delta}'' = \frac{0,012 \cdot 10500}{2100} = 0,06 \text{ (Ом)}; \end{aligned} \right\} \quad (3.4.8)$$

Визначимо повний опір кожного променя трипроменевою схеми

$$Z_{1\delta} = r_{a\delta}'' + jX_{d\delta}'' + r_{\delta} + jX_{\delta}; \quad (3.4.9)$$

$$Z_{1\delta} = 0,06 + j0,84 + 0,06 + j0,035 = 0,12 + j0,565 \text{ (Ом)};$$

Наведемо трипроменеву схему до однопроменевої, тому що ЕРС всіх паралельно працюючих генераторів при розрахунку струмів короткого замикання прийняті однакові. Отже повний опір:

$$Z_{1,2,3\delta} = \frac{Z_{1,2\delta}}{3}; \quad (3.4.10)$$

$$Z_{1,2,3\delta} = \frac{(0,12 + j0,565)}{3} = 0,04 + j0,19;$$

Визначимо розрахунковий опір:

$$Z_{расч} = Z_{1,2,3\delta} \cdot \frac{P_{\Sigma}}{P_{\delta}} = \sqrt{(r_{1,2,3\delta})^2 + (X_{1,2,3\delta})^2} \cdot \frac{P_{\Sigma}}{P_{\delta}}; \quad (3.4.11)$$

$$Z_{расч} = Z_{1,2,3\delta} \cdot \frac{P_{\Sigma}}{P_{\delta}} = \sqrt{(0,029)^2 + (0,19)^2} \cdot \frac{10500}{10500} = 0,19 \text{ (Ом)};$$

З графіка 3.3 по кривим загасання $I_{nt} = f(Z_{расч})$ для $Z_{расч} = 0,19$ Ом знаходимо кратність величини періодичної складової струму короткого замикання для часу $t = 0$ сек: $I_{nt=0}'' = 5,6$.

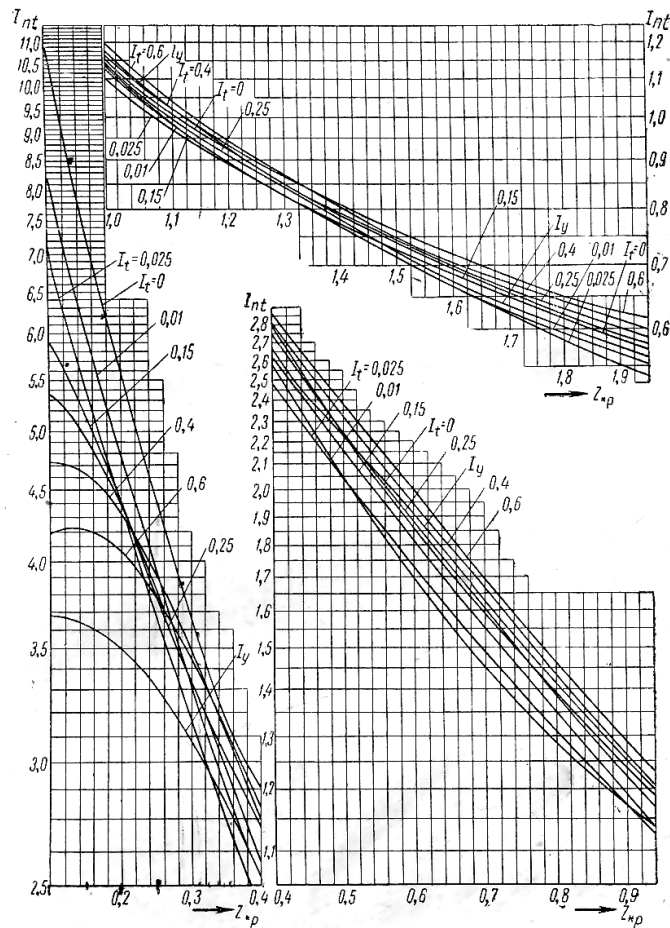


Рис.3.4.1 - Розрахункові криві струму короткого замикання для генератора з самозбудженням

Ударний коефіцієнт визначається з графіку:

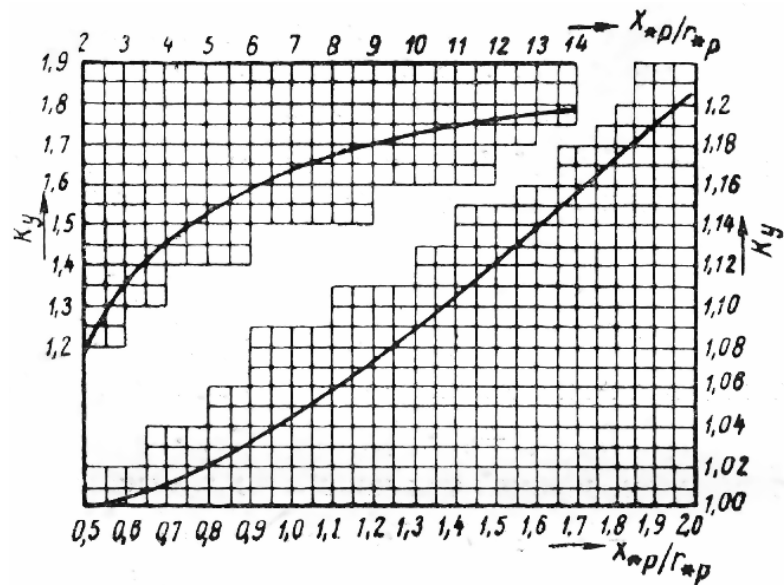


Рис. 3.4.2 - Графіки кривих зміни ударного коефіцієнту K_y

Ударний коефіцієнт визначається за графіком на рис. 3.4.2

в залежності від величини $\frac{X_{\text{экв.б}}}{r_{\text{экв.б}}}$,

визначимо відношення: $\frac{X_{\text{экв.б}}}{r_{\text{экв.б}}} = \frac{0,19}{0,029} = 6,5$

Згідно графіку $k_y = 1,6$;

Ударний струм короткого замикання визначається за формулою

$$i_{pz} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{pt=0} \cdot I_{\sigma}; \quad (3.4.12)$$

$$i_{pz} = 1,6 \cdot \sqrt{2} \cdot 5,6 \cdot 13778 \approx 174586 \text{ (A)}$$

Таким чином ударний струм короткого замикання на відстані точки короткого замикання на фідерах від розподільних пристроїв 20м при паралельній роботі 4 генераторів становить $i_{pz} = 175$ кА. Таким чином, вибираємо низьковольтні автоматичні вимикачі типу Merlin Gerin NW 40b серії Masterpact фірми Schneider.



Рис. 3.4.3 – Зовнішній вигляд Merlin Gerin NW 40b

З такими даними:

Номінальний струм автомата - 4000 А;

Номінальна напруга - 440 В;

Ударний струм - 220кА;

Межі уставок на струм спрацьовування - (2:8) розчеплювача;

Уставка на час спрацьовування - 0.1 с;

Термічна стійкість - $3000 \cdot 10^6 A^2 s$.

3.5 Вибір апаратів, приладів, приборів ГРЩ

Розглянемо, які вимоги Регістра судноплавства України до апаратів, приладів, приборів ГРЩ [2]:

4.6.4 Комутаційні електричні апарати і вимірювальні прилади.

4.6.4.1 Апарати, вимірювальні та контрольні прилади, що належать до відповідних генераторів та інших значних відповідальних пристроїв, необхідно встановлювати на розподільних пристроях, що належать до цих генераторів і пристроїв.

Ця вимога може бути не виконана для генераторів, якщо є центральний пульт керування, на якому встановлені комутаційна апаратура і вимірювальні прилади кількох генераторів.

а) Для кожного генератора постійного струму повинні встановлюватися на головному і аварійному розподільних щитах по одному амперметру і вольтметру.

б) Для кожного генератора змінного струму повинні бути встановлені на головному розподільному щиті та для аварійного генератора - на аварійному розподільному щиті такі вимірювальні прилади:

- .1 амперметр з перемикачем для вимірювання струму в кожній фазі;
- .2 вольтметр з перемикачем для вимірювання фазних або лінійних напруг;
- .3 частотомір (допускається застосування одного зведеного частотоміра для генераторів, що працюють паралельно, з перемикачем на кожний генератор);
- .4 ватметр (для потужності понад 50кВ-А);
- .5 інші необхідні прилади.

с) Для суден з установкою малої потужності, на яких не передбачається паралельна робота генераторів, допускається встановлювати на головному і аварійному розподільних щитах один комплект вимірювальних приладів, передбачених у **4.6.4.2** і **4.6.4.3**, що забезпечують можливість вимірювань на кожному встановленому генераторі.

д) У ланцюгах відповідальних споживачів із номінальним струмом від 20А і більше повинні встановлюватися амперметри. Ці амперметри допускається встановлювати на головному розподільному щиті або біля постів керування. Допускається установлення амперметрів із перемикачами, але не більше ніж на 6 споживачів.

е) На головному розподільному щиті у фідері живлення від зовнішнього джерела електричної енергії повинні бути передбачені:

- .1 комутаційні та захисні пристрої;
- .2 вольтметр або сигнальна лампа;
- .3 пристрій захисту від обриву фаз.

ф) На головних і аварійних розподільних щитах для кожної мережі ізольованих систем повинний бути встановлений перемикальний або для кожної мережі окремий пристрій для вимірювання та індикації опору ізоляції.

Струм витоку на корпус, зумовлений роботою вимірювального пристрою, у будь-яких випадках не повинний перевищувати 30мА.

Повинна бути передбачена візуальна і звукова сигналізація про недопустиме зниження опору ізоляції.

На суднах без постійної вахти в машинному приміщенні така сигналізація повинна встановлюватися також у центральному посту керування судном.

г) Вимірювальні прилади повинні мати шкали із запасом по поділках, що перевищують номінальні значення вимірюваних величин.

Слід застосовувати вимірювальні прилади з межами шкал не менше ніж такі:

- .1 вольтметри - 120% номінальної напруги;

.2 амперметри для генераторів, що не працюють паралельно, і споживачів - 130% номінального струму;

.3 амперметри для генераторів, що працюють паралельно, - межа шкали струму навантаження 130% номінального струму і межа шкали зворотного струму 15% номінального струму (останнє тільки для генераторів постійного струму);

.4 ватметри для генераторів, що не працюють паралельно, - 130% номінальної потужності;

.5 ватметри для генераторів, що працюють паралельно, - межа шкали потужності навантаження 130% і межа шкали зворотної потужності 15%;

.6 частотоміри - $\pm 10\%$ номінальної частоти.

h) Номінальні напруги, струми і потужності ланцюгів гребної електричної установки і генераторів повинні бути відзначені на шкалах вимірювальних приладів чітко видимими позначками.

i) Там, де можливо, вимикачі повинні встановлюватися і підключатися до шин таким чином, щоб у положенні «вимкнено» рухомі контакти і вся пов'язана з вимикачем захисна і контрольна апаратура не перебували під напругою.

j) Якщо в ланцюгах розподільних щитів установлюються вимикачі із запобіжниками, запобіжники повинні бути обов'язково розташовані між шинами і вимикачами.

Запобіжники в розподільних щитах, установлених на фундаменті на рівні настилу, повинні бути розташовані на рівні не нижче ніж 150 і не вище ніж 1800мм від настилу.

Відкриті частини розподільних щитів, що перебувають під напругою, повинні бути розташовані на висоті не менше ніж 150мм над настилом.

k) Запобіжники в розподільних щитах повинні встановлюватися таким чином, щоб доступ до них був легким і заміна плавких вставок не викликала небезпеки для обслуговуючого персоналу.

l) Запобіжники, що захищають полюси або фази одного ланцюга, повинні бути встановлені поруч горизонтально або вертикально з урахуванням конструкції запобіжника.

Взаємне розташування запобіжників у ланцюзі змінного струму відповідно до послідовності фаз повинне бути зліва направо або згори до низу.

У ланцюзі постійного струму запобіжник позитивного полюса повинний бути розташований ліворуч, вгорі або ближче до обслуговуючого персоналу.

m) Ручні приводи регуляторів напруги, встановлених на головному або аварійному розподільному щиті, повинні розташовуватися поблизу вимірювальних приладів, що належать до відповідних генераторів.

n) Амперметри генераторів постійного струму із змішаним збудженням, призначених для паралельної роботи, повинні бути встановлені в ланцюг полюса, не сполученого зі зрівняльним проводом.

o) Для підключення рухомих або обмежено рухомих приладів повинні застосовуватися багатодротові гнучкі проводи.

p) Органи керування комутаційних електричних апаратів, панелі, відхідні електричні ланцюги на розподільних щитах, вимірювальні прилади повинні мати написи. Комутаційні положення апаратів повинні бути позначені. Крім того, повинна бути зазначена номінальна сила струму встановлених запобіжників і вимикачів, а також уставки автоматичних вимикачів і електро-теплових реле.

q) Кожний ланцюг, що відходить від розподільного щита, повинний бути забезпечений вимикачем, який відключає усі полюси і/або фази. Вимикачі можуть не встановлюватися у вторинних розподільних коробках освітлення, що мають спільний вимикач, а також у колах приладів, пристроїв блокування і сигналізації, місцевого освітлення щитів, захищених запобіжниками.

Враховуючи ці вимоги обираємо наступні КВП (контрольно-вимірювальні пристрої):

- 1) Амперметри:
 - a) $0 \div 4000 \text{ A}$;
 - b) $0 \div 400 \text{ A}$;
 - c) $0 \div 600 \text{ A}$;
 - d) $0 \div 1250 \text{ A}$;
 - e) $0 \div 750 \text{ A}$;
- 2) вольтметри:
 - a) $0 \div 600 \text{ В}$;
 - b) $0 \div 300 \text{ В}$;
- 3) кіловатметри $-200 \div 3000 \text{ кВт}$;
- 4) частотоміри $55 \div 65 \text{ Гц}$;
- 5) мегомметри $0 \div \infty \text{ МОм}$;

3.6 Вибір системи збудження синхронних генераторів

Обрані генератори фірми HYUNDAI в главі 3.1 мають систему збудження THYRIPART.

Принципову схему візьмемо з інструкції від виробника [7] (рис.3.6.1).

Процес регулювання напруги в системі «Thyripart» здійснюється за комбінованим принципом (за відхиленням та збуренням одночасно). Регулювання збурення виконано за допомогою трансформатора компаундування. Регулювання відхилення виконано за допомогою тиристорного регулятора (регулятора напруги), який виконує роль коректора напруги. Через тиристорний регулятор здійснюється негативний зворотний зв'язок по напрузі шляхом відбору потужності обмотки збудження основного генератора. При відключенні тиристорного регулятора струм збудження генератора $G1$ збільшується, що призводить до підвищення напруги на генераторі.

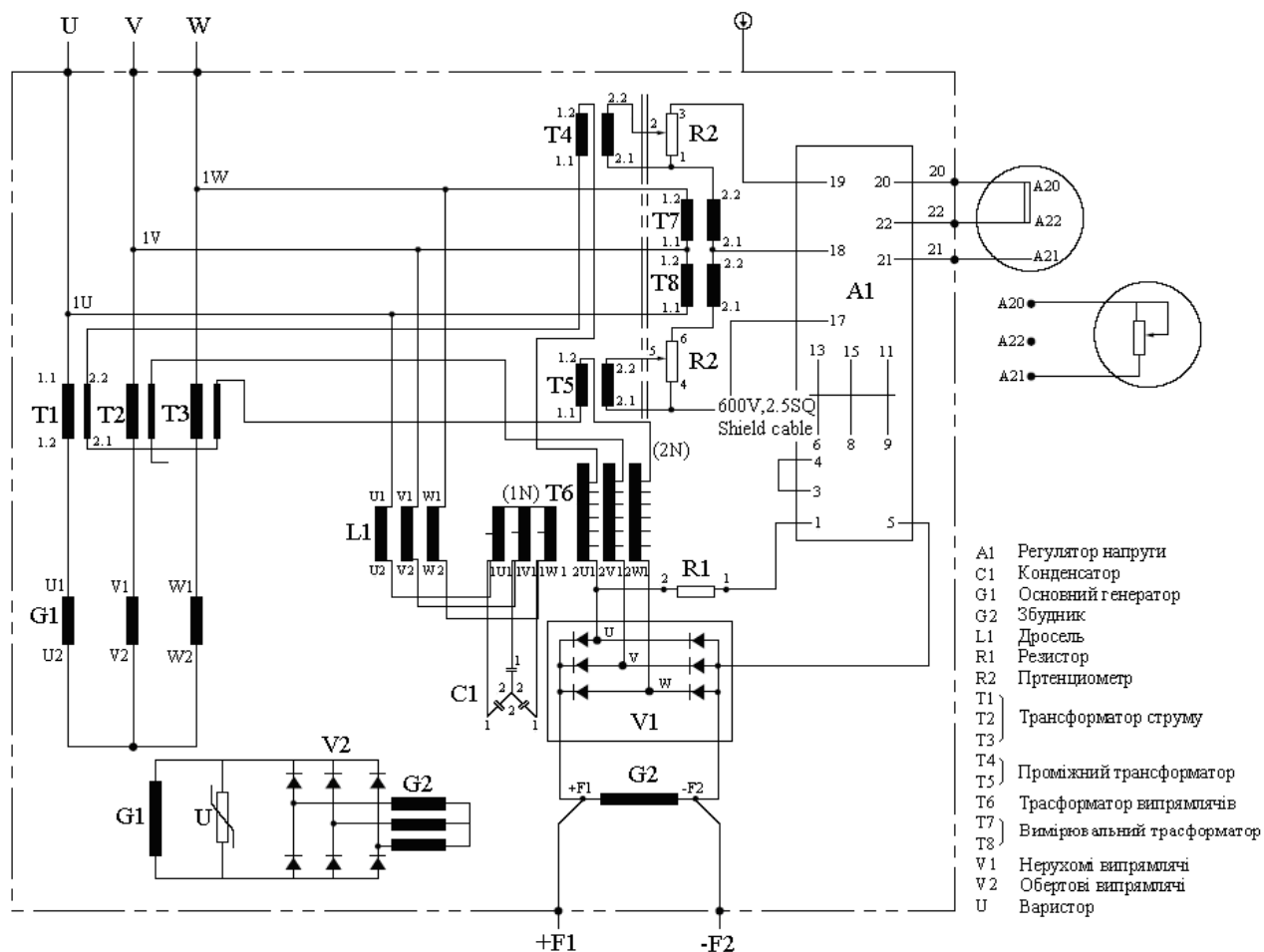


Рис. 3.6.1 – Принципова схема системи збудження THYRIPART

Контур системи збудження, що працює по обуренню, складається з двох каналів - напруги і струму. Канал напруги виконаний на базі трансформатора Т6, на первинну обмотку якого (1N) надходить напруга генератора, а з вторинної обмотки (2N) знімається змінна ЕРС, яка випрямляється випрямлячем V1 і подається на обмотку збудження збудника G2. У його трифазних обмотках наводиться змінна ЕРС, яка випрямляється обертковим випрямлячем V2 і подається на обмотку збудження генератора G1. Послідовно з первинною обмоткою трансформатора Т6 включений реактор L1, що виконує роль компаундіруючого елемента. Система забезпечує надійне самозбудження генератора від залишкової напруги завдяки застосуванню конденсаторів C1.

Струмовий канал виконаний на базі трансформаторів струму Т1, Т2, Т3, вторинні обмотки яких підключені до однієї з секцій вторинних обмоток Т6

трансформатора. У даній схемі має місце електричне підсумовування сигналів каналів струму та напруги, які підключені послідовно і відбувається підсумовування напруг, пропорційних напрузі та струму навантаження генератора. Підсумовування виконується на вторинній обмотці Т6 трансформатора.

Регулювання по відхиленню здійснюється через регулятор напруги А1. Регулювання напруги здійснюється за рахунок зміни відбору потужності за допомогою тиристора, який підключається паралельно обмотці збудження збудника G2 і знаходиться всередині регулятора. При збільшенні кута відкриття тиристора відбір потужності зменшується, а при зменшенні кута відкриття, відбір потужності збільшується. Зменшення кута відкриття тиристора призведе до того, що збільшиться період часу, коли обмотка збудження буде зашунтувати (закорочена) і середнє випрямлена напруга на ній зменшиться. Струм збудження збудника зменшиться, це призведе до зменшення напруги на трифазної обмотці збудника і до зменшення струму збудження основного генератора і відповідно до зменшення напруги на генераторі G1.

На вхід регулятора напруги (клеми 17, 18, 19) подається справжнє значення напруги генератора, виміряний за допомогою трансформаторів напруги Т7, Т8. У регуляторі це напруга перетвориться в керуючі імпульси, які відмикають тиристор відбору потужності, розташований в самому регуляторі. За допомогою тиристора клеми 1 і 5 регулятора А1 закорочуються.

Погоджують трансформатори Т4 і Т5 подають на вхід регулятора напруги сигнал, пропорційний струму навантаження генератора, і забезпечують автоматичний розподіл реактивної навантаження генераторів по статичному закону регулювання. Напруги вторинних обмоток трансформаторів Т4 і Т5 підсумовуються з напругою вторинних обмоток трансформаторів Т7 і Т8 на вході регулятора напруги А1.

Варистор U представляє напівпровідниковий резистор, опір якого нелінійно залежить від прикладеної напруги. При збільшенні прикладеної напруги опір зменшується. Варистор служить для гасіння поля генератора при КЗ, відключенні генератора.

Розглянемо роботу автоматичного регулятора напруги. Коли генератор працює, тиристорний регулятор напруги контролює напругу генератора до заданого опорного значення. Зміни частоти через характеристики спаду первісного двигуна не впливають на точність вихідної напруги генератора. Конструкція та налаштування головної машини, збудника, обладнання збудження, тиристорного регулятора напруги та селектора опорних значень дозволяють поступово змінювати вихідну напругу генератора від 95% до 105% номінальної напруги за допомогою потенціометра U_{sol} в усталених умовах і за відсутністю навантаження до номінального навантаження та отримувати коефіцієнти потужності від 0,8 до одиниці, якщо інше не зазначено на заводській таблиці.

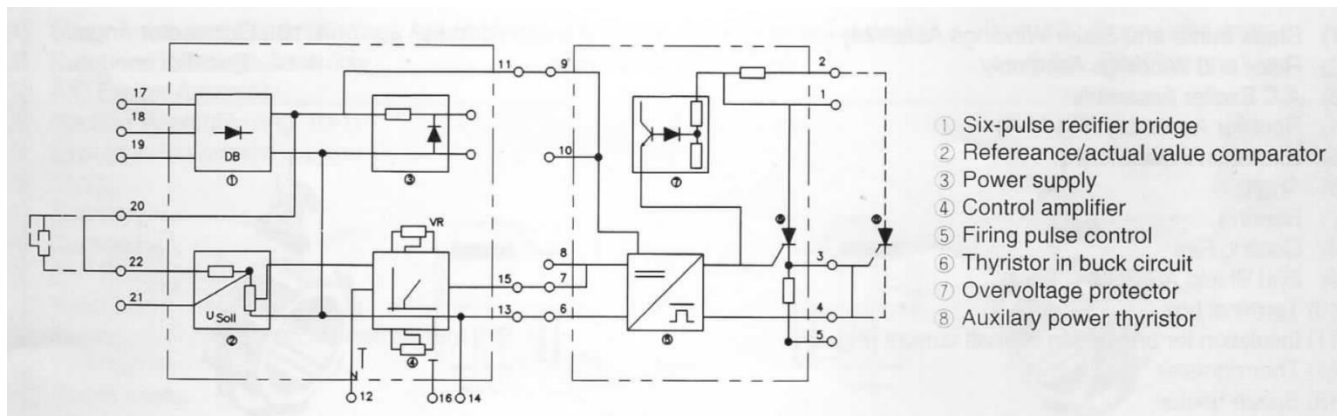


Рис. 3.6.2 – Функціональна схема АРН

Фактична функція регулятора напруги полягає в забезпеченні байпасу для змінної частини струму, що подається обладнанням збудження для управління напругою генератора. Модуль тиристорного регулятора складається з двох

вузлів: модуля регулятора та модуля спрацьовування з тиристором у схемі понижування.

Трифазна генераторна напруга знижена до 24В за допомогою трансформаторів вимірювальної схеми та подається на клеми 17, 18 і 19. Постійна напруга приблизно 30 В (вивід 20 до клеми 13 або 14) виробляється на виході з випрямного моста. Ця випрямлена напруга забезпечує фактичне значення імпульсу і живлення на керуючий підсилювач. Модуль регулятора подає на вихід 15 керуючу напругу приблизно від 1 до 10В, що пропорційно контрольному відхиленню. Залежно від опорного потенціалу клеми 16, на клему 12 компаратора керуючого підсилювача можна подати додатковий імпульс постійного струму, наприклад, для керування реактивною потужністю в паралельній роботі. Для налаштування на рівень сигналу необхідно припаяти реостат до наявних паяльних контактів.

3.7 Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії

Найбільш потужним споживачем являється підрулюючий пристрій але беручи до уваги трансформатор напруги, розрахунки в результаті дуже складні. Тому беремо найбільш потужний споживач без трансформатора – мастильний насос. Параметри АД необхідні для розрахунку падіння напруги: $P_{\text{дв}}=362\text{кВт}$, $U_{\text{дв}}=440\text{В}$, $K_{\text{пуск}}=4$.

Методика розрахунку наведена в [8].

Індуктивний опір двигуна

$$x_{\text{дв}} = \frac{P_z}{K_{\text{пуск}} \cdot P_{\text{дв}}} \cdot \left(\frac{U_{\text{дв}}}{U_z} \right)^2 = \frac{2100}{4 \cdot 362} \cdot \left(\frac{440}{440} \right)^2 \approx 1,45 \text{ о.е.} \quad (3.7.1)$$

Коефіцієнт, що характеризує переведення ЕРС генератора в перехідний період E'_d в початкову напругу

$$K_1 = \frac{x_{\partial\partial}}{x_{\partial\partial} + x'_d} = \frac{1,45}{1,45 + 0,327} \approx 0,816 \text{ o.e.}, \quad (3.7.2)$$

де $x'_d = 0,327$ – опір генератора у перехідний період.

З урахуванням K_1 $U_{\text{нач}} = E'_d \cdot K_1$.

Коефіцієнт, що характеризує переклад ЕРС генератора в період E_d , що встановився, в напругу, що встановилися, без АРН в кінці пуску двигуна $U_{\text{уст.о}}$

$$K_2 = \frac{x_{\partial\partial}}{x_{\partial\partial} + x_d} = \frac{1,45}{1,45 + 3,278} \approx 0,307 \text{ o.e.}, \quad (3.7.3)$$

де $x_d = 3,278$ – опір генератора у встановлений період.

З урахуванням K_2 $U_{\text{уст.о}} = E_d \cdot K_2$.

Оскільки навантаження сталося на генератор, який працював на холостому ході, то у відносних одиницях можна прийняти, що $U_{\text{хх}} = 1$. Тоді $E'_d = 1$ та $E_d = 1$. В цьому випадку

$$U_{\text{нач}} = K_1 = 0,816 \text{ o.e.}$$

$$U_{\text{уст.о}} = K_2 = 0,307 \text{ o.e.}$$

Обчислюємо мінімальний час $t_{\min}$ досягнення генератором мінімальної напруги $U_{\min}$ при дії АРН:

$$t_{\min} = \tau'_d \cdot \ln \left(\frac{U_{\text{нач}} - U_{\text{уст.о}}}{K_2 \cdot K \cdot \tau'_d} + 1 \right) = 0,16 \cdot \ln \left(\frac{0,816 - 0,307}{0,307 \cdot 25 \cdot 0,16} + 1 \right) = 0,34 \cdot \ln 1,4145 \approx 0,056 \text{ c} \quad (3.7.4)$$

где $K = 25$ – коефіцієнт, що характеризує величину стельної напруги обмотки збудження; для генераторів із самозбудженням $K = 15 \dots 30$;;

$\tau'_d = 0,16$ с – постійна часу обмотки збудження генератора при замкнутій обмотці статора.

Обчислюємо мінімальну напругу $U_{\min}$, яку досягне генератор в результаті розмагнічування при пуску потужного асинхронного двигуна та дії АРН.

$$\begin{aligned}
U_{\min} &= U_{\text{уст.0}} + (U_{\text{нач}} - U_{\text{уст.0}}) \cdot e^{-t_{\min}/\tau'_d} + K_2 K \left[t_{\min} - \tau'_d \left(1 - e^{-t_{\min}/\tau'_d} \right) \right] = \\
&= 0,307 + (0,816 - 0,307) \cdot e^{-0,056/0,16} + 0,307 \cdot 25 \left[0,056 - 0,16 \left(1 - e^{-0,056/0,16} \right) \right] = \\
&= 0,307 + 0,509 \cdot 0,705 + 0,068 \approx 0,733 \text{ о.е.}
\end{aligned} \tag{3.7.5}$$

За наявності мінімальної напруги $U_{\min}$ можна визначити максимальний провал напруги при пуску потужного АД, тобто

$$\Delta U_{\max} = (1 - U_{\min}) \cdot 100 = (1 - 0,733) \cdot 100 = 26,7\% \tag{3.7.6}$$

Це значення майже вдвічі перевищує допустимий Українським морським реєстром 15-процентний провал напруги. Тому застосовуємо метод пуску при двох паралельно працюючих генераторах. Їхня сумарна потужність 4200кВт.

Опір двигуна

$$x_{\text{дв}} = \frac{4200}{4 \cdot 362} \approx 2,9 \text{ о.е.} \tag{3.7.7}$$

Коэффициенти K_1 и K_2

$$K_1 = \frac{2,9}{2,9 + 0,327} \approx 0,9 \text{ о.е.}; \tag{3.7.8}$$

$$K_2 = \frac{2,9}{2,9 + 3,278} \approx 0,47 \text{ о.е.}; \tag{3.7.9}$$

Опори генератора в перехідний період x'_d і в період x_d , що встановився, залишаються незмінними, згідно доказам у [8].

$$U_{\text{нач}} = K_1 = 0,9 \text{ о.е.}; \quad U_{\text{уст.о}} = K_2 = 0,47 \text{ о.е.}$$

$$t_{\min} = 0,16 \cdot \ln \left(\frac{0,9 - 0,47}{0,47 \cdot 25 \cdot 0,16} + 1 \right) \approx 0,033 \text{ с.} \tag{3.7.10}$$

$$\begin{aligned}
U_{\min} &= 0,47 + (0,9 - 0,47) \cdot e^{-0,033/0,16} + 0,47 \cdot 25 \left[0,033 - 0,16 \left(1 - e^{-0,033/0,16} \right) \right] = \\
&\approx 0,47 + 0,38 + 0,038 = 0,89 \text{ о.е.}
\end{aligned} \tag{3.7.11}$$

Максимальний провал напруги

$$\Delta U_{\max} = (1 - 0,89) \cdot 100 = 11\%, \tag{3.7.12}$$

що відповідає вимогам Регістру.

Тобто запуск мастильного насоса потребує паралельну роботу двох генераторів.

3.8 Перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги

Для перевірки кабелю одного з найбільш віддалених електроприводів на втрату напруги вибираємо електропривод швартової лебідки - до нього прокладений кабель марки MPRX50 перетином 3х50 мм² на відстань L=280м.

Активний та реактивний опір мідного кабелю беремо з таблиці 3.8.1

Таблиця 3.8.1 - Активний та реактивний опір кабелю

Активные и индуктивные сопротивления проводов и кабелей с алюминиевыми и медными жилами (для напряжений до 500 В) при номинальной нагрузке									
Сечение, мм ²	Сопротивление, мОм/м				Сечение, мм ²	Сопротивление, мОм/м			
	активное		индуктивное			активное		индуктивное	
	Алюминий	Медь	Провода, открыто проложенные	Провода в трубах или кабели		Алюминий	Медь	Провода, открыто проложенные	Провода в трубах или кабели
1,5	22,2	13,35	--	0,11	50	0,67	0,40	0,25	0,06
2,5	13,3	8,0	--	0,09	70	0,48	0,29	0,24	0,06
4	8,35	5,0	0,33	0,10	95	0,35	0,21	0,23	0,06
6	5,55	3,33	0,32	0,09	120	0,28	0,17	0,22	0,06
10	3,33	2,0	0,31	0,07	150	0,22	0,13	0,21	0,06
16	2,08	1,25	0,29	0,07	185	0,18	0,11	0,21	0,06
25	1,33	0,80	0,27	0,07	240	--	0,08	0,20	--
35	0,95	0,57	0,26	0,06	300	0,12	0,07	0,19	0,06

Втрату напруги у відсотках без урахування втрат у обробках та наконечниках визначають за формулою:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{роз}} \cdot L \cdot (r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi)}{U_{\text{н}}} \cdot 100\% \quad (3.8.1)$$

де:

$U_{\text{н}} = 440\text{В}$ – номінальна напруга приймача;

$\cos \varphi = 0,93$ – коефіцієнт потужності приймача;

$L = 0,28\text{км}$ - довжина кабелю;

$I_{\text{роз}} = 96\text{А}$ - номінальний струм приймача;

$r = 0,4\text{Ом/км}$ - активний опір;

$x = 0,25\text{Ом/км}$ - реактивний опір;

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi} = \sqrt{1 - 0,93^2} \approx 0,8 \quad (3.8.2)$$

Тоді маємо:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 0,96 \cdot 0,28 \cdot (0,4 \cdot 0,93 + 0,25 \cdot 0,8)}{440} \cdot 100\% \approx 6\% \quad (3.8.3)$$

З розрахунку бачимо, що втрата напруги буде складати 6 %, що є допустимою нормою згідно Регістру (<7%).

3.9 Вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, розробка алгоритмів управління САЕС

На судні застосовується система автоматизації Kongsberg K-Chief 600. Головним завданням системи полягає в тому, щоб дати всю необхідну інформацію про сигналізації та стани систем обслуговуючому персоналу для забезпечення надійної роботи всіх механізмів та безпечного мореплавання.

Kongsberg K-Chief 600 охоплює всі важливі системи контролю на судні:

- 1) Системи сигналізації
- 2) Контроль допоміжних механізмів
- 3) Систем розподілу потужності
- 4) Контроль систем, що забезпечують хід судна.
- 5) Автоматизація баластних систем
- 6) Розподіл та контроль вантажу
- 7) Систем кондиціонування повітря
- 8) Контроль за обладнанням холодильних установок
- 9) Систем пожежогасіння

The Power Management System (PMS) є однією з систем, які можуть бути інтегровані в K-Chief 600. Він призначений для управління генерацією та

розподілом електроенергії на борту судна. Включені всі автоматичні функції, необхідні для безпечної та економічної операції. PMS також розроблений відповідно до вимог класу.

Основна система складається з одного Distributed Processing Unit (DPU) на генераторний блок. Кожен DPU виконує контрольні функції для генератора. Система підходить для генераторів, керованих дизельними двигунами, паровими турбінами або валом гвинта. DPU має різні конфігурації та стратегії управління залежно від типу генератора. Для віддаленої операції DPU підключено до Operator Station (OS).

Для загального керування комутатором додатковий DPU використовується Segment Controller Unit (SCU). PMS буде адаптована до конкретної конфігурації. Конфігурація системи PMS:

- Логіка контролю PMS: SCU.
- логіка контролю генератора та схеми: DPU (Rio-C4) для кожного генератора.
- логіка керування автоматичних вимикачів: DPU (Rio-C4) для кожного вимикача синхронізації.
- Система захисту генератора: DPU (Rio-C3) для кожного генератора.
- Сигналізація: декілька DPU (Rai-16 та / або RDI-32) залежно від конфігурації.
- логіка контролю споживачів: RioC2 / RaO8

Взаємодія оператора здійснюється за допомогою інтерактивних Operator Station, або локально з сенсорної панелі.

Так виглядає меню контролю за PMS:

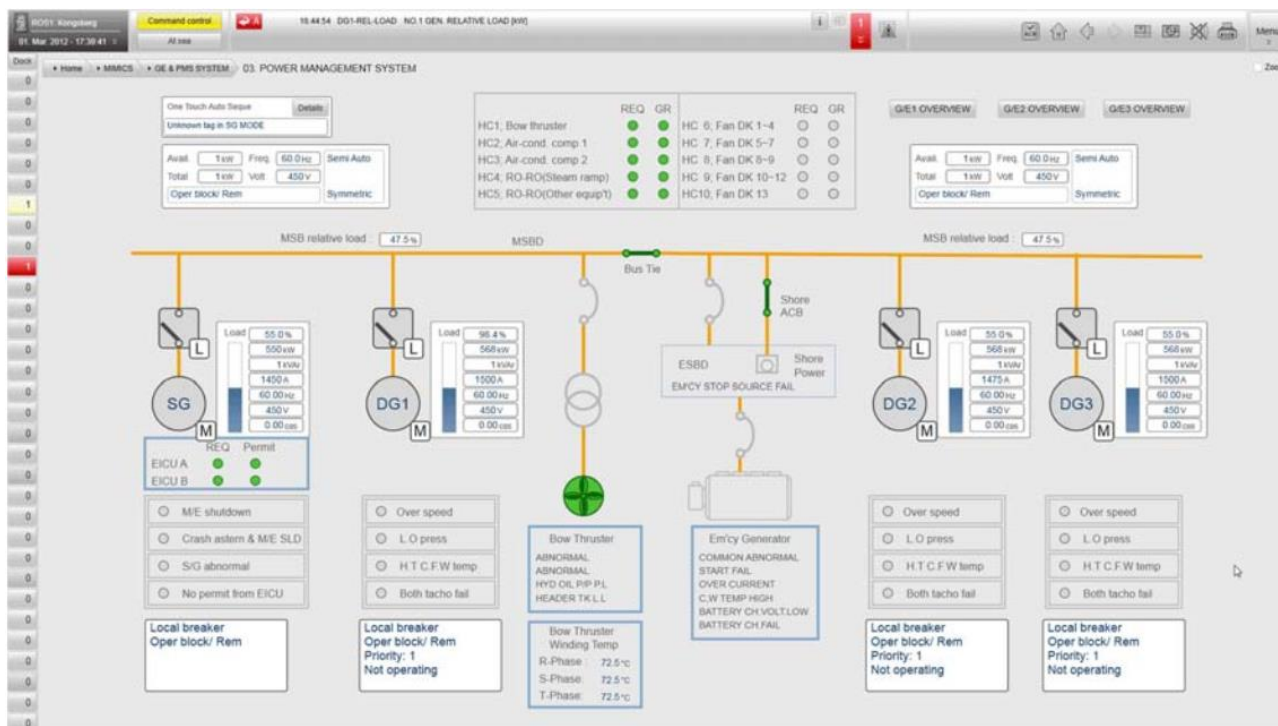


Рис. 3.9.1 – Меню PMS в системі Kongsberg K-Chief 600

Управління автоматичним вимикачем або генератором виконується в контекстному меню при виборі того чи іншого елемента.

Наприклад, відкрийте діалогове вікно генераторної установки (рис.3.9.1)

1 Відкрийте вікно процесу, що показує генераторну установку.

2 Натисніть генератор.

• Відкриється діалогове вікно, яке використовується для роботи генераторної установки. Він може виглядати схожим на рис.3.9.2.

Після цього можемо запуснути генератор, зупинити генератор, поставити його на шину та інше.



Рис. 3.9.2 – Контекстне меню генераторної установки

3.10 Загальні відомості о мережі суднового електричного освітлення, суднових сигнально-відмінних вогнів, низковольтного освітлення.

Для створення нормальних умов роботи особового складу майже у всіх внутрішніх приміщеннях потрібне безперервне штучне висвітлення будь-якої доби.

У темний час доби на верхніх палубах для світлової сигналізації та освітлення потрібні сигнально-відмінні вогні та прожектори. Суднове

освітлення за своїм призначенням поділяється на внутрішнє та зовнішнє, основне, аварійне, мале аварійне та переносне.

Для суднового електричного освітлення застосовується переважно змінний струм напругою 220 В. Основна мережа нормального освітлення виконується на напругу 220 і включена постійно. Мережа аварійного освітлення є частиною основної мережі та отримує живлення як від основного, так і від аварійного генераторів. Вона створює мінімальну освітленість у відповідальних приміщеннях. Мережа малого аварійного освітлення є самостійною та отримує живлення від акумуляторів. Мережа переносного освітлення є самостійною і отримує живлення від основної мережі через понижуючі трансформатори. Виконується вона на напруги 12 та 24 В.

В даний час вважається доцільним створення єдиної мережі суднового освітлення, тобто об'єднання з основною мережею мереж малого аварійного та переносного освітлення. Мережа переносного освітлення поєднується з мережею нормального освітлення за допомогою штепсель-трансформаторів, що включаються безпосередньо до мережі нормального освітлення. Це економічно вигіднішим і водночас задовольняє вимогам суднового висвітлення.

Сигнально-відмінні вогні необхідні для попередження зіткнення судів, також для зв'язку з берегом. Для централізованого керування сигнально-відмінними вогнями (вмикання та відключення) застосовують комутатори. Існують вогні топові, бортові, кормові, якірні (носовий і кормовий).

Потужний освітлювальний прилад далекої дії, в якому світловий потік перерозподіляється оптичною системою у вузький конічний пучок променів з великою щільністю, називається прожектором.

За призначенням прожектори ділять на малі сигнальні, навігаційні, світла, що заливають.

4. Аналіз систем та пристроїв управління судном

4.1 Технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем

Автоматизація систем управління полягає в застосуванні технічних і програмних засобів, які звільняють людину частково або повністю від безпосередньої участі в процесі управління. СУ, що виконує свої функції без безпосередньої участі людини, називається системою автоматичного управління.

На данному судні встановлена система автоматичного управління та моніторинга Kongsberg K-Chief 600. Всі датчики системи зв'язані за допомогою CAN (Controller Area Network). CAN - стандарт промислової мережі, орієнтований насамперед на об'єднання в єдину мережу різних виконавчих пристроїв та датчиків. Режим передачі – послідовний, широкомовний, пакетний.

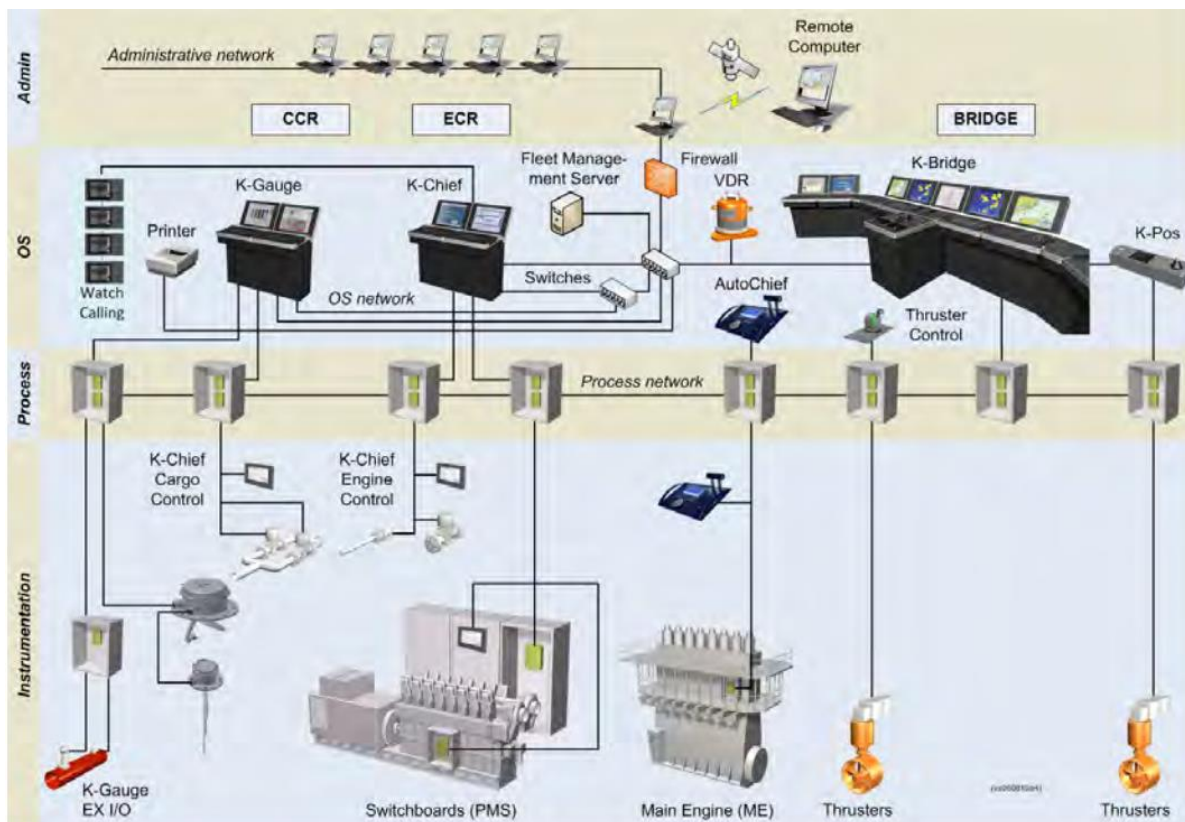


Рис. 4.1.1 – Архітектура Kongsberg K-Chief 600

Станції оператора надають оператору ряд стандартних зображень на дисплеї, що містять інформацію про двигун та навколишнє обладнання. Управління будь-яким із DPU (Distributed Processing Units) можливо з операторських станцій. Система забезпечує повний моніторинг і сигналізацію в машинному приміщенні та в диспетчерській. DPU здатний обробляти значення датчика в ключові дані, мінімальні / середні / макс.

Детальна інформація про датчики для будь-якого DPU, така як дані про тривогу або нормальний стан, може відображатися на кольоровому графічному дисплеї, або як роздруківка на вимогу. Подання даних датчика може бути гістограмою або кривою тренду. Будь-який вибір даних датчика доступний для автоматичного друку з фіксованими інтервалами. Система може відображати останні нагадування для кожної групи тривог окремо або всіх активних тривог.

4.2 Аналіз роботи системи автоматичного запуску АДГ

Системи управління судновими дизель-генераторами повинні виконувати запуск АДГ при надмірному зниженні чи зникненні напруги на шинах основної станції (час запуску не повинен перевищувати 15 с).

Розглянемо схему автоматичного пуску аварійного дизель-генератора та прийому навантаження (рис. 4.2.1).

Основні елементи схеми:

- реле напруги K1 та реле часу K2, що здійснюють контроль напруги на шинах ГЕРЩ. При зникненні напруги ці реле включають систему автозапуску та забезпечують попереднє прокачування дизеля маслом;
- M1-стартер, що включає за допомогою реле стартера K3 і реле пуску K4;
- G2 - генератор постійного струму, що приводиться в обертання дизель-генератором. Він служить для заряджання акумуляторної

батарей. Схеми зарядної станції та обмотки збудження машин на рис. 4.2.1 не показані;

- M2 - двигун масляного насоса (попереднє прокачування);
- K5 - реле успішного запуску, що спрацьовує при досягненні дизелем необхідної частоти обертання. Це реле подає імпульс відключення стартера і подальше збільшення подачі палива за допомогою двигуна подачі палива M3;
- Q1, S9, S7 - відповідно вимикач автоматичний аварійного генератора G1, вимикач ручного прокачування олії та вимикач звукового сигналу H2;
- K6 - реле нормальної частоти обертання, спрацьовує після замикання контакту кінцевого вимикача подачі палива S6 при нормальній частоті обертання дизель-генератора. Це реле включає реле підключення навантаження K7, у результаті забезпечується прийом 50% навантаження. Увімкнення та вимкнення елементів схеми в заданій послідовності здійснюються програмним реле часу, що має двигун M4 та п'ять контактів S1-S5. Діаграма замикання контактів наведено на рис. 4.2.2.

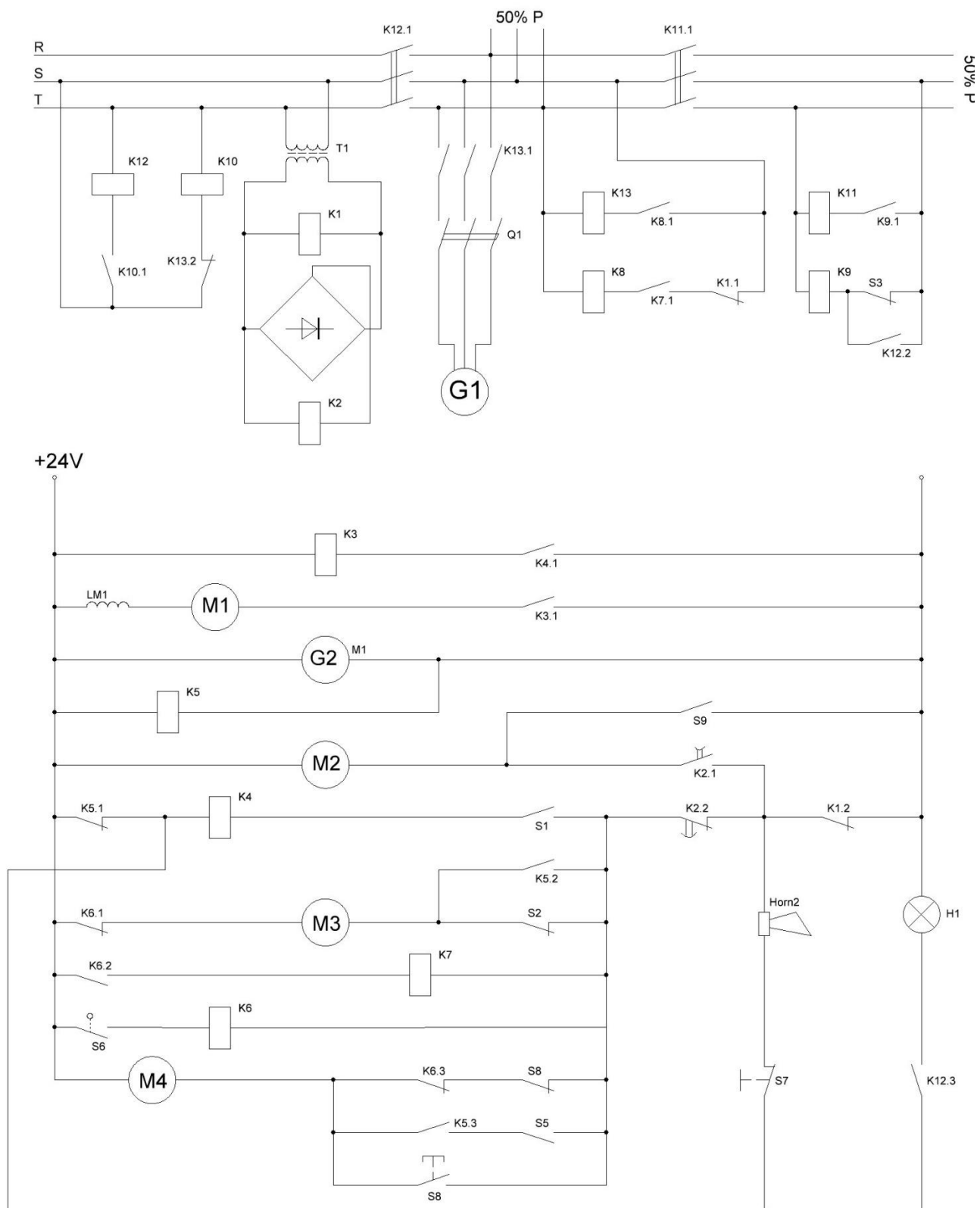


Рис. 4.2.1 - Схему автоматичного пуску аварійного дизель-генератора

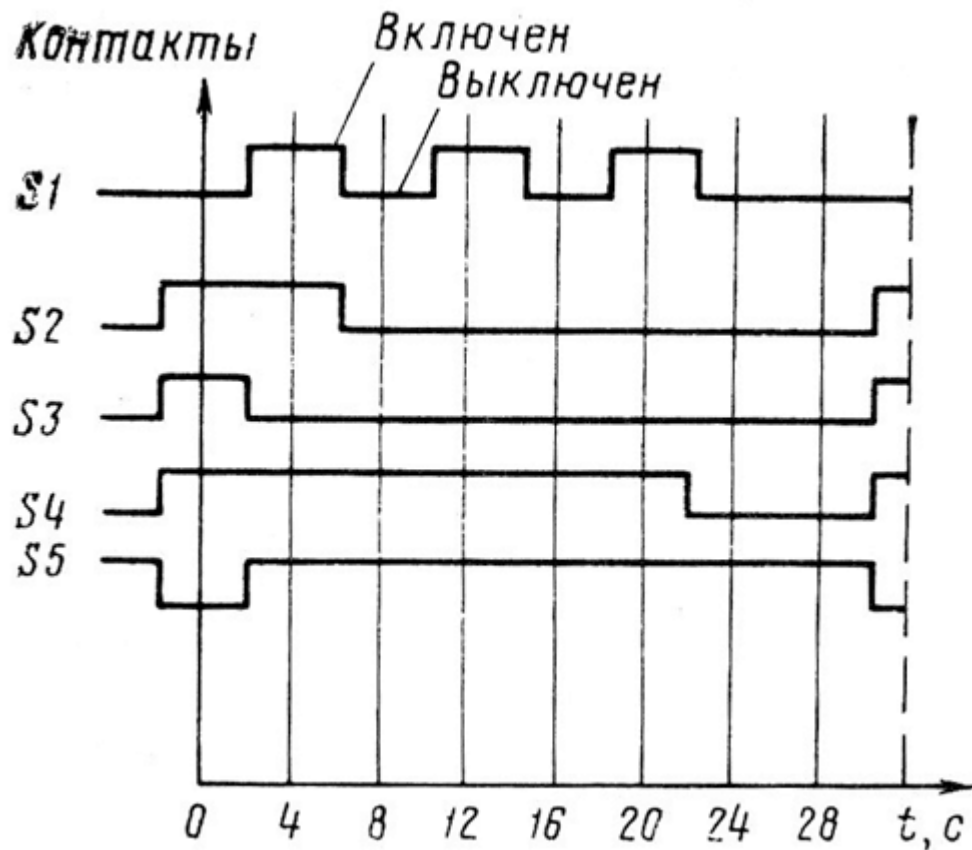


Рис. 4.2.2 - Діаграма замикання контактів серводвигуна М4

Розглянемо блок-схему алгоритма запуску АДГ. Але для початку дамо пояснення значення операторів алгоритму:

Start – втрата живлення на шинах ГРЩ

A1 – вимк. реле напруги К1 та реле часу К2

P2 – перевірка напруги після 3с

A3 – відключення М2, включення М3, М4

A4 – включення реле пуску К4

P5 – перевірка чи відбувся пуск (вкл. К5)

A6 – вимк. реле пуску К4 та М1, вкл. М3

P7 – перевірка частоти обертання (S6)

A8 – вкл. К6, К7, К8, К13, підключення 50% навантаження

A9 – через 30с вкл. S3, підключення останніх 50% навантаження, вимк. S5, зупинка M4

P10 – перевірка наявності живлення

P11 – перевірка чи менше трьох пусків (S1)

A12 – вимкнення S4, M4

A13 – вкл. K1, K2, схема знеструмлюється

Finish – зупинка АДГ

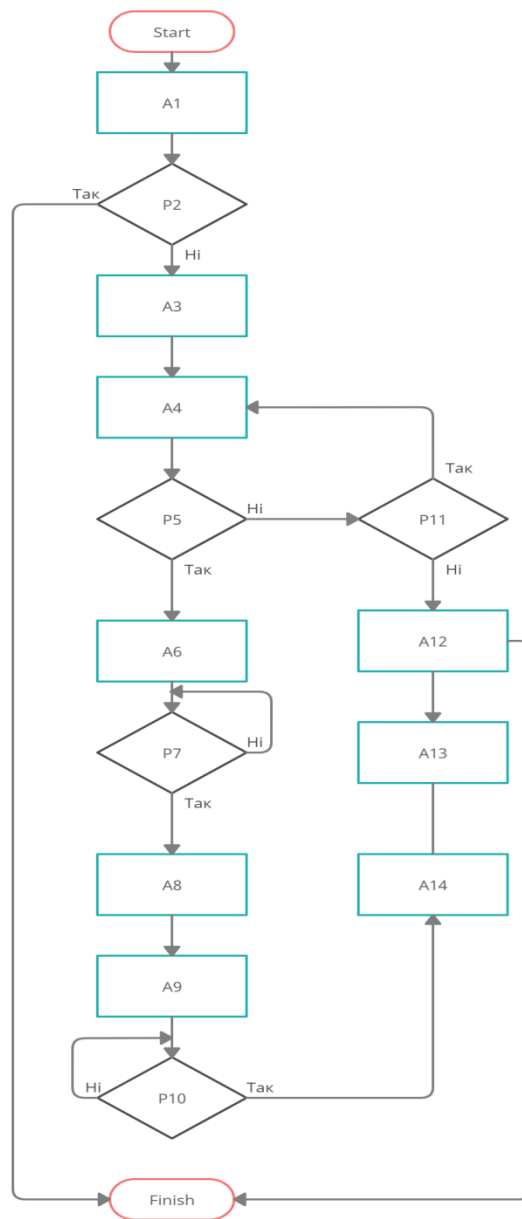


Рис. 4.2.3 – Блок-схема алгоритму запуску АДГ

4.3 Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації, та внутрішнього зв'язку

На нашому судні функції управління, контролю та сигналізації виконує система Kongsberg K-Chief 600. Модульна конструкція забезпечує гнучкість у налаштуванні системи відповідно до індивідуальних вимог, охоплюючи весь діапазон від систем сигналізації низької складності до високоінтегрованих систем сигналізації та моніторингу з розширеним управлінням процесом. Підсистеми можуть включати всі або будь-яку комбінацію з наступного:

- Система сигналізації та моніторингу;
- Допоміжна система управління;
- Система управління живленням;
- Система контролю вантажу;
- Управління рухом;
- Система автоматизації баласту;
- Система продуктивності судна;
- HVAC (кондиціонер);
- Anti-heeling;
- Моніторинг рефрижераторів;
- Пожежна система;
- Система моніторингу головного двигуна.

Внутрішній зв'язок забезпечується за допомогою суднових АТС (абонентська телефонна станція). АТС відносяться до загально суднового телефонного зв'язку, так як вони застосовуються для забезпечення зв'язку між каютами суднового екіпажу, а також суспільними приміщеннями.

4.4 ГМЗСБ і навігація

Global Maritime Distress and Safety System (GMDSS) — це всесвітня система автоматизованого зв'язку з аварійними сигналами для суден у морі, розроблена Міжнародною морською організацією ООН (IMO) як частина Конвенції SOLAS [Wikipedia].

GMDSS складається з кількох систем, які призначені для виконання наступних функцій: оповіщення (включаючи визначення положення судна, що терпить лихо), суден поблизу та берегових органів, координація пошуку та порятунку, визначення місцезнаходження (самонаведення), загальний зв'язок. Конкретні вимоги від зони експлуатації судна, а не від його тоннажу. Система також забезпечує резервні засоби оповіщення про лихо та аварійні джерела живлення.

Компоненти ГМЗСБ

1. Радіомаяк, що вказує аварійне положення (EPIRB)
2. NAVTEX
3. Супутник
4. Високочастотне радіотелефонне та радіотелексне обладнання (вузькосмуговий прямий друк) із викликами, ініційованими цифровим вибіркоким викликом (DSC).
5. Пошуково-рятувальний пристрій локалізації
6. Цифровий вибіркоким виклик



Рис. 4.4.1 – ГМЗСБ консоль

Навігаційне обладнання судна складається з комплексу приладів, які визначають положення судна, швидкість, курс, а також забезпечують безпеку під час плавання на мілководді або при зустрічі з іншими суднами.

Навігаційне обладнання на судні складається з:

- Магнітний компас
- Гірокомпас
- ECDIS (Electronic Chart Display and Information System)
- Радар
- ARPA (Automatic Radar Plotting Aid)
- ATA (Automatic Tracking Aid)
- Автопілот
- AIC (Automatic Identification System)
- GPS-приймач
- Індикатор кута керма
- Пристрій журналу швидкості та відстані.

5. Питання цивільного захисту та охорони праці

5.1 Види аварійних ситуацій та їх класифікація

На жаль контейнерний флот не позбавлений схильності до аварійних ситуацій на морі, як і інші види судів.

Розглянемо як класифікують аварійні морські ситуації (АМС):

1. В залежності від наслідків:
 - a. дуже серйозні аварії, катастрофи;
 - b. серйозні аварії;
 - c. морські інциденти (серйозні інциденти);
 - d. інциденти.
2. За видами виникнення:
 - a. навігаційні;
 - b. технічні;
 - c. вибухи, пожежі, інші ушкодження.
3. З причин виникнення:
 - a. причини АМС, до яких мають відношення члени екіпажу;
 - b. причини АМС, до яких не мають відношення члени екіпажу;
 - c. причини, які з'ясовуються.

До основних видів аварійних ситуацій на морі відносять:

- Зіткнення судів - аварійний випадок в результаті неправильного маневрування судів або помилок екіпажу, а також будь-яких форс-мажорних обставин.
- Посадка на мілину - примусова аварійна зупинка судна, внаслідок торкання ґрунту всім днищем або його частиною при глибинах, менших опаді судна.

- Вплив небезпечних вантажів, що перевозяться наливом або в тарі навалом. На контейнеровозах перевозять різні вантажі, що володіють такими фізико-хімічними властивостями, які роблять їх потенційно небезпечними для екіпажу. Був випадок в компанії MSC, коли перевозили деревину в контейнерах, а старпом з матросом спускалися в трюм, не виконуючи правил безпеки, як наслідок, вони загинули від недостатньої кількості кисню.
- Зміщення вантажу. Один з найбільш важких видів аварії, так як судно втрачає остійність і перевертається, що призводить до загибелі всього екіпажу.



Рис. 5.1.1 – Зміщення вантажу на контейнеровозі

- Вибух в машинному відділенні або пожежа. Машинне відділення, образно кажучи, є серцем судна. У разі вибуху в МО або пожежі судно

знеструмлюється, позбавляється ходу, що значно ускладнює боротьбу за живучість судна і порятунок екіпажу.

Найбільш поширеним наслідком аварійних ситуацій на контейнеровозах є втрата контейнерів. У минулому році понад 3000 контейнера впало за борт, та понад 1000 впало у 2021 році.

За даними сайту Bloomberg.com ([URL:https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-04-26/shipping-containers-plunge-overboard-as-supply-race-raises-risks](https://www.bloomberg.com/news/articles/2021-04-26/shipping-containers-plunge-overboard-as-supply-race-raises-risks)):



Рис. 5.1.2 – Втрата контейнерів за останні 13 років

5.2 Засоби індивідуального захисту, їх види та призначення

Під час трудової діяльності електромеханіки завжди використовують засоби індивідуального захисту (ЗІЗ). ЗІЗ застосовуються тоді, коли безпечність праці не може бути забезпечена організацією виробництва, конструкцією суднового устаткування і засобами колективного захисту. Вид захисних засобів

визначається характером виконуваної роботи, а також метеорологічними умовами.

До ЗІЗ відносяться:

1. *Спецодяг, спецвзуття і запобіжні пристосування.* На флоті діють норми безплатної видачі морякам спецодягу, спецвзуття та інших засобів індивідуального захисту. Крім спецодягу, зазначеної в нормах, судновим екіпажам для роботи в штормових умовах видається спеціальна штормовий одяг (штормові плащ, куртка, штани, зюйдвестку, гумові чоботи). Крім того електромеханікам спецвзуття з діелектричною підошвою захищає від проходження струму через ноги до палуби.
2. *Захисні засоби.* Для захисту шкірних покривів і профілактики шкіряних захворювань застосовують захисні дерматологічні засоби: пасти, мазі, спеціальні миючі та очищувальні засоби. Необхідність застосування захисних паст і мазей визначає судновий лікар або особа, яка його замінює. Для захисту голови працюючих від випадково падаючих з висоти предметів, при швартовних операціях, під час качки судна, в процесі роботи в умовах обмеженого простору застосовуються захисні каски. Для захисту очей від механічних, пилових, хімічних і термічних уражень використовують захисні окуляри, маски, щитки. Для захисту органів слуху від шуму при роботах в машинному відділенні застосовують вкладиші та навушники. Електромеханіки часто використовують захисні окуляри під час праці і майже завжди діелектричні рукавички.
3. *Рятувальні і запобіжні пояси.* Дуже часто електромеханікам потрібно робити освітлення на висоті, для цих цілей використовують запобіжні пояси.
4. *Засоби для захисту органів дихання.* До них відносяться респіратори, фільтруючі протигази та повітряно-дихальні апарати.

Для захисту персоналу, що працює на електричних установках, застосовуються основні і додаткові засоби захисту.

Основні - це засоби, ізоляція яких надійно витримує робочу напругу електроустановки і дозволяє доторкатися до струмоведучих частин. До основних захисних засобів в електроустановках напругою до 1000 В відносяться діелектричні рукавички, інструмент з ізольованими рукоятками, покажчики напруги, ізолюючі і струмовимірювальні кліщі.

Додаткові - це засоби, які самі по собі не можуть при данній напрузі забезпечити безпеку від ураження струмом. Вони служать для захисту від напруги кроку та впливу на людський організм електричної дуги і продуктів її горіння. До додаткових засобів відносяться діелектричні калоші та боти, діелектричні гумові килимки, ізолюючі підставки.

5.3 Причини і джерела пожеж на судах.

Основними причинами пожеж і вибухів на судах є:

- порушення правил експлуатації технічних засобів судна,
- порушення правил забезпечення пожежо- та вибухобезпеки,
- конструктивні недоліки технічних засобів,
- експлуатаційні пошкодження,
- самозаймання.

Основними джерелами пожеж і вибухів на судах є:

- *екзотермічні реакції хімічних речовин*, тобто хімічна реакція, яка супроводжується виділенням тепла (наприклад, горіння). Наприклад, речовини, що здатні самозайматися при підвищенні температури навколишнього повітря (50 ° C і вище) і в результаті зовнішнього нагріву (плівки нітролаків, порох, рослинні напівсухі масла і приготовані з них

оліфи, скипидар та ін.) чи речовини, що самозаймається при їх змішуванні (газоподібні, рідкі та тверді окислювачі).

- *вибух в системах і механізмах високого тиску.* Наприклад, якщо в трубопроводі або механізмі високого тиску утворилася горюча суміш, то, незважаючи на холодні стінки ємності, її займання можливо в результаті адіабатичного стиснення, при якому температура суміші різко підвищується, швидкість тепловиділення перевищує швидкість тепловідведення і виникає прогресивний саморозігрів - займання.
- *розігрів від тертя.* Наприклад, надмірний нагрів підшипників в електродвигунах, тому електромеханік повинен слідкувати за станом змазки підшипників.
- *іскріння і електрична дуга.* Температура електричної дуги може становити 1500-4000 °С. Електрична дуга виникає, як правило, при короткому замиканні, а також при роботі електрозварювальних апаратів. Тому електромеханік повинен ретельно обслуговувати різноманітні електроустановки згідно правил експлуатації. Також іскри утворюються від ударів сталевими поверхнями між собою.
- *перевантаження електромережі* виникає при підключенні до мережі споживачів, номінальний струм яких перевищує допустимий за умовами перегріву. Перевантаження призводить до нагрівання місць з'єднань кабелів і на контактах. Найбільш частою причиною перевантаження ділянок кабельної електричної мережі є включення позаштатних електронагрівальних приладів.
- *загоряння від побутових електричних приладів і світильників,* тому електромеханікам потрібно слідкувати за станом усіх побутових приладів в усіх каютах і приміщеннях.
- *проведення газо - і електрозварювальних робіт*

- *займання горючих рідин та газів.* При нагріванні від джерела теплоти горючі рідини можуть займатися, а при певних умовах - стати причиною вибуху.
- *необережне поводження з вогнем.* Найбільш поширений випадок – це куріння.
- *недотримання протипожежного режиму в машинних приміщеннях.* За статистикою з усіх судових пожеж 25% припадають на машинні приміщення.

Для нашого типу судна є узагальнене керівництво по боротьбі з пожежею (рис.5.3.1):

CONTAINER CARRIER FIRE FIGHTING GUIDE

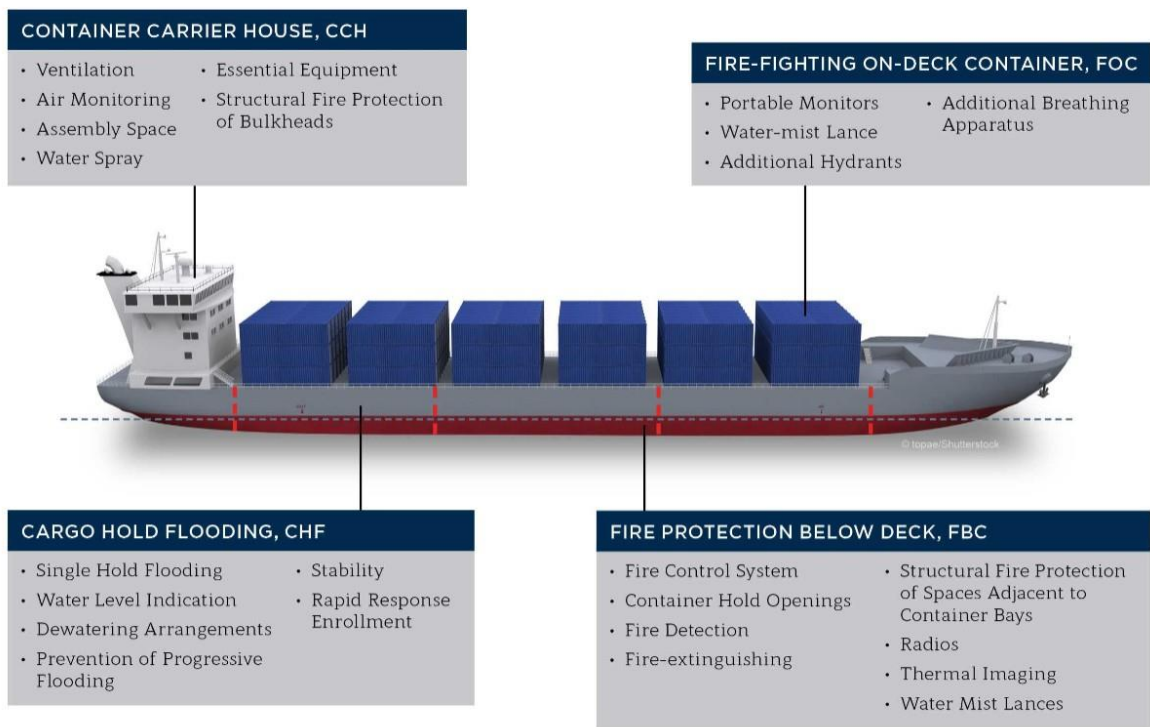


Рис. 5.3.1 - Керівництво по боротьбі з пожежею на контейнерних суднах

5.4 Поводження зі сміттям на судні (збір, переробка, зберігання, скидання) для виконання вимог Додатка V Міжнародної конвенції по запобіганню забруднення з суден 1973 року, зміненої протоколом 1978 року.

На всіх суднах повинна запроваджуватися політика загального скидання: забруднюючі речовини не можна викидати неналежним чином, а дозволені скиди повинні бути скорочені за рахунок мінімізації відходів та їх переробки. Це не обмежує здійснення заходів, необхідних для безпеки судна або життя на морі. Додатком V «Про правила запобігання забруднення сміттям суден» Міжнародної конвенції по запобіганню забрудненню з суден 1973 р. (МАРПОЛ 73/78), встановлено вимоги з устаткування суден спеціальними обладнанням з утилізації сміття [11].

Кожен начальник відділу на судні повинен відповідати за операції щодо поводження з відходами в своєму відділі і спостерігати за тим, щоб відходи збиралися, сортувалися і перевозилися до зони обробки відходів.

Кожен Департамент повинен нести відповідальність за небезпечні відходи, які згенеровані в їхньому відділі. Начальник відділу, що виробляє небезпечні відходи, повинен заповняти форму передачі небезпечних відходів на борту і надавати її співробітнику з навколишнього середовища для початку процесу утилізації. Так це стосується електромеханіків, бо вони зберігають та збирають акумуляторні батареї.

У зоні обробки відходів повинні бути три основні потоки обробки відходів: обробка сухих відходів (спалювання), обробка вологих відходів (продуктів харчування), вторинна обробка (незапалювана обробка відходів).

У разі несправності обладнання для обробки відходів, треба докладати всіх зусиль для оснащення судна таким чином, щоб поодинокі відмови устаткування для обробки відходів чинили незначний вплив на всю операцію з обробки відходів. Для основного обладнання на заводі з переробки відходів

можливе встановлювання подвійного обладнання. Контейнери, що містять небезпечні матеріали або масляні відходи мають бути висадженими незайманими для правильної утилізації вмісту на березі. Інші контейнери мають бути очищені, а будь-який вміст або залишки належним чином утилізовано на борту – для жирних або небезпечних рідин це звичайно передбачає додавання рідини в резервуар для скидання відходів для можливого розділення вмісту води та спалювання залишкового шламу. Аерозольні контейнери є контейнерами під тиском, і можуть вибухнути, якщо їх утилізувати неправильно. З цієї причини вони класифікуються як небезпечні відходи. Вони можуть бути оброблені на борту, щоб видалити небезпечний компонент. Всі аерозольні балончики повинні бути зібрані на установці для очищення відходів і зберігатися окремо від інших видів відходів. Спеціальний контейнер для утилізації аерозольних балончиків повинен бути доступний для поводження з відходами.

Для зменшення обсягу скопичених суднових відходів, рекомендується використовувати спеціальні преси – пристрої, що знижують обсяг твердих побутових відходів приблизно у 8–10 разів.

На багатьох сучасних судах впроваджена вдосконалена біологічна система очищення стічних вод, яка отримує всю чорну і сіру воду судна та використовує активний мул, що окислює органічні речовини.

Правила 4, 5 і 6 додатка V до Конвенції МАРПОЛ встановлюють вимоги щодо сміття, скидання якого в море дозволяється. Зазвичай скидання повинно проводитися, коли судно знаходиться в дорозі і настільки далеко від найближчого берега, наскільки це можливо. Слід робити спроби скидати поступово по можливості на широкій площі і глибокій воді (50 метрів або більше). Якщо скидання в море дозволяється, слід враховувати течії.

Для забезпечення своєчасної передачі великих кількостей сміття в портові приймальні споруди для власників, операторів суден або їх агентів істотно важливо приймати завчасні заходи для прийому сміття. Порту слід надати

інформацію про тип сміття, що підлягає скиданню, і про те, чи зазнав він сепарації, а також про приблизні кількостях.

5.4. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

5.4.1. Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту)

Отримано повідомлення про інцидент із зрідженим газом: на відстані 0,5 км від судна під час проведення швартових операцій танкер-хімовоз здійснив навал на причальну споруду. Внаслідок пошкодження на танкері-хімовозі вантажної ємності стався вилив фосгену, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Кількість СДОР, що розлилася, - 0,9 т, характер розливу – «вільно».

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби - день, 10.00, температура повітря 20⁰, швидкість вітру 2 м/с, вітер - зустрічний, суцільна хмарність. Місцевість відкрита, характер – водна поверхня.

Виконати оперативний прогноз хімічної обстановки на час через 1 годину після аварії.

Запропонувати заходи щодо зменшення можливих втрат серед екіпажу судна.

5.4.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території

а) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

За заданими метеорологічними умовами (час доби - день, швидкість вітру 2 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по таблиці 5.4.1 ступень вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

Таблиця 5.4.1- Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

Швидкість вітру, м/с	Час доби					
	день			ніч		
	Наявність хмарності					
	відсутня	середня	суцільна	відсутня	середня	суцільна
0,5	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
0,6-2,0	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
2,1 – 4,0	конвекція	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія
> 4,0	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія

б) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

Кількісні характеристики викиду СДОР для розрахунку масштабів зараження визначаються за його еквівалентними значеннями.

Розраховуємо еквівалентну кількість $Q_{\text{e1}}(t)$ фосгену в первинній хмарі:

$$Q_{\text{e1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,05 \cdot 1 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,01 \text{ т},$$

де: $K_1=0,05$ —коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 5.4.2);

$K_3 = 1$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози фосгену до порогової токсодози фосгену (таблиця 5.4.2);

$K_5 = 0,23$ – коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії;

$K_7^1 = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення первинної хмари;

$Q_0 = 0,9$ – кількість фосгену, що розлився при аварії, т.

Таблиця 5.4.2 - Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/ м³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів								
	Газ	Рідина			К1	К2	К3	К7 для температури повітря (°С)					
								-40	-20	0	10	20	40
Фосген	-	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1,0	<u>0</u> 0,1	<u>0</u> 0,3	<u>0</u> 0,7	<u>0,5</u> 1	<u>1</u> 1	<u>2,7</u> 1

Примітка:

1. У таблиці наведені значення K_7 у чисельнику - K_7^I (для первинної хмари), у знаменнику - K_7^{II} (для вторинної хмари).

в) Розрахунок площі розливу, тривалості вражаючої дії та еквівалентної кількості СДОР у вторинній хмарі

Площа розливу S_p (м²) фосгену дорівнює:

$$S_p = \frac{Q_o/\rho}{h} = \frac{0,9 \cdot 1,432}{0,05} = 12,6 \text{ м}^2$$

де: Q_o – об'єм фосгену, що розлився, м³;

$\rho = 1,432$ – щільність фосгену, т/м³;

$h = 0,05$ – товщина шару фосгену (для характеру розливу – «вільно»), м.

Тривалість вражаючої дії СДОР визначається часом, що потрібний на його випаровування з площі розливу, і часом, протягом якого триває спад його

концентрації до безпечного рівня після відходу хмари зараженого повітря від заданої точки.

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (год.) фосгену:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}} + \frac{1}{K_M \cdot V_{\Pi}} = \frac{0,05 \cdot 1,432}{0,061 \cdot 1,33 \cdot 1} + \frac{1}{1 \cdot 12} \approx 1 \text{ год}$$

де: $K_2 = 0,061$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей фосгену;

$K_4 = 1,33$ – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру;

$K_7^{II} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари;

$K_M = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари фосгену;

$V_{\Pi} = 12$ – швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря, км/год.

г) Визначення глибини і площі зони зараження

Глибину зони зараження первинною (вторинною) хмарою СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті визначаємо за допомогою таблиці 5.4.3.

Таблиця 5.4.3 - Глибина (км) зони зараження

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДОР, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1 і менше	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48

8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31

Для $Q_{\text{с1}} = 0,01$ т та швидкості вітру $u = 2$ м/с визначаємо глибину зони зараження первинною хмарою фосгену: $\Gamma_1 = 0,26$ км.

Для $Q_{\text{с2}} = 0,22$ т та швидкості вітру $u = 2$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою фосгену: $\Gamma_2 = 1,16$ км.

Визначаємо повну глибину зони зараження Γ_{Σ} (км), що обумовлена дією первинної і вторинної хмари СДОР:

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 1,16 + 0,5 \cdot 0,26 = 1,29 \text{ км},$$

де: Γ' - найбільший, Γ'' - найменший з розмірів Γ_1 и Γ_2 .

Визначаємо гранично можливе значення глибини перенесення повітряних мас Γ_{Π} (км):

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 12 = 12 \text{ км}.$$

За остаточну розрахункову глибину зони зараження Γ (км) приймаємо менше з двох порівнюваних між собою значень Γ_{Σ} и Γ_{Π} :

$$\Gamma = \min = 1,29 \text{ км}.$$

Визначаємо площу зони можливого зараження $S_{\text{в}}$ (км²) хмарою фосгену:

$$S_{\text{в}} = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 1,29^2 \cdot 90^0 / 360^0 = 1,3 \text{ км}^2,$$

де: $\Gamma = 1,29$ - розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 90^0$ - кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 5.7).

Визначаємо площу зони фактичного зараження $S_{\text{ф}}$ (км²):

$$S_{\text{ф}} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 1,29^2 \cdot 1^{0,2} = 0,22 \text{ км}^2,$$

де: $K_8 = 0,133$ – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря – ізомермії.

д) Розрахунок глибин поширення хмари СДОР у вражаючих концентраціях при смертельному, важкому, середньому і легкому ураженні

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 90^\circ$ (таблиця 6.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 1,29$. Вершина сектору співпадає з джерелом зараження - місцем розливу фосгену.

У районі хімічного зараження виділяють зони смертельної концентрації, важкого, середнього і легкого ураження.

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_1}\right)^\Psi = 2,31 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,23}{6}\right)^{0,58} = 0,35 \text{ км},$$

де: $\lambda = 2,31$; $\Psi = 0,580$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 5);

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,01 + 0,22 = 0,23$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

$D = 6$ – летальна токсодоза для фосгену, мг.хв/л.

Таблиця 5.4.4 – Коефіцієнти λ і ψ , що залежать від швидкості вітру

Коефіцієнти	Швидкість вітру (u), м/с							
	1 менше	2	3	4	5	6	7	10
λ	3,73	2,31	1,80	1,52	1,34	1,20	1,11	0,92
ψ	0,606	0,580	0,563	0,551	0,542	0,537	0,531	0,515

Розраховуємо глибину зони важких уражень $\Gamma_{0,4}$ (км):

$$\Gamma_{0,4} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,41}}\right)^\Psi = 2,31 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,23}{2,4}\right)^{0,58} = 0,59 \text{ км},$$

де: $D_{0,41} = 0,4 \cdot D = 0,4 \cdot 6 = 2,4$ - значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для фосгену, мг.хв/л.

Розраховуємо глибину зон уражень середньої важкості $\Gamma_{0,2}$ (км):

$$\Gamma_{0,21} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,21}} \right)^{\psi} = 2,31 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,23}{1,2} \right)^{0,58} = 0,89 \text{ км},$$

де: $D_{0,21} = 0,2 \cdot D_1 = 0,2 \cdot 6 = 1,2$ - значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для фосгену, мг.хв/л.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 1,29$ км.

е) Визначення часу підходу зараженого повітря до об'єкту (судна)

Час підходу хмари СДОР до заданого об'єкту t (год.) залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком і визначається за формулою:

$$t = \frac{x}{K_M \cdot V_{\Pi}} = \frac{0,5}{1 \cdot 12} \approx 0,04 = 2,5 \text{ хв}$$

де: x – відстань від джерела зараження до заданого об'єкту, км.

5.1.3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території порту внаслідок інциденту із зрідженим фосгеном показала, що хмара зараженого повітря досягне судна через 2,5 хв.

В результаті утворення хмари зараженого повітря при розливі фосгену судно потрапляє в зону середніх уражень, що є загрозою для життя членів екіпажу судна.

Час дії вражаючих концентрацій хмари становить 1 год. Сила вітру у 2 м/с забезпечує збереження вражаючих концентрацій на глибині - до 1,2 км.

Для зменшення людських втрат пропонуються наступні заходи:

- оголосити на судні тривогу та повідомити екіпаж про небезпеку;
- терміново припинити усі роботи на судні;
- екіпажу необхідно укритись у надбудові судна, по можливості максимально герметизувати усі приміщення, в яких укритися екіпаж;
- надати первинну допомогу постраждалим та підготувати їх до можливої евакуації;

- підтримувати зв'язок з аварійними службами порту для отримання оперативної інформації про розвиток аварії;
- вільний вихід екіпажу на відкриту палубу судна можливо дозволити після спливу терміну вражаючої дії фосгену.

Література

1. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. Том 3. – Київ. 2020. – 535с.
2. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови морських суден. Том 4. – Київ. 2020. – 558с.
3. Малахов, И.И. Проектирование судовых энергетических установок. – Омск : Омский институт водного транспорта (филиал) ФГОУ ВПО «НГАВТ», 2010. – 58 с.
4. Справочник судового электротехника. Т. 2. Судовое электрооборудование/Под ред. Г. И. Китаенко – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1980.–624 с.
5. Преобразователи частоты VACON NX. Руководство пользователя, 2013. – 110 с.
6. Яковлев Г.С. Суднові електроенергетичні системи. Підручник. – Видання 4-е, Редакція – Л.: Суднобудування, 1980 – 288с.
7. Hyundai Operating Instructions. Synchronous Generator / Instruction Manual.- Seoul: HEAVY INDUSTRIES CO, LTD. ELECTRO ELECTRIC SYSTEMS, 2010.- 48р.
8. Ивашов В.Т. Проектирование судовых электроэнергетических систем: Методические указания к курсовому проектированию. – Новороссийск, МГА им. адм. Ф.Ф.Ушакова, 2006. - 56с.
9. Колегаєв М.О., Іванов Б.М., Басанець М.Г. Під редакцією В.В.Пономаренка. Безпека життєдіяльності і виживання на морі: Навч. посібн. Друге видання - перероблене та доповнене./ Одеська нац. морська академія. – Одеса, 2008. – 416 с.
- 10.Зайцев А.А., Берков К.И. Краткий справочник судового электрика: Справочник, издание второе, переработанное и дополненное. Одесса: Издательство Маяк, 1978 - 287 с.

- 11.Леусенко И. В. Некоторые аспекты управления отходами на судах. – LEX PORTUS.- 2017.- № 3 (5).- с.143
- 12.Додаток V «Правила запобігання забруднення сміттям з судів» до Міжнародної конвенції по запобіганню забрудненню з суден 1973 р. (МАРПОЛ 73/78) / Комітет з захисту морського середовища. URL: http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/896_009/page

Додаток

Додаток 1 – Таблиця навантаження для постійно діючих споживачів

Description	No of Set	Output (kW)	Efficiency (%)	Input (kW)	Load Factor	Normal Sea Going	At Port in/out	At Unloading	At Harbor
Головний насос охолодження ГД морською водою (Main cooling SW pump)	3	150	95	157,9	0,87	274,7	274,7	137,4	137,4
M/E jacket cooling FW pump	2	65	95	68,4	0,75	51,3	51,3		
Центральний насос охолодження ГД прісною водою (Central cooling FW pump)	3	150	95	157,9	0,87	274,7	274,7	137,4	137,4
Головний насос змащуючого масла (Main LO pump)	2	362	96	377,1	0,8	301,7	301,7		
Циркуляційний насос ГД для палива (M/E FO circulating pump)	2	13	89	14,6	0,62	9,1	9,1		
Нагнітаючий насос палива для ГД (M/E FO supply pump)	2	15,5	88	17,6	0,52	9,2	9,2		
Допоміжний наддув ГД (M/E auxiliary blower)	3	125	91	137,4	0,8		329,7		
Привід рульового пристрою (Steering gear)	2	160	93,5	171,1	0,25 0,5	42,8	85,6		
Змащуючий насос рульового пристрою (Stern tube LO pump)	2	0,63	75	0,8	0,49	0,4	0,4		
Сепаратор для важкого	4	21	91	23,1	0,8	36,9	36,9	18,5	18,5

Description	No of Set	Output (kW)	Efficiency (%)	Input (kW)	Load Factor	Normal Sea Going	At Port in/out	At Unloading	At Harbor
палива (HFO purifier)									
Сепаратор змащуючого масла (LO purifier)	2	12,5	90	13,9	0,8	11,1	11,1		
Нагнітаючий насос для сепаратора тяжкого палива (HFO purifier supply pump)	2	8,6	89,5	9,6	0,54	5,2	5,2	5,2	5,2
Нагнітаючий насос для сепаратора мастильного масла (LO purifier supply pump)	2	3,5	86,5	4	0,67	2,7	2,7		
Бустерний насос для палива дизель-генератора (G/E FO booster pump)	2	6,4	86	7,4	0,48	3,6	3,6	3,6	3,6
Нагнітаючий насос для палива ДГ (G/E FO supply pump)	2	3,5	84	4,2	0,48	2	2	2	2
FO Constant filling pump	1	6,3	89	7,1	0,48	3,4	3,4	3,4	3,4
G/E priming LO pump	4	3,45	81	4,3	0,8	3,4		3,4	10,2
Нагнітаючий насос для води котла (Boiler feed water pump)	2	6,6	87	7,6	0,64	4,9	4,9	4,9	4,9
Нагнітаючий насос для води утиль-котла (Exh. Boiler Feed water pump)	2	13,5	85	15,9	0,59	9,4	9,4		
Форсунковий насос котла (Boiler burning unit)	1			15	0,8		12	12	12

Description	No of Set	Output (kW)	Efficiency (%)	Input (kW)	Load Factor	Normal Sea Going	At Port in/out	At Unloading	At Harbor
Компресор кондиціонера (A/C compressor)	2	51,75	92,3	56,1	0,73	81,9	81,9	81,9	81,9
A/C central unit	1	25,3	91,5	27,7	0,81	22,4	22,4	22,4	22,4
Prov. Ref. Compressor	2	6,3	85	7,4	0,66	4,9	4,9	4,9	4,9
Насос для анти-кренової системи (Anti-heeling pump)	1	86	95	90,5	0,83			75,1	
Вентилятор машинного відділення (E/R ventilation fan)	4	75	90	83,3	0,72	240	240	120	120
Витяжний вентилятор сепараторного відсіку (Purifier room exhaust fan)	1	7,5	86	8,7	0,64	5,6	5,6	5,6	5,6
Витяжний вентилятор зварювального простору (Welding space exh. Fan)	1	0,75	81	0,9	0,8	0,7	0,7		
Нагнітаючий вентилятор в рульовому відсіку (S/G room supply fan)	1	3,7	81	4,6	0,8	3,7	3,7		
Вентилятор медичної кімнати (Sanitary space fan)	1	2,5	80	3,1	0,8	2,5	2,5	2,5	2,5
Нагнітаючий вентилятор камбузу (Galley supply fan)	1	0,86	74	1,2	0,8	0,9	0,9	0,9	0,9
Витяжний вентилятор камбузу (Galley exhaust fan)	1	1,3	75,5	1,7	0,8	1,4	1,4	1,4	1,4

Description	No of Set	Output (kW)	Efficiency (%)	Input (kW)	Load Factor	Normal Sea Going	At Port in/out	At Unloading	At Harbor
Вентилятор CO2 відсіку (CO2 room fan)	1	2,2	80	2,8	0,8	2,2	2,2	2,2	2,2
Витяжний вентилятор під passage way (aft) (Under passage way exh. fan (aft))	2	2,2	86	2,6	0,8	4,1	4,1	4,1	4,1
Вентилятор складу фарби/ламп (Paint/Lamp store fan)	1	0,37	80	0,5	0,8	0,4	0,4	0,4	0,4
Вентилятор боцманського складу (Bosun store fan)	1	2,2	84	2,6	0,8		2,1	2,1	2,1
Витяжний вентилятор під passage way (fwd)	2	1,5	86	1,7	0,8	2,8	2,8	2,8	2,8
Кондиціонер ЦПК (ECR unit cooler)	2	6,4	80	8	0,5	8	8	8	8
Циркуляційний насос гарячої води (Hot water circulating pump)	1	0,37	73	0,5	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2
MGPS	1			1	1	1	1	1	1
Control air dryer	2	0,8	81	1	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Ежекторний насос опріснювача (FW generator ejector pump)	1	28,7	91	31,5	0,59	18,6			
Насос для дистильованої води опріснювача (FW generator distillate pump)	1	0,75	71	1,1	0,8	0,8			
Вентилятор вантажного трюму No.1	2	3	88	3,4	0,8	5,5	5,5		

Description	No of Set	Output (kW)	Efficiency (%)	Input (kW)	Load Factor	Normal Sea Going	At Port in/out	At Unloading	At Harbor
(No.1 Cargo hold vent fan)									
Вентилятор вантажного трюму No.2 (No.2 Cargo hold vent fan)	2	5,5	87	6,3	0,8	10,1	10,1		
Вентилятор вантажного трюму No.3 (No.3 Cargo hold vent fan)	2	5,5	87	6,3	0,8	10,1	10,1		
Вентилятор вантажного трюму No.4 (No.4 Cargo hold vent fan)	2	5,5	87	6,3	0,8	10,1	10,1		
Вентилятор вантажного трюму No.5 (No.5 Cargo hold vent fan)	2	5,5	87	6,3	0,8	10,1	10,1		
Вентилятор вантажного трюму No.6 (No.6 Cargo hold vent fan)	2	5,5	87	6,3	0,8	10,1	10,1		
Вентилятор вантажного трюму No.7 (No.7 Cargo hold vent fan)	2	3,7	86	4,3	0,8	6,9	6,9		
Вентилятор вантажного трюму No.8 (No.8 Cargo hold vent fan)	2	3,7	86	4,3	0,8	6,9	6,9		
ICCP система (ICCP System)	1			18	1	18	18	18	18
Освітлення надбудови (Accommodation lighting)	1			25	1	20	20	20	20
Освітлення машинного відділення (E/R lighting)	1			20	1	20	20	20	20
Прожектори на палубі (Deck flood lighting)	1			18	1	9	9	14,4	14,4

Description	No of Set	Output (kW)	Efficiency (%)	Input (kW)	Load Factor	Normal Sea Going	At Port in/out	At Unloading	At Harbor
Прожектори в вантажних трюмах (Cargo hold lighting)	1			20	1			16	
Control and instrument	1			6,3	1	5	5	2,5	2,5
Радіо та навігаційне обладнання (Radio and navigation equipment)	1			15	1	10,5	10,5	4,5	4,5
Інше (Miscellaneous)	1			5	1	5	5	5	5
Носовий підрулюючий пристрій (Bow thruster)	1			2500	1		2500		
Гідравлічний насос підрулюючого пристрою (Bow thruster hydraulic pump)	1	4,6	87	5,3	0,8		4,2		
Вентилятор відсіку з підрулюючим пристроєм та аварійним пожежним насосом (Bow thruster/em.fire pumps room fan)	1	5,5	86	6,4	0,8		5,1		
Ріферні контейнери (Reefer container on Deck)	400			8	1	3200	3200	3200	

Додаток 2 – Таблиця навантаження для споживачів, які використовуються періодично (непостійно)

Description	No of Set	Working Set	Output (kW)	Efficiency (%)	Input (kW)	Normal Sea Going	At Port	At Unloading	At Harbor
Головний повітряний компресор (Main air compressor)	4	41	65	93,9	69,2	55,4	221,5	55,4	55,4
Валоповоротний пристрій (Turning gear)	1	1	15	90	16,7				
Насос для переачки палива (FO transfer pump)	1	1	25,3	91,5	27,7	21	21	21	21
Насос для перекачки змащуючого масла (LO transfer pump)	1	1	8,6	89,5	9,6	7,4	7,4	7,4	7,4
Насос для перекачки дизельного палива (MDO transfer pump)	1	1	25,3	93	27,2	21,8	21,8	21,8	21,8
Насос бруної води (Sludge pump)	1	1	11	87	12,6	10,1	10,1	10,1	10,1
Трюмної води/пожежний/загальний насос (Bilge, fire&general service pump)	1	1	150	96	156,3				
Пожежний насос (Fire pump)	1	1	49	94	52,1				
Баластний и насос трюмної води (Ballast & bilge pump)	1	1	102	95	107,4			89,1	
Баластний насос (Ballast pump)	1	1	102	95	107,4			89,1	
Насос прісної води для гідравлічного танку (FW pump for Hydraulic Tank)	2	1	3	87	3,4	2,8	2,8	2,8	2,8
Калоріфер (Calorifer)	1	1			15				
Змащуючий насос керма (Grease pump for rudder carrier)	1	1	0,2	80	0,3	0,2	0,2		
Сепаратор змащуючого масла ДГ (G/E LO purifier)	2	1	3,6	84	4,3	3,4	3,4	3,4	3,4
Сепаратор дизельного палива (MDO purifier)	1	1	3,6	84	4,3	3,4	3,4	3,4	3,4
Нагнітаючий насос диз. Палива (MDO	1	1	1,75	82	2,1	1	1	1	1

Description	No of Set	Working Set	Output (kW)	Efficiency (%)	Input (kW)	Normal Sea Going	At Port	At Unloading	At Harbor
purifier supply pump)									
Сепаратор брудного масла (Sludge oil purifier)	1	1	3,6	84	4,3	3,4	3,4	3,4	3,4
Насос котла для перекачки прісної води (Boiler FW transfer pump)	1	1	1,3	79	1,6	0,7	0,7	0,7	0,7
Насос для перекачки охолоджуючої прісної води (Cooling FW transfer pump)	1	1	1,3	79	1,6	0,7	0,7	0,7	0,7
Насос для перекачки стічних вод (Sewage transfer pump)	1	1	5,3	86	6,2	2,2	2,2	2,2	2,2
Витяжний вентилятор простору exh. Valve test ГД (M/E exh. Valve test space Exh. Fan)	1	1	0,75	81	0,9				
M/E air cooler chemical cleaning pump	1	1	1,3	79	1,6				
M/E cylinder oil shift.pump	1	1	1,75	82	2,1	1,1	1,1	1,1	1,1
Інсінератор (Insinerator)	1	1	7,5	88	8,5	6,8			0,7
Обладнання камбузу (Galley equipment)	1	1			77,4	61,9	38,7	38,7	38,7
Обладнання пральні (Laudry Equipment)	1	1			33,2	26,6	16,6	16,6	16,6
Ліфт (Elevator)	1	1	7,5	84	8,9	4,5	4,5	4,5	4,5
Електрозв'язувач (Electric welder (300A))	1	1			12,6				
Токарний верстат (Lathe)	1	1	5,5	86	6,4				
Кондиціонер мастерні (Workshop unit cooler)	1	1	4,3	87	4,9				
Сверлильний верстат (Drill machine)	1	1	1,5	82	1,8				
Шлифувальна машина (Grinder machine)	1	1	0,75	81	0,9				
Кран машинного відділення (E/R overhead crane)	2	1	10,8	71	15,2				
Брашпіль (Windlass/FWD)	2	2	90	94	95,7		76,6	30,6	30,6

Description	No of Set	Working Set	Output (kW)	Efficiency (%)	Input (kW)	Normal Sea Going	At Port	At Unloading	At Harbor
mooring winch)									
Елементи живлення швартовної лебідки (Power unit for Mooring winch)	8	8	68	93	73,1		234	93,6	93,6
Монорейковий підйомник (Monorail Hoist (10T))	1	1	22	85	25,9			8,3	8,3
Підйомна лебідка для рятувального човна (Life/Rescue boat davit winch)	1	1	18	80	22,5				
Підйомна лебідка для рятувального човна (Life boat davit winch)	1	1	3,7	83	4,5				
Лебідка трапу (Accommodation ladder winch)	2	1	5,5	78	7,1				

Додаток 3 – Таблиця навантаження для споживачів, які використовуються в аварійному режимі

Description	No of Set	Working Set	Output (kW)	Efficiency (%)	Input (kW)	At Black Out	At Fire
Аварійний Рульовий пристрій (Steering gear for emergency)	1	1	22	85	25,9	20,7	20,7
Головний повітряний компресор (Main air compressor)	1	1	65	93,9	69,2		
Вентиляція машинного відділення (E/R ventilation fan)	1	1	75	90	83,3		
Ліфт (Elevator for emergency)	1	1	7,5	88	8,5	6,8	6,8
Вентилятор відсіку з підрулюючим пристроєм та аварійним пожежним насосом (Bow thruster/em.fire pump room fan)	1	1	5,5	86	6,4		5,1
Відсік аварійного генератора (Em.generator room fan)	1	1	0,86	79	1,1		0,9
Нагнітаючий вентилятор рульового відсіку (Steering gear room supply fan)	1	1	3,7	81	4,6		3,7
Аварійний пожежний насос (Em. fire pump)	1	1	49	94	52,1		37,5

Description	No of Set	Working Set	Output (kW)	Efficiency (%)	Input (kW)	At Black Out	At Fire
G/E MDO flushing pump	1	1	6,3	89	7,1		
Автопілот (Gyro/auto pilot)	1	1			2,5	2,5	2,5
Радари (Radars)	1	1			2,5	2,5	2,5
Радіообладнання (Radio equipment)	1	1			4	4	4
Супутникова система (Sattellite communication system)	1	1			2	2	2
Навігаційна система (Navigation/intercommunication system)	1	1			4	4	4
Керуюча панель ГД (M/E control console)	1	1			2	2	2
Навігаційні вогні (Navigation lighting)	1	1			0,6	0,6	0,6
Аварійне освітлення (Emergency lighting)	1	1			6	6	6