

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»
Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки
(заочна форма навчання)

Кафедра електричної інженерії та електроніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА
на тему

**«Електрообладнання, електронна апаратура та системи
управління контейнеровоза місткістю 2500 TEU»**

Виконав: студент 5 курсу,
спеціальності:
271.03 «Експлуатація суднового
електрообладнання і засобів автоматики»

Ряго Володимир Сергійович

Допущений до захисту: 15.06.21

Завідуючий кафедрою: д.т.н. Муха М.Й.

Керівник: д.т.н. Муха М.Й.

Нормоконтролер: Шевцов Ю.С.

Рецензент:

(підпис, прізвище та ініціали)

Одеса - 2021 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

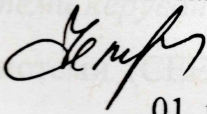
Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки

(заочне відділення)

Кафедра електричної інженерії та електроніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ЕІ та Е

 М.Й. Муха

01 квітня 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу бакалавра

Ряго Володимира Сергійовича

Тема бакалаврської роботи

1. **«Електрообладнання, електронна апаратура та системи управління контейнеровоза місткістю 2500 TEU»**, затверджена наказом ректора університету від 03 червня 2021 р., № 750.
2. Термін здачі курсантом закінченої роботи до 14.06.2021 р.
3. Змістовна частина розділів дипломної роботи ступеню вищої освіти «бакалавр», спеціальності 271 «Річковий та морський транспорт», спеціалізації 271.03 «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики», як зазначено нижче:
 - 3.1. Технічно-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна, стислий опис корпусу судна та рушія, головної енергетичної установки, вантажного комплексу, допоміжних механізмів і систем. Обґрунтування основних параметрів суднової електроенергетичної системи (СЕЕС) та вибір її типу.

- 3.2. Розрахунок режимів роботи та вибір електропривода одного із суднових механізмів (за погодженням з керівником дипломної роботи): розрахунок потужності та вибір електродвигуна; вибір схеми живлення та керування (можливо комплектний електропривод) на підставі знаку автоматизації судна; розрахунок та вибір комутаційно-захисної апаратури. Розробка інструкції з експлуатації або налагодження суднового електроприводу.

Графічна частина: 1. Принципова схема силової частини електропривода та принципова або функціональна схема системи керування.

- 3.3. Розрахунок суднової електроенергетичної системи (СЕЕС): розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції (метод розрахунку за погодженням з керівником дипломної роботи); вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ; розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів; вибір системи збудження синхронних генераторів; розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії; перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги; вибір засобів автоматизації СЕЕС та їх алгоритмів функціонування; загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення, суднових сигнально-розпізнавальних вогнів, освітлення низької напруги.

Графічна частина: 1. Однолінійна схема ГРЩ і АРЩ. 2. Система збудження СГ.

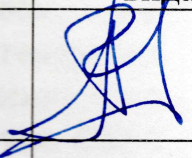
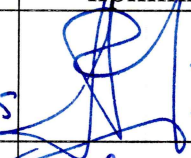
- 3.4. Аналіз систем та пристроїв управління судном: технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних та управляючих систем; аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки (наприклад, ДАУ ГД, ДАУ ДГ, засоби автоматизації СЕЕС, системи управління допоміжними механізмами та загально судновими системами, тощо) (за погодженням з керівником дипломної роботи); технічні характеристики та конструктивні осо-

бливості основних пристроїв управління судна, системи контролю та сигналізації; внутрішнього зв'язку; технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв та радіозв'язку.

Графічна частина: 1. Принципова або структурна схема системи управління технічного об'єкту; граф-схема алгоритму функціонування.

3.5. Питання цивільного захисту та охорони праці.

3.6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис і дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	Голобородько О.І.	 12.05	 21.05.21
Охорона праці <i>безпека та виживання на морі</i>	Парменова Д.Г.		 24.05.21

4. Дата видачі завдання: 01 квітня 2021 р.

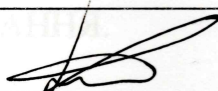
Керівник дипломної роботи:  Муха М.Й.

Завдання прийняв до виконання:  Ряго В.С.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Обґрунтування використання та розробка електроприводу насоса заборотної води. Розробка схеми живлення та управління плавним пуском на підставі знаку автоматизації судна.	14.04.2021 – 22.04.2021	
2.	Розрахунок суднової електроенергетичної системи (СЕЕС). Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції; вибір структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ; вибір генераторних автоматів. Вибір системи збудження генераторів. Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужних споживачів електроенергії; перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги. Вибір засобів автоматизації СЕЕС та розробка алгоритмів управління СЕЕС.	26.04.2021 – 12.05.2021	
3.	Аналіз систем та пристроїв управління судном. Засоби автоматизації СЕЕС. Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю та сигналізації; технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв та радіозв'язку. Загальні відомості о мережі суднового електричного освітлення, суднових сигнально-розпізнавальних вогнів, освітлення низької напруги.	17.05.2021 – 26.05.2021	
4.	Технологія та інструкція з експлуатації та налагодження суднового електрообладнання і засобів автоматизації.	28.05.2021 – 03.06.2021	
5.	Цивільний захист та охорона судна.	04.06.2021 – 11.06.2021	

Дипломник



Ряго В.С.

Керівник дипломної роботи



Муха М.Й.

РЕФЕРАТ

Електрообладнання, електронна апаратура и системи управління
контейнеровоза місткістю 2500 контейнерів

У дипломній роботі було розглянуто судно контейнеровоза місткістю 2500 контейнерів. Були описані техніко-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна.

Для насоса заборотної води охолодження ГД була розрахована система керування електроприводу ПЧ – АД, вибрано та перевірено асинхронний двигун, перетворювач частоти та насос.

Виконано розрахунок суднової електроенергетичної системи. Табличним методом була розрахована потужність та зроблений вибір числа дизель генераторів суднової електростанції. Описані безщітковий синхронний генератор і його система збудження. Розроблені однолінійна схеми головного і аварійного розподільних щитів. Описана схема розподілу електроенергії по судну. 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 цивільного захисту та охорони судна.

Ключові слова: СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД, СУДНОВА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ГОЛОВНИЙ СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОРОЗПОДІЛЬНИЙ ЩИТ, ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ, ДИСТАНЦІЙНЕ АВТОМАТИЗОВАНЕ КЕРУВАННЯ.

ABSTRACT

Electrical, Electronics and System Management of the container ship with a capacity of 2500 containers.

The container ship with a capacity of 2500 containers was considered in the diploma work. Technical-operating descriptions and structural features of ship were described.

The control system of the electric drive for the seawater pump of cooling of ME was calculated. The induction motor, the frequency inverter and the pump were selected and checked.

The calculation of ship power system was performed. The tabular method was used to calculate the power of the ship's power plant and select the number of diesel generators of the power plant. A brushless synchronous generator and his system of excitation was described. Single-line diagram main and emergency switchboards were developed. The diagram of distributing of electric power on a ship was described. Was chosen the automated control ship's power system, developed functional diagram of automated control system (ACS) SPS. Consideration and analysis of the principles of operation of soft-start devices is carried out.

An analysis of the control systems of the ship's electric power plant and ship's radio and navigation systems was performed.

The questions of maintenance of ships electric equipment and automatization, as well as the civil defence and labour protection are lighted up.

Key words: MARINE ELECTRIC, SHIP'S POWER, THE MAIN SHIP ELECTRICITY SHIELD, INTEGRATED MANAGEMENT SYSTEMS, CONTROL ALGORITHMS, REMOTE AUTOMATED CONTROL.

ЗМІСТ

ВСТУП	12
Розділ 1. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА	14
1.1. Стислий опис корпусу судна та рушія, головної енергетичної установки, вантажного комплексу, допоміжних механізмів і систем	15
1.2. Обґрунтування основних параметрів суднової електроенергетичної системи та вибір її типу	17
Розділ 2. СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ТА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ (СУДНОВА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА СИСТЕМА)	19
2.1. Розрахунок потужності та вибір електродвигуна насоса заборотної води системи охолодження ГД.	21
2.2. Обґрунтування і вибір схеми живлення та управління. Вибір комутаційно-захисної апаратури та засобів електромагнітної сумісності електроприводу.	31
2.3. Розробка інструкції з експлуатації.	38
Розділ 3. СУДНОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА (СЕЕС)	39
3.1. Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості, потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів СЕЕС.	39
3.2. Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії.	43
3.3. Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми головного (ГРЩ) та аварійного (АРЩ) розподільних щитів.	46
3.4. Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів.	48
3.5. Вибір апаратів, приладів, приборів ГРЩ та фідерів, що відходять від ГРЩ.	54
3.6. Вибір системи збудження синхронних генераторів (СГ).	57
3.7. Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії .	59
3.8. Перевірка кабелю живлення одного з найбільш віддалених електроприводів на втрату напруги.	63
3.9. Вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, розробка алгоритмів управління СЕЕС.	64
3.10. Загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення, суднових сигнально-відмітних вогнів, освітлення низької напруги.	70
Розділ 4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ.	72
4.1. Технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем.	72
4.2. Аналіз роботи системи управління підрулюючого пристрою (з системою soft-start)	75

4.3. Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації та внутрішнього зв'язку.	80
4.4. Технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіонавігаційних пристроїв та радіозв'язку.	83
Розділ 5. ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ	86
5.1. Цивільний захист. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.	86
5.2 Охорона праці.	93
5.2.1 Призначення та принцип використання супутникової системи зв'язку ІНМАРСАТ / INMARSAT.	93
5.2.2 Засоби індивідуального захисту, їх види та призначення.	95
5.2.3 Обов'язки осіб командного складу при боротьбі з пожежами на судні.	100
5.2.4 Аналіз методів очистки нафтовмісних вод.	102
ВИСНОВОК	104
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	105
ДОДАТКИ	

Перелік умовних позначень

- АВ - Автоматичний вимикач
- АДГ - Аварійний дизель – генератор
- АКБ - Акумуляторні батареї
- АКП - Автоматичний керуючий пристрій
- АПС - Аварійно - попереджувальна сигналізація
- АРЩ - Аварійний розподільний щит
- АРН - Автоматичний регулятор напруги
- АЦП – Аналого - цифровий перетворювач.
- БВЧО - Блок виміру частоти обертання
- БККП - Блок контролю кривої пуску
- ГД - Головний двигун
- ГА - Генераторні агрегати
- ГСА - Граф схема алгоритму
- ГРЩ - Головний розподільний щит
- ДАУ - Дистанційне автоматизоване управління
- ДГ - Дизель - генератор
- ДК - Допоміжний котел.
- ЕЗА - Електричні засоби автоматизації
- ЕОМ - Електронна обчислювальна машина
- ЕУ - Енергетична установка
- КЗ - Коротке замикання

ККД - Коефіцієнт корисної дії

КСК ТЗ - Комплекс систем керування технічними засобами

КУ - Котельна установка

МВ - Машинне відділення

МКВ - Машинно - котельне відділення

ПД - Привідний двигун

ПТЕ - Правила технічної експлуатації

РЩ - Розподільний щит

СДУ - Суднова дизельна установка

СЕС - Суднова електростанція

СЕУ - Суднова енергетична установка

СОД - Середньообертовий дизель

СУ - Система управління

ТВ - Технічне використання

ТЕ - Технічна експлуатація

ЦПК - Центральний пост керування

ВСТУП

На початку 60-х років відбувся перший у світі рейс контейнерного судна (яке було лише переробленим танкером). Рейс проходив під пильним наглядом і державних службовців і конкурентів тоді ще невідомого бізнесмена Малколма Макліна, а також всього прогресивного людства. На переробленому танкері перевозилося 56 контейнерів і спостерігачі з 100 чоловік (представники державних структур та підприємці), маршрут пролягав від Нью-Йорка до Х'юстона. Хоч і не без перешкод, ця ідея була підхоплена людством та сформувалася у тому вигляді, в якому вона є зараз.

На початку другого десятиліття 21-го століття дуже важко представити світ без контейнерних перевезень. Як показали події з контейнеровозом EVER GIVEN, який на декілька тижнів паралізував Суецький канал, в наш час глобалізації морські перевезення є тим самим невід'ємним рушієм світової економіки. Саме завдяки їм, більшою мірою контейнерним перевезенням, ми маємо можливість побачити та скоштувати товари з будь якої країни у світі, де б вона не знаходилась.

Зростаючі об'єми контейнерних перевезень спонукають суднобудівну індустрію проектувати та будувати контейнеровози великої місткості. Сумнозвісний контейнеровоз EVER GIVEN може прийняти на борт близько 20000 TEU, але такими об'ємами вже нікого не здивувати. Все це стало можливим завдяки широкому впровадженню сучасних технологій не лише на стадії будування судна, але й при автоматизації керування.

Судна транспортного флоту мають велику кількість різних електрифікованих механізмів, схеми електроустаткування і автоматики, для живлення яких потрібні потужні судові електростанції. Сучасні судна мають електростанції потужністю від декількох сотень кіловат до декількох сотень мегават, що забезпечують живлення електроприводів різних судових механізмів, систем освітлення та опалення, навігаційного обладнання, різних видів автоматизації зв'язку і сигналізації.

Засоби автоматизації на морських суднах вирішують такі задачі, як полегшення і підвищення продуктивності праці екіпажу, поліпшення експлуатаційних характеристик судна, подовження періоду між ремонтами і профілактичними оглядами устаткування, зменшення можливості виникнення небезпечних аварійних випадків через поліпшення контролю за роботою устаткування й автоматизації процесу управління його роботи, швидке прийняття рішень в аварійних ситуаціях, створення передумов для вдосконалення форм організації праці екіпажу, скорочення численності екіпажу. Все це дозволило керувати такими величезними суднами без перешкод, а також зменшило витрати на їх обслуговування та експлуатацію.

Всі ці технології також присутні і на суднах меншої місткості.

Розділ 1. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА

У дипломній роботі розглядається електрообладнання, електронна апаратура та системи управління контейнеровоза місткістю 2500 TEU. Зовнішній вигляд судна зображений на рис. 1.1. (на прикладі судна TG ATHENA).



Рисунок 1.1 - Контейнеровоз місткістю 2500 контейнерів.

TG ATHENA - судно-контейнеровоз споруди SSW SCHICHAU SEEBECK SHIPYARD призначене для перевезення небезпечних вантажів максимальна ємність якого становить 2500 TEU. При цьому 958 контейнера - в трюмах нижче палуби і 1 532 на палубі. Також передбачається можливість перевезення рефрижераторних контейнерів в кількості 342 шт., 3 них - 200 шт. на палубі і 142 шт. в трюмах нижче палуби (передбачені розетки для підключення рефрижераторних контейнерів на головній палубі і в трюмах).

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

Таблиця 1.1.1 - Загальна характеристика судна

Довжина	211,85 м.
Ширина	29,8 м.
Дедвейт	34681 т.
Швидкість	22 вуз.
Осадка	16,7 м.
Кількість контейнерів	
- в трюмі	958 шт.
- на палубі	1532 шт.
- рефрижераторних контейнерів	300 шт.
Район плавання	необмежений
Тип двигуна	двотактний дизель, реверсивний
Екіпаж	22 чоловіка

Таблиця 1.1.2 - Головний двигун

Виробник	SULZER
Тип	7RTA72 U-B
Потужність	21560 кВт
Кількість циліндрів	7
Діаметр поршня	720 мм.
Хід поршня	2500 мм.
Швидкість обертання	99 об./хв.

Таблиця 1.1.3 - Дизель-генератори

Виробник	MaK/AEM
Напруга	440 В
Потужність	1500 кВА
Частота	60 Гц
Кількість	3 шт.

Таблиця 1.1.4 - Аварійний дизель-генератор

Виробник	MAN
Напруга	440 В
Потужність	250 кВА
Частота	60 Гц
Кількість	1 шт.

Таблиця 1.1.5 - Допоміжний котел

Виробник	Aalborg/Weishaupt
Тип	вертикальний водотрубний
Робочий тиск	8 бар
Паровиробництво	6500 кг/год.

Таблиця 1.1.6 - Компресор пускового повітря

Виробник	Sauer
Тип	трисупінчатий
Принцип дії	поршневий
Робочий тиск	25 бар

Таблиця 1.1.7 - Підрулюючий пристрій

Виробник	WARTSILA
Тип	CT100
Потужність	1000 кВт
Кількість	1

Протипожежна система складається з двох пожежних насосів та одного аварійного пожежного насосу, який знаходиться біля підрулюючого пристрою.

Протипожежна система CO₂ складається з балонів зжатого газу CO₂, системи визначення диму. Система CO₂ розрахована для тушіння пожеги у вантажних трюмах та у машинному відділенні.

Пожежна сигналізація базується на електронному устаткуванні від CONSILIUM MARINE. Шістнадцять кіл пожежних сенсорів включають в себе по сім сенсорів кожне коло. Пожежні сенсори встановлені майже в усіх приміщеннях судна.

1.2. Обґрунтування основних параметрів суднової електроенергетичної системи та вибір її типу

Судно, як автономна енергетична установка, використовує майже усі види енергії для роботи своїх механізмів. Але, щоб мати можливість досягти такого енергетичного різноманіття, використовується електроенергія як найлегше генерована, конвертована та перетворювана вид енергії.

Так, у більшості випадків, основними споживачами електроенергії є асинхронні двигуни. Для їх живлення використовується змінний струм. Такі електродвигуни мають більш просту конструкцію, ніж електродвигуни інших типів. Тому асинхронні двигуни є більш надійними в експлуатації, що зменшує витрати на їх обслуговування.

Частота змінного струму в судновій електроенергетичній системі дорівнює 60 Гц. Споживачі, для роботи яких потрібно струм іншої частоти (мається на увазі

електропривод, який має можливість керувати частотою обертання асинхронного двигуна), живляться через перетворювачі частоти.

Обрана трифазна система з ізольованою нейтраллю, оскільки вона є найбільш безпечна, бо цей метод підключення дозволяє досягнути найменшої напруги дотику при попаданні напруги на корпус пристрою. Нульова точка генератора при підключенні «ЗІРКА» підключається напряму до корпусу судна.

Для основних та допоміжних генераторних агрегатів суднової електроенергетичної системи вибираємо напругу 440 В, що є найкращим рішенням для даних розмірів судна та його призначення. Споживачі, для роботи яких потрібна знижена напруга, живляться через трансформатори. Мережа освітлення живиться напругою 220 В.

Тип первинних двигунів генераторних агрегатів – дизель, які мають можливість працювати як на дизельному паливі, так і на важкому пальному.

Панелі ГРЩ марки VEM Electric, складаються з 11 секцій. Панелі АРЩ також виробництва VEM Electric та складаються з 4 секцій.

Електродвигун носового підрулюючого пристрою живиться напругою 440 В та має потужність 1000 кВт.

На головній палубі є вантажні електрогідравлічні крани марки MacGregor – 3 шт.

Електродвигуни основних механізмів (насосів охолодження прісною і забортною водою, паливних насосів, масляних, насосів гідравліки і рульового машини) марки: VEM, Siemens та ABB.

Розділ 2. СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ТА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ (СУДНОВА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА СИСТЕМА)

У цьому розділі буде розглянутий електропривод насоса заборотної води, який є частиною системи охолодження головного двигуна.

Ця система охолодження призначена для відводу тепла від деталей двигуна, підданих нагріванню гарячими газами й для підтримки припустимих температур, обумовлених жароміцністю матеріалів, термостабільністю масла й оптимальними умовами протікання робочого процесу. Залежно від конструкції ДВЗ кількість тепла, що приділяється в охолоджуючу рідину, становить 15-35 % тепла, яке виділяється при згоранні палива в циліндрах.

Для судових ДВЗ використовуються проточна й замкнена системи охолодження. При проточній системі охолодження двигуна здійснюється заборотною водою, яка перекачується насосом. Така система охолодження проста по конструкції, вимагає невеликої кількості насосів, але двигун охолоджується відносно холодною заборотною водою (не більш 50-55 С). Вище температуру підтримувати не можна, тому що вже при 45 С починається інтенсивне відкладання солей на поверхні охолодження. Крім того, усі порожнини системи, у яких протікає охолоджуюча забортна вода, сильно забруднюються шламом. Відкладання солей і шламу значно погіршують теплопередачу й порушують нормальне охолодження двигуна. Омивані поверхні зазнають значної корозії.

Сучасні судові ДВЗ мають, як правило, замкнену (двоконтурну) систему охолодження, при якій у двигуні циркулює прісна забортна вода, охолоджена в спеціальних водяних холодильниках. Водяні холодильники прокачуються заборотною водою.

Одним з основних переваг цієї системи є можливість підтримки охолоджуваних порожнин у більш чистому стані, тому що система заповнена прісною або спеціально очищеною водою. Це у свою чергу дозволяє легко підтримувати найвигіднішу температуру охолодної води залежно від режиму роботи двигуна. Температура прісної води, що виходить із двигуна, підтримується

роботі і один резервний). У режимі очікування температура в цьому контурі підтримується за рахунок працюючого ДГ. У контурі підтримується температурний режим у межах $80-85^{\circ}\text{C}$, що сприяє зниженню температурного перепаду в стінках і зменшенню теплових втрат у двигуні. Температура вихідної води звичайно підтримується постійна. Підвищення або зниження температури води в порівнянні з рекомендованою може привести до збільшення зношування втулок і поршневих кілець через погіршення умов змащення або корозійного стану.

FW-LT loop - низькотемпературний контур, який використовується для обслуговування низькотемпературних зон і підключений прямо до центрального теплообмінника. У цьому контурі температура теплоносія нижче, чим у попередньому й підтримується в межі $35 - 45$ градусів. У даний контур входять усі допоміжні системи [1].

Контур охолодження заборотною водою, що складається з насосів заборотної води й основного теплообмінника, призначений для відводу тепла з попередніх замкнених контурів.

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

Дотримуючись сучасних трендів в світовій промисловості, метою яких є підвищення енергоефективності обладнання для зменшення споживання енергоносіїв, зробимо метою підвищення енергетичної ефективності системи охолодження двигунів судна за рахунок регулювання подачі насоса заборотної води в теплообмінник залежно від температури заборотної води й теплового стану двигуна, то й розглянемо режим роботи відповідного насоса.

Використовуючи відомі характеристики судна, розрахуємо необхідну продуктивність насоса заборотної води в умовах його максимальної завантаженості (головний двигун і ДГ працюють на номінальній потужності, район плавання – екваторіальний) [2].

$$Q_{нз} = K_3 \cdot \frac{(Q_2 + Q_m + Q_{д2}) \cdot 10^{-3}}{C_6 \cdot \rho_6 \cdot (t_2 - t_1)},$$

де:

$Q_{нз}$ - продуктивність насоса заборотної води;

$K_3 = 1,2$ - коэф. запасу подачі води;

$Q_2 = a_6 \cdot g_e \cdot N_2 \cdot Q_n^p$ - кількість теплоти, що відбирається водою внутрішнього контуру від охолоджуваних деталей ГД;

$Q_m = a_m \cdot g_e \cdot N_2 \cdot Q_n^p$ - кількість теплоти, що відбирається маслом від тертьових пар двигуна;

$Q_{д2} = a_6 \cdot g_e \cdot N_{д2} \cdot Q_n^p$ - кількість теплоти, що відбирається водою внутрішнього контуру від охолоджуваних деталей ДГ;

$C_6 = 3,898 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot ^\circ\text{C}}$ - теплоємність морської води;

$\rho_6 = 1,02 \frac{\text{м}}{\text{м}^3}$ - щільність морської води;

$t_2 = 45^\circ\text{C}$ - температура теплоносія внутрішнього контуру;

$t_1 = 33^\circ\text{C}$ - температура заборотної води;

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

$$Q_2 = a_6 \cdot g_e \cdot N_2 \cdot Q_n^p = 0,12 \cdot 0,21 \cdot 21560 \cdot 41000 = 22,2 \cdot 10^6 \frac{\text{кДж}}{\text{год}},$$

де:

$a_6 = 0,12$ – частка тепла, що приділяється водою від усього кількості теплоти, що виділяється при згоранні палива в циліндрах двигуна;

$g_e = 0,21 \frac{\text{кг}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}$ – питома витрата палива;

$N_2 = 21560 \text{ кВт}$ – потужність головного двигуна;

$Q_n^p = 41000 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ – питома теплота згоряння палива.

Розрахуємо кількість теплоти, що відбирається водою внутрішнього контуру від охолоджуваних деталей ДГ:

$$Q_z = a_v \cdot g_e \cdot N_{dz} \cdot Q_n^p = 0,12 \cdot 0,21 \cdot 1500 \cdot 41000 = 1,54 \cdot 10^6 \frac{\text{кДж}}{\text{год}},$$

де:

$N_{dz} = 1500 \text{ кВт}$ – потужність одного ДГ.

Розрахуємо кількість теплоти, що відбирається маслом від тертьових пар двигуна:

$$Q_z = a_m \cdot g_e \cdot N_z \cdot Q_n^p = 0,1 \cdot 0,21 \cdot 21560 \cdot 41000 = 18,56 \cdot 10^6 \frac{\text{кДж}}{\text{год}},$$

де:

$a_m = 0,1$ -частка тепла, що приділяється водою від усього кількості теплоти, виділюваної при згорянні палива в циліндрах двигуна.

У результаті отриманих даних, максимальна необхідна продуктивність насоса заборотної води, буде наступною:

$$\begin{aligned} Q_{nz} &= K_z \cdot \frac{(Q_z + Q_m + Q_{dz}) \cdot 10^{-3}}{C_v \cdot \rho_v \cdot (t_2 - t_1)} = 1,2 \cdot \frac{(22,2 + 1,54 + 18,56) \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}}{3,898 \cdot 1,02 \cdot (45 - 33)} \\ &= 1063 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} \end{aligned}$$

Отримав показник продуктивності, виберемо наступний насос:

Таблиця 2.1.1 – Параметри обраного насоса

Тип	NB 250-350/370 (GRUNDFOS)
Частота обертання, об/хв	1760
Продуктивність, м ³	1124

Напір, бар	2,03
Макс. потужність насоса, кВт	81,6

Для даного насоса був обраний електродвигун фірми WEG із класом енергоефективності IE3 і призначеного спеціально для роботи із частотними перетворювачами:

Таблиця 2.1.2 – Параметри обраного двигуна

Тип ел. двигуна	WEG W22
Номінальна напруга, В	450
Номінальний струм, А	144
Номінальна швидкість обертання, об/хв	1760
Потужність двигуна, кВт	90
ККД	94%
cosφ	0,84

Пам'ятаючи, що ми поставили метою регулювання подачі насоса залежно від температури забортної, зробимо відповідні розрахунки.

Мінімально можливою температурою будемо вважати температуру води Північного моря в грудні - +6 С. Результат розрахунків занесемо в таблицю.

Таблиця 2.1.3 – Залежність продуктивності насоса від температура забортної води

Температура води, С°	Продуктивність насоса, м³/год
6	327
8	345
10	365
12	387
14	412

16	440
18	473
20	511
22	555
24	608
26	672
28	751
30	851
32	982
33	1064

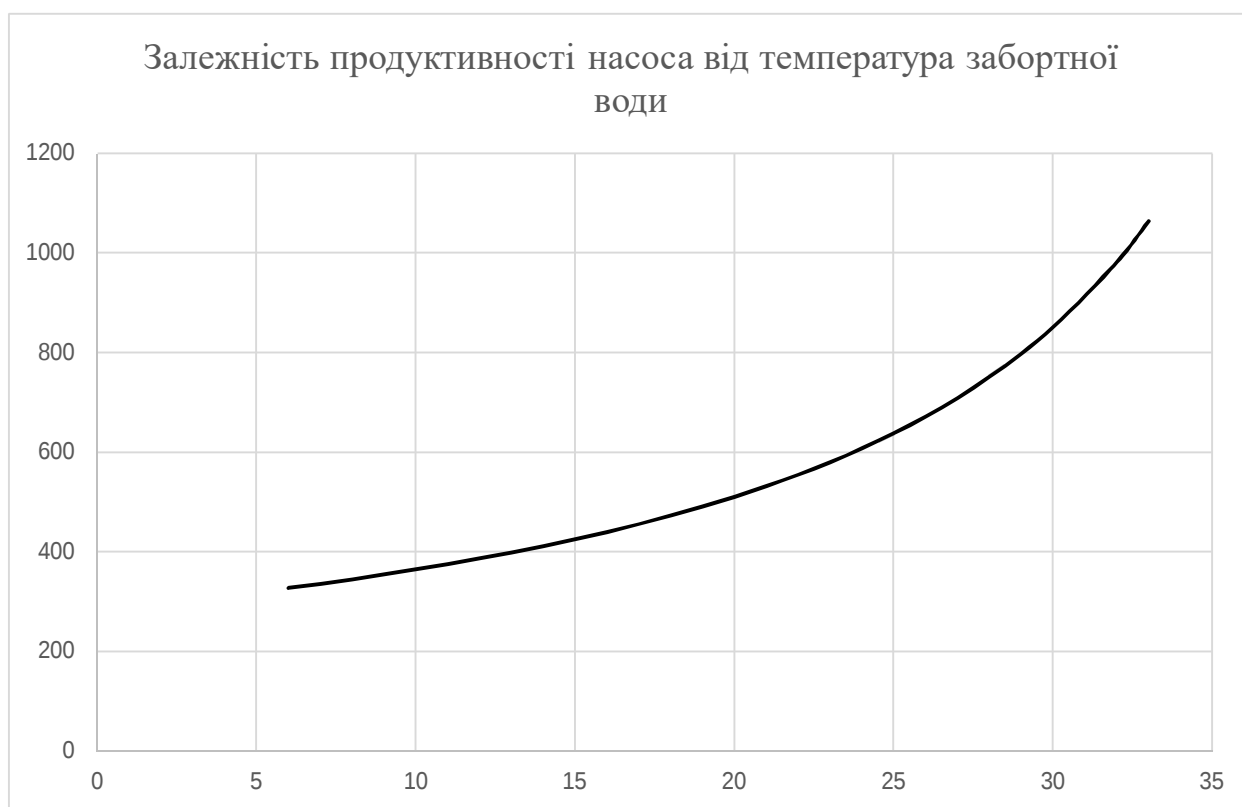


Рисунок 2.1.1 - Графік залежності продуктивності насоса від температура забортної води

Розрахунок попередньої залежності дозволяє перевірити ефективність обраного двигуна та обрати необхідний закон регулювання для нашого електропривода.

Для забезпечення стійкої роботи електродвигуна, обмеження його перевантаження по струму й магнітному потоку, підтримки високих енергетичних показників у частотному перетворювачі повинне підтримуватися певне співвідношення між його вхідними й вихідними параметрами, що залежить від виду механічної характеристики насоса. Це співвідношення називається законом частотного регулювання.

Що б зробити вибір оптимального закону регулювання задаємо наступні умови проектування:

- Параметри контуру, у якому працює наш насос, незмінні, а обсяг води, що протікає, регулюється тільки зміною частоти обертання робочого колеса насоса.
- ККД муфти, що з'єднує вали насоса й електродвигуна рівний 1. Отже момент на валу електродвигуна буде дорівнює моменту на валу насоса.

Розрахуємо частоту обертання насоса при різній продуктивності насоса. Для це скористаємося рівняннями подоби, які надав виробник:

$$\frac{Q_n}{Q_v} = \frac{n_n}{n_v},$$

де:

Q_n - номінальна продуктивність насоса;

Q_v - поточна продуктивність насоса;

n_n - номінальна частота обертання насоса;

n_v - поточна частота обертання насоса.

Так само, знаючи номінальну споживану потужність насоса P_n , одержимо номінальний момент на валу насоса - M_n :

$$M_n = \frac{P_n}{\omega} = \frac{P_n \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot n_n} = \frac{81600 \cdot 60}{2 \cdot \pi \cdot 1760} = 442,7 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Дотримуючись подальших вказівок виробника насоса [3], рівняння подоби для моментів буде наступним:

$$\frac{M_n}{M_v} = \left(\frac{n_n}{n_v} \right)^2,$$

де:

M_n - номінальний момент на валу насоса;

M_v - теперішній момент на валу насоса.

Таблиця 2.1.4 – Залежності продуктивності насосу та моменту на його валу від частоти обертання

Продуктивність насоса Q_v , м ³ /год	Частота обертання насоса n_v , об/хв	Момент на валу насоса M_n , Нм
327	513	38
345	540	42
365	571	47
387	606	52
412	645	59
440	689	68
473	740	78
511	800	91
555	869	108
608	952	130
672	1052	158
751	1176	198

851	1333	254
982	1538	338
1064	1666	397
1124	1760	443

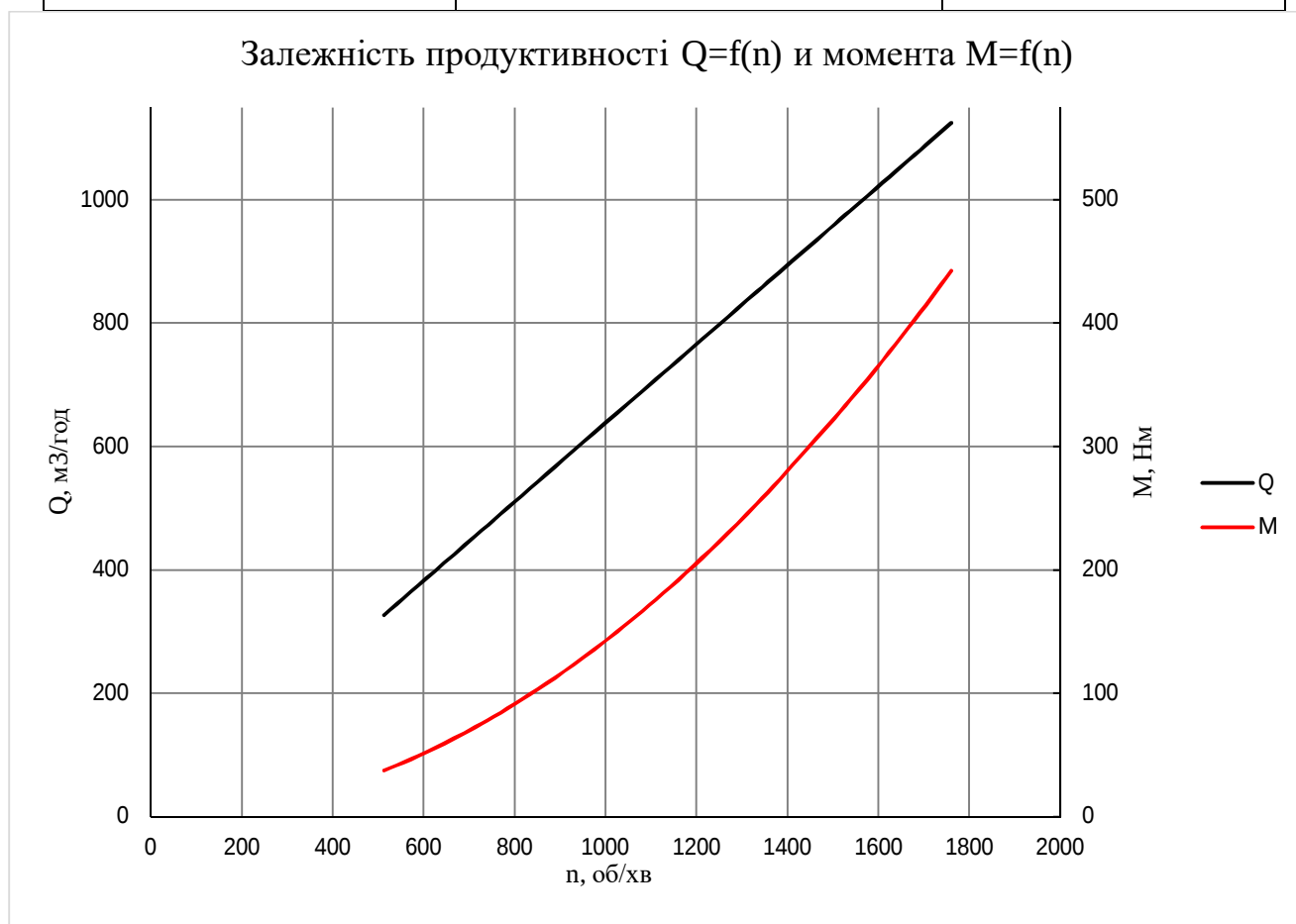


Рисунок 2.1.2 – Механічна характеристика насоса й залежність продуктивності насоса від його обертів.

Аналізуючи отримані дані, робимо висновок, що оптимальним законом частотного регулювання в цьому випадку буде $\frac{U}{f^2} = const$, що так само відповідає рекомендаціям виробника. Сполучивши отриману механічну характеристику насоса з механічними характеристиками електродвигуна [4], наданими виробником, робимо ще один висновок, що наш електропривод буде стабільно працювати у всьому діапазоні необхідної частоти обертання.

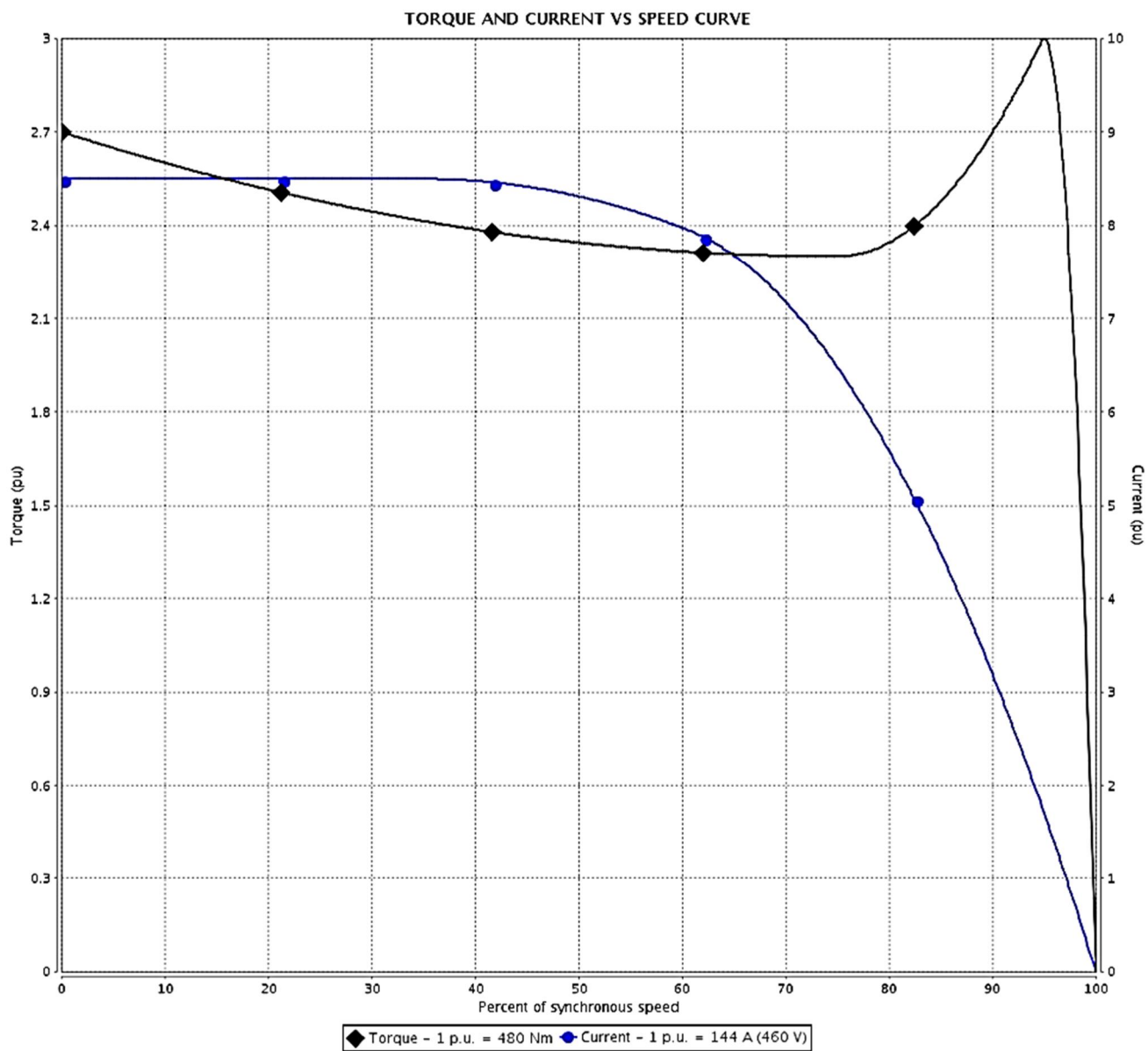


Рисунок 2.1.3 - Механічна і електромеханічна характеристики електродвигуна

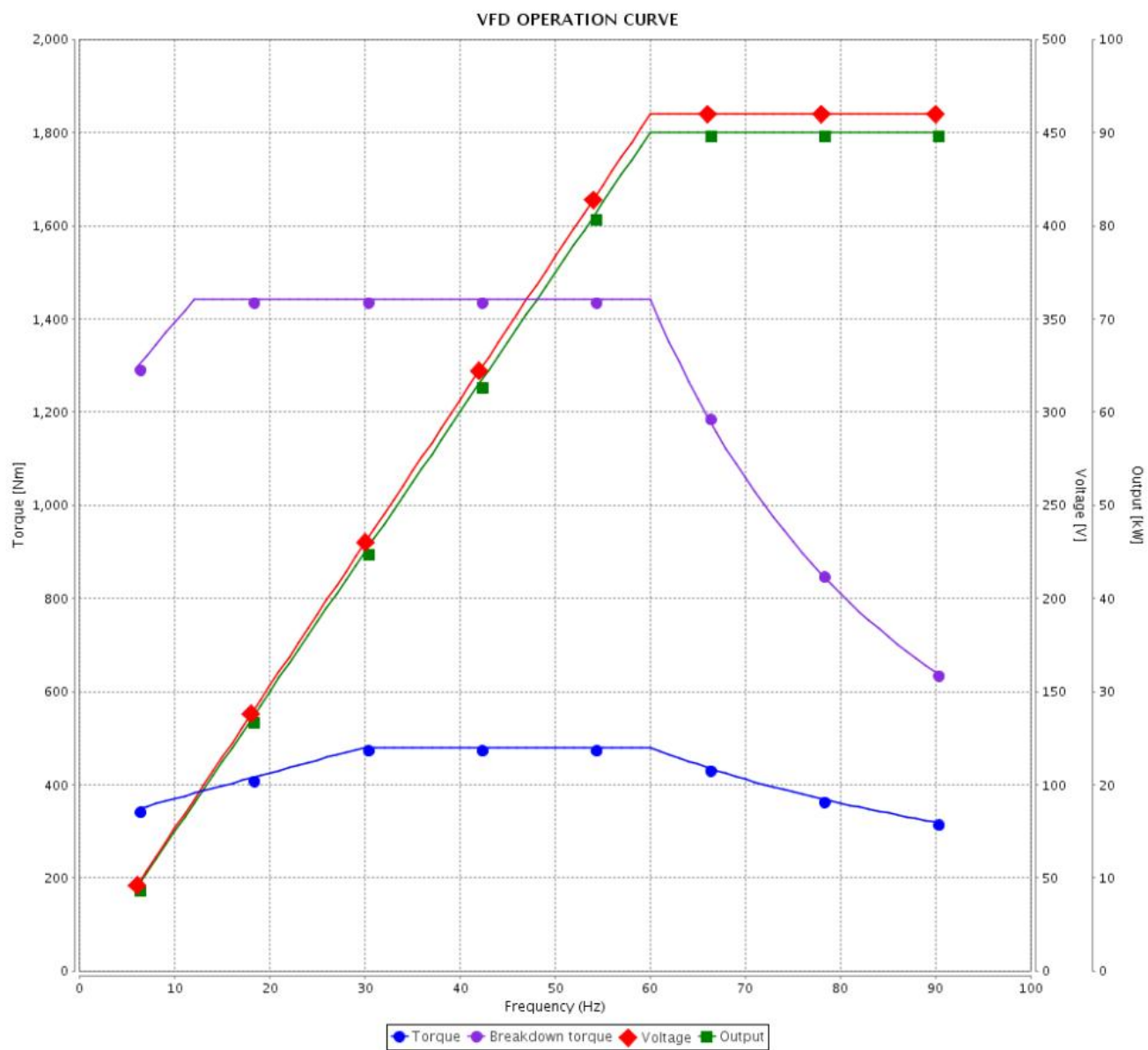


Рисунок 2.1.4 - Характеристики електродвигуна при керуванні від частотного перетворювача.

2.2. Обґрунтування і вибір схеми живлення та управління. Вибір комутаційно-захисної апаратури та засобів електромагнітної сумісності електроприводу.

Зробимо вибір у користь перетворювача частоти для регульованого асинхронного двигуна. Такий вибір ґрунтується в першу чергу на можливості реалізації всіх технологічних вимог, пропонованих до функціонування нашого механізму. Сучасний перетворювач частоти також дає можливість досягти максимальної електромагнітної сумісності електропривода з мережею. Маючи вже вбудовані функції з захисту споживача, які реалізовані за допомогою електронних та програмних засобів, перетворювач частоти самостійно захищає питомий асинхронний двигун майже від усіх позаштатних ситуацій. Це дозволяє значно зекономити кошти, які могли бути витрачені на додаткові захисні пристрої. Також не слід забувати, що електропривод побудований на базі ПЧ має коефіцієнт потужності біля 0,9-0,95, а деякі ПЧ ще вищий. Це означає, що навіть потужні електроприводи з ПЧ майже не впливають на загальний коефіцієнт потужності електромережі.

Підхід до вибору певного типу перетворювача частоти ґрунтується на параметрах наявної електричної мережі, номінальних даних обраного електродвигуна й максимальних значень моменту й струму.

Так при виборі перетворювача частоти необхідно дотримувати умов:

$$P_{\text{ном,пр}} \geq P_{\text{ном}};$$

$$I_{\text{ном,пр}} \geq I_{\text{расч}};$$

$$U_{\text{ном,пр}} \geq U_{\text{двиг}}.$$

Так само при виборі частотного перетворювача будемо відштовхуватися від того, що в рамках курсового проектування ми можемо вибирати нові моделі

перетворювачів з додатковими функціями й можливостями. Надалі це дозволить нам побудувати на його базі сучасну систему керування насосами заборотної води.

Ґрунтуючись на цих критеріях, зробимо вибір на користь пристрою від фірми DELTA - VFD900C43A/E [5].

Таблиця 2.2.1 – Параметри обраного ПЧ

Модель	VFD900C43A/E
Потужність	90
Напруги живлення	320-520
Вихідний струм (ном. режим)	150
Вихідний струм (тяж. режим)	171
Вбудований дросель	+
Вбудований ЕМІ-Фільтр	+
Вбудований ПЛК	+

Схеми, які наведені на рисунку 2.2.1 та 2.2.2, призначені для частотного керування асинхронним двигуном з короткозамкненим ротором. Схема забезпечує плавний пуск і гальмування, обмеження пускових струмів, широкий діапазон швидкостей. Схема містить:

- частотний перетворювач VFD900C43A/E
- два асинхронні двигуни WEG W22 (один резервний – на час обслуговування іншого насоса або його несправності)
- НМІ панель WEINTEK MT8100

Контроль здійснюється зі щита місцевого керування.

Живлення силової частини – трифазне, напругою 440 В. Живлення оперативних ланцюгів однофазне, здійснюється через трансформатор 440/220 В. Живлення панелі оператора й елементів керування здійснюється вбудованим у частотний перетворювач блоком живлення 24 В постійної напруги.

Захист ланцюгів організований за допомогою наступних елементів:

- QF1 – автоматичний повітряний вимикач, номінальний струм роботи 250А, з електромагнітним і тепловим розчіплювачем, клас В. Здійснює захист силових ланцюгів ПЧ. Обраний згідно з рекомендаціями виробника ПЧ [5]. Рекомендації виробника дуже облегшують, як проектування, так і експлуатацію електроприводів з ПЧ.
- F1 – блок запобіжників, номінальний струм 2А. Здійснює захист понижуючого трансформатора потужністю 0,4 кВа.
- Блок-контакти КМ1, КМ2 – охороняють ПЧ від одночасного включення двох електродвигунів.
- RA1, RC1- блок контактів вбудованого реле ПЧ, що дозволяє передати судовій автоматизованій системі моніторингу стан привода.

Органи керування:

- SB1 – кнопка ПУСК. Включає обраний насос. Підхоплення кнопки здійснюється вбудованою програмою PLC.
- SB2 – кнопка СТОП.
- SB3 – кнопка АВАРІЙНИЙ СТОП, з фіксацією. Розриває внутрішні ланцюги живлення ПЧ, здійснюючи його аварійне відключення.
- НМІ – панель оператора. З її допомогою відбувається керування частотним приводом і моніторинг його стану.

Датчики, сенсори:

- Rt – термоопір Pt100. З його допомогою відбувається контроль температури води в LT контурі охолодження. Має вбудований перетворювач 4 – 20 мА.

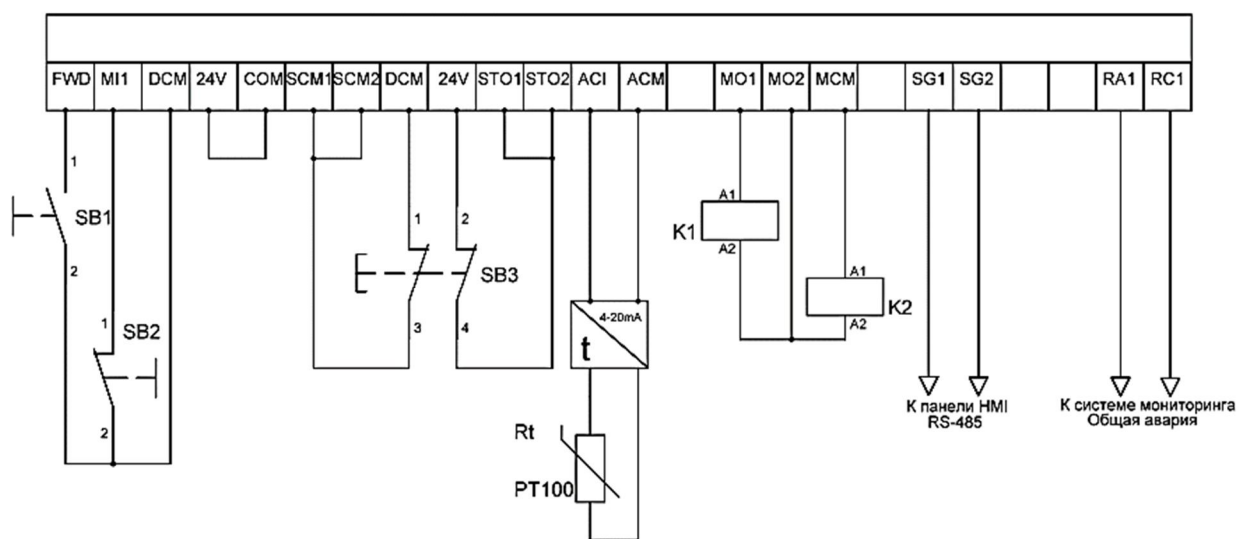


Рисунок 2.2.1 - Схема ланцюгів керування.

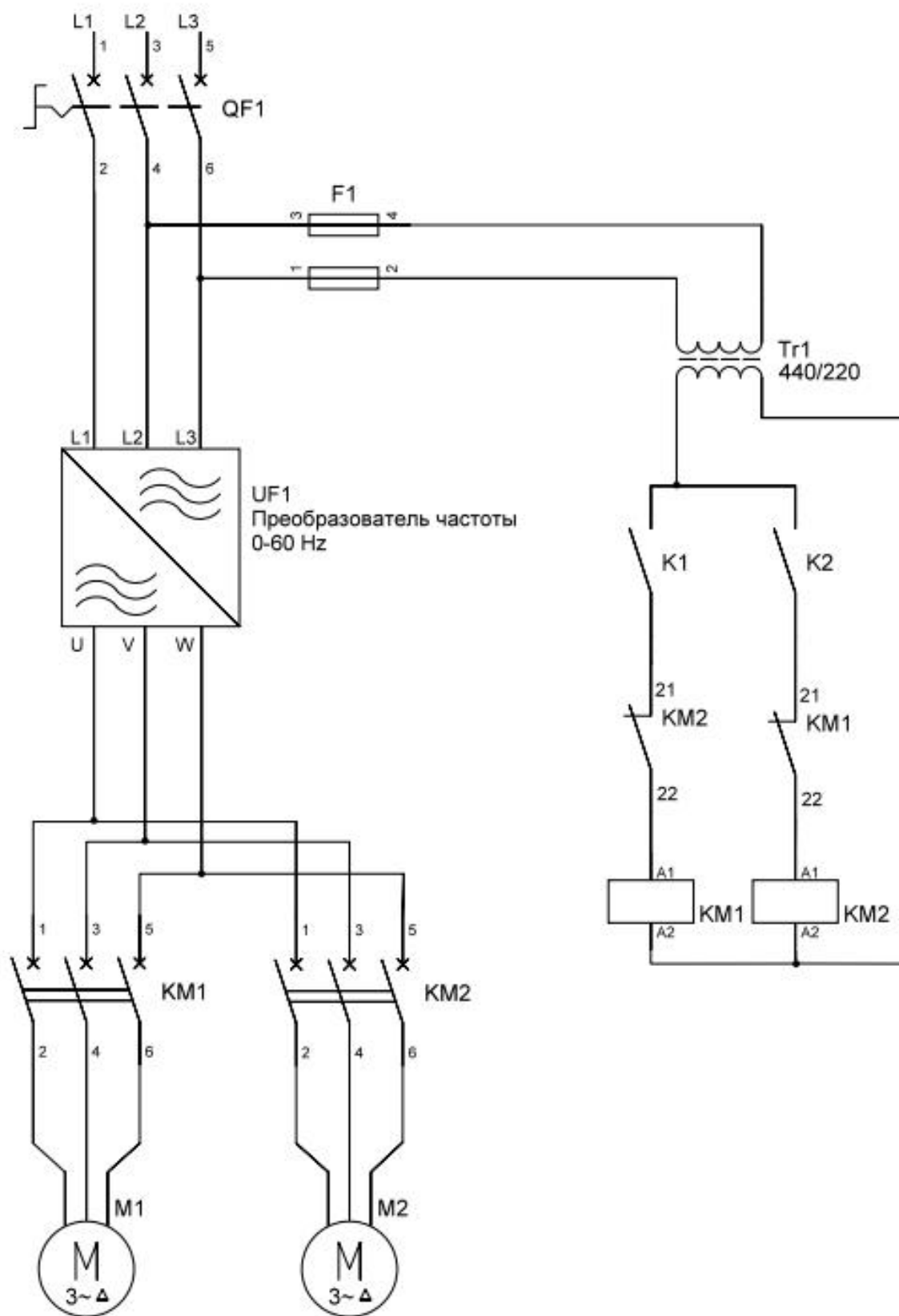


Рисунок 2.2.1 - Схема силовій частини привода насосів заборної води.

Сьогодні існує три основні способи організації керування технологічним устаткуванням.

Перший і традиційний спосіб — це застосування світлосигнальної арматур у вигляді перемикачів, кнопок, сигнальних ламп, маячків, колон і т.д. Перевагами такого методу є відносно низька вартість реалізації, висока надійність і ремонтпридатність.

Другий спосіб є розвитком першого. Справа в тому, що для керування складними технологічними об'єктами з більшою кількістю сигналів контролю й керування застосування НМІ, реалізованих тільки на базі світлосигнальних пристроїв, буде неефективним. Громіздкі пульти керування з безліччю сигнальних ламп, перемикачів, тумблерів не сприяють підвищенню якості взаємодії з оперативним персоналом. Тому другий метод заснований на застосуванні таких технічних рішень, як панельні комп'ютери й панелі оператора.

Рішенням став вибір панелі оператора НМІ у якості основного елемента керування.

Для даних панелей, виробництва фірми WEINTEK, було створено зручне середовище розробки – EASY BUILDER PRO. З її допомогою було створено меню керування насосами заборотної води. Приклад меню представлений на рисунку.

Вибір насосів відбувається на кнопку PUMP#1/PUMP#2. Коли насос обраний – кнопка стає як би «втисненою», відрізняючись від звичайного стану. ПУСК і СТОП насоса здійснюється як з панелі оператора, так і за допомогою кнопок, розташованих на основному щиті.

На панелі оператора так само виведені поточні значення струму, напруги, частоти струму й частоти обертання насоса. Дані параметри отримані від вбудованих сенсорів ПЧ.

Такий спосіб керування дозволить не тільки включати/виключати необхідний насос, але й робити постійний моніторинг його стану, адже струм і

частота обертання електродвигуна буде залежати так само й від стану насоса (наприклад, якщо струм вище, чим звичайно, те можна зробити висновок, що підшипники насоса або електродвигуна вимагають обслуговування).

Комунікація між панеллю оператора й ПЧ виконана за допомогою інтерфейсу RS-485, у якості протоколу зв'язки обраний Modbus ANSI.

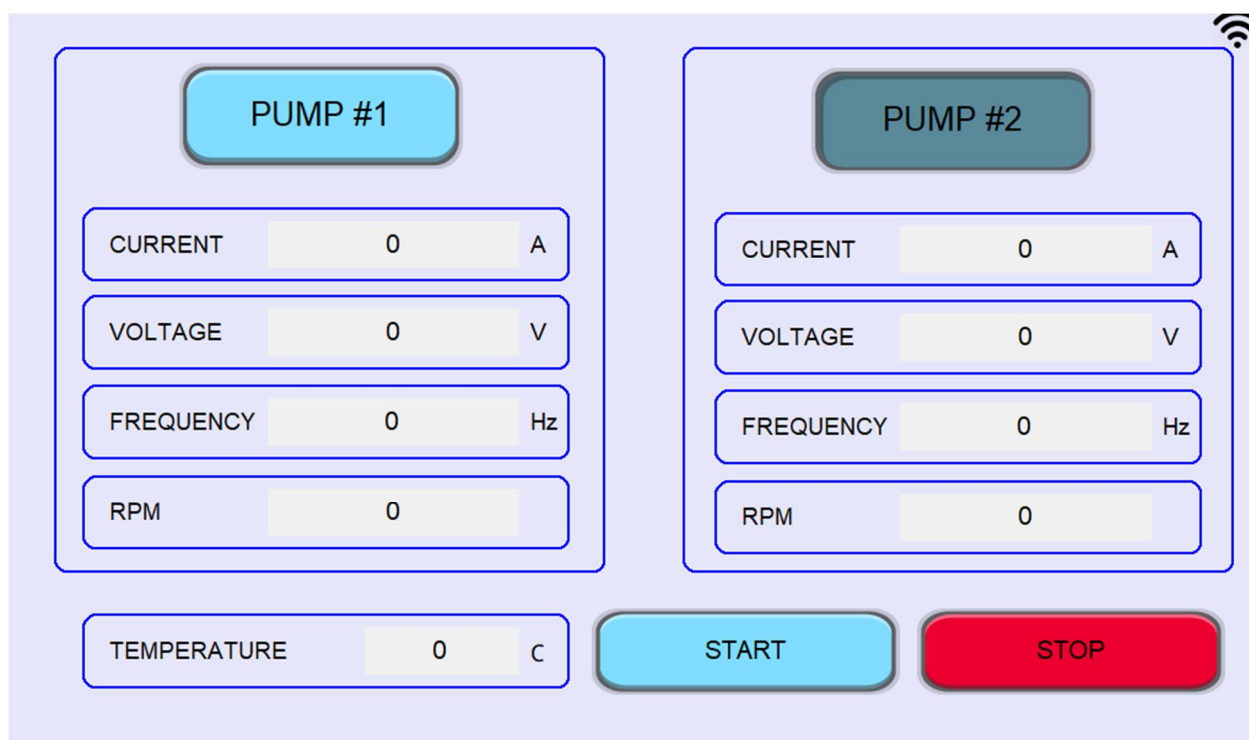


Рисунок 2.2.3 – Вигляд інтерфейсу панелі оператора.

2.3. Розробка інструкції з експлуатації.

До насоса заборотної води системи охолодження ГД приймаються ті ж вимоги, що до насосів в загалом. Ці вимоги ґрунтуються на вимогах та рекомендаціях Регістру щодо насосів [6].

Пуску насоса повинен передувати його огляд: виявлення та усунення всіх його несправностей, прибирання з району насосної установки всіх сторонніх предметів. Особливо ретельний огляд проводиться перед пуском насоса, який пройшов ремонт: обов'язково повертають вал на повний оборот з метою визначення працездатності насоса. Необхідно переконатися в наявності рідини в корпусі насоса перед його запуском. При експлуатації насоса без рідини механічне або набивне ущільнення руйнуються протягом однієї хвилини роботи. Необхідно підтримувати рівень мастила у підшипниках відкритого типу періодично додаючи мастило через рекомендований термін 6000 годин роботи. Під час роботи насоса необхідно спостерігати за тим, щоб його температура не перевищувала межі у 70 градусів за Цельсієм. Також необхідно слідкувати за опором ізоляції періодично перевіряючи ізоляцію двигуна відносно корпусу судна, а також міжфазну ізоляцію двигуна .

Розділ 3. СУДНОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА (СЕЕС)

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

Судова електроенергетична установка складається з джерел електроенергії, електричних ланцюгів, розподільних пристроїв і споживачів електроенергії. При загальному розгляді її можна що з електроенергетичної системи і споживачів. Однією з найважливіших частин електроенергетичної системи є суднова електростанція (СЕС), яка перетворює різні види енергії в електричну і призначена для харчування всіх споживачів електроенергії у всіх режимах роботи судна. До складу СЕС входять генераторні агрегати (первинні двигуни і генератори), розподільні пристрої з приладами управління, контролю і захисту.

Величина навантаження електростанції в будь-який момент часу визначається кількістю і потужністю працюючих при цьому споживачів електричної енергії, що в свою чергу залежить від режимів і особливості експлуатації судна в різних умовах (район плавання, стан моря і погоди, завантаження судна, швидкість судна, характер роботи при стоянці і тому подібного). Звідси видно, що характер зміни навантаження генераторів суднової електростанції відноситься до категорії випадкових процесів, опис яких проводиться з використанням теорії ймовірності. Однак в інженерній практиці до теперішнього часу при розрахунку навантаження генераторів суднових електростанцій віддається перевага детермінованому методу. При цьому процес детермінування ґрунтується на поділі експлуатації на ряд найбільш характерних режимів, по кожному з яких визначається навантаження генераторів. Розрахунок оформляється у вигляді таблиці, тому такий метод називається табличним.

Для визначення складу і потужності основного джерела електричної енергії (головних генераторів) проведено розрахунок табличним методом [7] з урахуванням наступних режимів роботи судна:

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

Перелік споживачів електроенергії, їх потужності і кількість наведено однолінійною схемою ГРЩ і АРЩ (додаток А).

Таблиці навантажень для різних режимів роботи судна наведені в таблицях навантажень (додатки Б1-Б6).

Основні формули, що використовувалися при складанні таблиць навантажень наведені нижче.

Таблиця 3.1.1 – Формули використовувані при складанні таблиці.

Споживану потужність одиничного споживача	$P_{\text{спож.од.}} = \frac{P_{\text{вст.}}}{\eta}$
Коефіцієнт використання електродвигуна	$K_{\text{вик.}} = \frac{P_{\text{факт.}}}{P_{\text{ном.}}}$
Коефіцієнт завантаження споживача	$K_{\text{з.}} = K_{\text{зм.}} \cdot K_{\text{вик.}}$
Сумарна потужність одиничного споживача активна (кВт)	$P = \frac{P_{\text{ном.}} \cdot K_{\text{з.}} \cdot K_{\text{о.}} \cdot K_{\text{с.}}}{\eta_1}$
Реактивна потужність одиничного споживача активна (кВАр)	$Q = P \cdot \text{tg} (\arccos(\cos \varphi_1))$
Повна потужність одиничного споживача активна (кВА)	$S = \frac{P}{\cos \varphi_1}$

При заповненні таблиці навантажень даними по кожному режиму проводиться поділ споживачів на три групи: постійно (довгостроково) працюючі, періодично і епізодично (короткочасно) працюючі, які не працюють в даному режимі. Споживачі, які працюють періодично (сумарний час роботи коливається в межах 15 – 70% тривалості розглянутого режиму, наприклад, рефрижераторні установки, насоси підкачки палива, сепаратори в ходовому режимі, компресор пускового повітря в режимі маневрів, гідрофор у всіх режимах і тому подібне) включаються в групу постійно працюючих.

Епізодично працюючі (сумарний час роботи менше 15% тривалості режиму – маслоперекачуючий насос, компресор пускового повітря в ходовому режимі, баластно-осушувальний насос і тому подібне) виділені підкреслюючими лініями. За цими ж критеріями встановлювались і відповідні коефіцієнти, які характеризують тривалість роботи обладнання та механізмів на судні.

Потужність аварійного дизель-генератора визначається сумарною потужністю, яку споживають споживачі електроенергії, підключені до аварійної електростанції, відповідно до вимог Регістру.

Вибираємо варіант комплектації СЕС, яка передбачає установку трьох однакових дизель-генераторів, потужністю 1500 кВА (1200kW) кожен. Генератори АЕМ з наступними характеристиками [8]:

Таблиця 3.1.2 – Параметри основного обраного генератора

Type	AEM 566-10
Voltage	450V
Power	1500 kVA (1200kW)
Frequency	60 Hz
RPM	720

Power factor	0.85
Number of phases	3
Excitation	AEM R-10K

Як аварійне джерело електроенергії, достатню для живлення споживачів АРЦ, по їх сумарної потужності вибираємо генератор типу Hyundai, з наступними технічними даними:

Таблиця 3.1.3 – Параметри аварійного обраного генератора.

Type	HYUNDAI HFC7-352-4
Voltage	450V
Power	320kVA
Frequency	60 Hz
RPM	1500
Power factor	0.87
Number of phases	3
Excitation	Thyripart

Узагальнено отримані результати розрахунків, та занесемо їх до таблиці.

Таблиця 3.1.4 – Параметри роботи судової СЕС в залежності від умов роботи.

Режим роботи СЕС	P, кВт	S, кВА	cos j	Кількість задіяних генераторів	Завантаження одного генератору
Ходовий	1207,69	1413,8	0,85	2*1200kW	50%
Маневровий	1931,04	2220,9	0,87	2*1200kW	80%
Стояночний (з задіянням суднових кранів)	1067,22	1245,03	0,86	1*1200kW	88%
Стояночний (без задіяння суднових кранів)	879,51	1034,2	0,85	1*1200kW	73%

Аварійний	235,7	251,17	0,94	1*320kVA	78%
-----------	-------	--------	------	----------	-----

3.2. Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії.

Згідно до вимог Регістру резервне джерело електричної енергії повинно бути незалежним від суднових силових установок і суднової електричної мережі. У якості резервного джерела електричної енергії може бути передбачена акумуляторна батарея, що перезаряджається, з автоматичним зарядним пристроєм або джерело безперебійного електричного живлення. Резервне джерело електричної енергії повинно забезпечувати одночасну роботу радіоустаткування протягом, принаймні однієї години на судах, де аварійним джерелом електричної енергії є дизель-генератор. Ємність акумуляторної батареї, що використовується в якості резервного джерела електричної енергії, повинна визначатися виходячи з споживаної потужності кожної радіоустановки з урахуванням суми трьох величин: 1/2 сили струму, який споживається для режиму передачі, сили струму, який споживається для режиму приймання та сили струму, який споживається додатковими навантаженнями. Для обліку можливого зниження ємності акумуляторної батареї в процесі її експлуатації рекомендується передбачати збільшення розрахованої величини на 40 %.

Розрахуємо необхідну ємність акумуляторної батареї, яка забезпечує живлення стартеру ДГ. Згідно до вимог Регістру, під час розрахунку на виборі акумуляторних батарей потрібно дотримуватися наступних умов [9]:

- Кожна стартерна батарея повинна бути розрахована на розрядний струм в стартерном режимі, який відповідає максимальному струму найбільш потужного стартерного електричного двигуна;
- Ємність кожної батареї має забезпечувати не менше шести пусків двигуна внутрішнього згоряння в підготовленому до пуску стані, а для двох двигунів - не менше трьох пусків кожного двигуна. Загальна ємність батарей для пуску головних двигунів повинна забезпечувати необхідну кількість пусків протягом 30 хв.;

- При розрахунку ємності батарей слід передбачити тривалість кожного пуску не менше 5 с.

При розрахунку ємності, необхідної для пуску стартера, приймаємо наступні дані:

- Тривалість одного пуску $t_p=5\text{с}$;
- Число пусків n , в розрахунках приймаємо $n=10$;
- Середній пусковий струм стартера $I_{п.ст.}=1200\text{А}$.

Ємність, необхідна для пуску стартера $C_{ст}$, А·год:

$$C_{ст} = I_{п.ст} \cdot n \cdot \frac{t_p}{3600} = 1200 \cdot 10 \cdot \frac{5}{3600} = 16,7\text{А} \cdot \text{год}.$$

Також ця батарея буде використовуватися для забезпечення електроенергією приладів автоматизації, аварійного освітлення, тощо.

Приймаймо потужність цих приладів $P_{а.о.} = 3\text{кВт}$.

Енергія $W_{а.о.}$, Вт·год, необхідна для живлення аварійного освітлення, сигнально-відмітних вогнів, приладів автоматизації на протязі 30 хвилин:

$$W_{а.о.} = P_{а.о.} \cdot 10^3 \cdot t = 3 \cdot 10^3 \cdot 0,5 = 1500\text{Вт} \cdot \text{год},$$

де t – час, за який акумуляторна батарея повинна жити споживач $t=30\text{хв.}=0,5\text{год}$.

Ємність акумуляторної батареї для живлення аварійного освітлення і сигнально-відмітних вогнів $C_{а.о.}$, А·год, при напрузі мережі аварійного освітлення $U_{а.о.}=24\text{В}$:

$$C_{а.о.} = \frac{W_{а.о.}}{U_{а.о.}} = \frac{1500}{24} = 62,5\text{А} \cdot \text{год}.$$

Сумарне, використовуване споживачами електроенергії значення ємності:

$$C_{о.с.} = C_{а.о.} + C_{ст} = 62,5 + 16,7 = 79,2\text{А} \cdot \text{год}.$$

Середнє значення струму розряду акумуляторної батареї при $t_p=0,5\text{год}$:

$$I_{p.б} = \frac{C_{o.c}}{t_p} = \frac{79,2}{0,5} = 158,4A.$$

Грунтуючись на зроблених розрахунках та на методичних вказівках, зробимо остаточний вибір акумуляторних батарей за наступними умовами:

$$I_{p.б}/n \leq I_{p.a}, C_{н.а} \cdot n \geq C_{o.c}/K, U_{к.а} \geq U_{min.дон},$$

де $I_{p.a}$ – струм розряду акумулятора, відповідаючи t_p , А;

n – Кількість паралельно ввімкнених груп АБ;

$U_{к.а}$ – напруга акумулятора при розряді струмом $I_{p.a}$ за час розряду t_p , В.

Виходячи з умови визначаємо струм розряду кожної з груп акумуляторів (обираємо 4 групи):

$$I_{p.a} = \frac{I_{p.б}}{n} = \frac{158,4}{4} = 39,6A.$$

Визначаємо ємність акумуляторної батареї:

$$C_{н.а} = \frac{C_{o.c.}}{k_1 \cdot k_2 \cdot n} = \frac{79,2}{0,8 \cdot 0,9 \cdot 4} = 27,6A \cdot год,$$

де:

k_1 – коефіцієнт, враховуючий зниження ємності за час експлуатації батареї (для кислотних) $k_1=0,8$;

k_2 – коефіцієнт, враховуючий зниження ємності від короткочасних струмів розрядки, для кислотних акумуляторів $k_2=0,9$.

Вибираємо наступні акумуляторні батареї. Характеристики обраної батарею заносимо до таблиці:

Таблиця 3.2.1 – Технічні параметри обраної батареї.

Фірма виробник:	Bosch Security Systems B.V., Germany
Тип:	Кислотна, необслуговувана
Призначення:	Резервне живлення радіоапаратури, ГМСБ, аварійного освітлення, АПС, комп'ютерів, систем пожежної безпеки тощо.
Назва:	IPS-BAT12V-27AH
Номінальна напруга (В):	12

Номінальна ємність (А-Г):	27
Розмір:	12.5 x 16.6 x 17.5 см
Маса:	9,5 кг
Діапазон температури:	від -15°C до $+45^{\circ}\text{C}$

Підключаючи дані акумулятори послідовно, щоб отримати необхідну напругу 24В. Робимо висновок, що в такому в випадку нам знадобляться 8 батарей – 4 групи по 2 батареї.

Для заряду та моніторингу за станом батарей обираймо Eaton 9130 Marine - тиристорний керований блок живлення, який виступає у якості пристрою, який заперечує безперебійне живлення споживачів та зарядку батарей.

Таблиця 3.2.2 – Характеристики зарядного пристрою та блока живлення 24 В.

Фірма виробник:	Bosch Security Systems B.V., Germany
Тип:	DC-current UPS unit
Назва:	Eaton 9130 Marine
Номінальна напруга (В):	24
Номінальна ємність (Аг):	До 300 Аг

3.3. Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми головного (ГРЩ) та аварійного (АРЩ) розподільних щитів.

Для судна що розглядається вибираємо суднову електроенергетичну систему змінного трифазного струму. Це обумовлено тим, що застосування привідних електродвигунів змінного струму має ряд переваг (простота конструкції, менші маса та габарити, висока надійність) в порівнянні з постійним струмом. На даному судні вибираємо автономну СЕЕС, що має одну основну і одну аварійну електростанції.

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.

Споживачі діляться на відповідальні, особливо відповідальні і невідповідальні споживачі 1-го, 2-го і 3-го ступеню.

Від ГРЩ живляться такі споживачі: механізми відповідального призначення; групові щити допоміжних механізмів; щити освітлення.

Від АРЩ живляться: комутатор сигнальних і відмітних вогнів, радіостанція, гірокомпас та інші особливо відповідальні споживачі.

Кожна кабельна лінія, що відходить від ГРЩ і АРЩ має відповідний захист.

З метою підвищення безпеки і поліпшення опору ізоляції силової мережі, мережа освітлення відділена від силової трансформаторами.

Схемою передбачене дистанційне відключення паливних насосів, сепараторів, суднової вентиляції. Деякі, найбільш відповідальні споживачі одержують живлення по двох фідерах, що можуть проходити через АРЩ.

На основі вищевказаних вимог до конструкції і схеми ГРЩ вибираємо таке число і вид панелей: 3 генераторні панелі, панель носового підрулюючого пристрою, панель синхронізації, панель живлення з берегу, 3 фідерних панелі на 440 В.

Особливо відповідальні споживачі отримують живлення від АРЩ, при цьому зв'язок АРЩ з ГРЩ забезпечується автоматичними апаратами, що відключають АРЩ від ГРЩ при знеструмленні ГРЩ і підключають в даному режимі АРЩ до фідера ГРЩ. Схемою передбачене також живлення споживачів від берегових джерел електроенергії через щит живлення з берега.

Від АРЩ отримують живлення: Аварійний пожежний насос; Рульова машина правого борту; Аварійний компресор пускового повітря; Осушувальний насос; Навігаційні та сигнальні вогні; Навігаційне обладнання; Радіоблабднання;

Телефонний зв'язок; Сигналізація; Схеми автоматики; Осушувальний насос лляльних вод; Велике аварійне освітлення; Однолінійна схема представлена в додатку А.

3.4. Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів.

Для вибору кабелю, що з'єднує генератор трифазного змінного струму з ГРЩ [10], розрахунковий струм визначаємо за формулою:

$$I_{Г.Н.} = \frac{P_{Г.Н.}}{\sqrt{3} \cdot U_{Г.Н.} \cdot \cos \varphi_H}$$

Для дизель-генераторів отримаємо:

$$I_{дг} = \frac{1200 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 440 \cdot 0,8} = 1968,2 \text{ А}$$

Для аварійного дизель-генератора:

$$I_{дг} = \frac{S_{Г.Н.}}{\sqrt{3} \cdot U_{Г.Н.}} \frac{320 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 440} = 419,9 \text{ А.}$$

При виборі автоматичних вимикачів потрібно дотримуватися наступних критеріїв вибору:

$$U_H \geq U_{раб}, I_H \geq I_{раб},$$

де U_H , $U_{раб}$, I_H , $I_{раб}$ - номінальні і робочі для даної схеми включення значення напруги і струму.

Виходячи з номінального струму генератора 1968 А вибираємо 6 паралельно прокладених кабелів LappKabel ТРУС 120 мм². Згідно ПУЕ мідний одножильний кабель даного перетину з поліхлорвінілової ізоляцією може витримувати тривалий струм величиною 385А. Реактивний і активний опір 1 км цього кабелю є 0.15 Ом і 0.09 Ом. Тому реактивний опір ділянки кабелю довжиною 20 м з урахуванням 6 паралельно прокладці кабелів буде:

$$x_k = \frac{0.09 \cdot 0.02}{6} = 0.0003 \text{ Ом}$$

Активний опір ділянки кабелю довжиною 20 м з урахуванням 6 паралельно прокладці кабелів буде:

$$r_k = \frac{0.15 \cdot 0.02}{6} = 0.0005 \text{ Ом}$$

Записуємо вихідні данні для розрахунку струму короткого замикання:

$S = 1500 \text{ кВА}$ - повна потужність генератора;

$P = 1200 \text{ кВт}$ - активна потужність генератора;

$x''d = 0,151$ - надперехідний реактивний опір по поздовжній осі;

$r_a = 0,015 \text{ Ом}$ - активний опір обмотки генератора;

$r_{ав} = 0,0002 \text{ Ом}$ - активний опір автомата;

$r_k = 0,0005 \text{ Ом}$ - активний опір ділянки кабельної траси;

$x_k = 0,0003 \text{ Ом}$ - реактивний опір ділянки кабельної траси;

$r_{ш} = 0,00006 \text{ Ом}$ - активний опір ділянки шинопровода РЩ;

$x_{ш} = 0,000027 \text{ Ом}$ - реактивне активний опір ділянки шинопровода РЩ;

$r_{лк} = 0,00003 \text{ Ом}$ - перехідний активний опір контактів автомата.

Знаходимо базисну потужність:

$$S_{\delta} = S \cdot n = 1500 \cdot 3 = 4500 \text{ кВА},$$

де $n=3$ - кількість генераторів.

Базисна напруга та базисний струм:

$$U_{\delta} = 440 \text{ В},$$

$$I_{\delta} = \frac{S_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}} = \frac{4500 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 440} = 5905 \text{ А}.$$

Знайдемо величини опорів ділянок розрахункової схеми та приведемо їх до базисних значень:

- активний опір обмотки статора кожного з генераторів:

$$r_{a1*} = r_{a1} \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_1} = 0,015 \frac{4500}{1500} = 0,045$$

$$r_{a2*} = r_{a2} \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_2} = 0,015 \frac{4500}{1500} = 0,045$$

$$r_{a3*} = r_{a3} \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_3} = 0,015 \frac{4500}{1500} = 0,045$$

- надперехідний реактивний опір по поздовжній осі кожного з генераторів:

$$x''_{d1*} = x''_{d1} \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_1} = 0,151 \frac{4500}{1500} = 0,453$$

$$x''_{d2*} = x''_{d2} \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_2} = 0,151 \frac{4500}{1500} = 0,453$$

$$x''_{d3*} = x''_{d3} \frac{S_{\bar{\sigma}}}{S_3} = 0,151 \frac{4500}{1500} = 0,453$$

- активний та реактивний опір ділянок від генераторів до ГРЩ

$$\begin{aligned} r_{1*} &= (r_{п.к} + r_{ли} + r_{ас}) \frac{S_{\bar{\sigma}} 1000}{U_{\bar{\sigma}}^2} = (0,00003 + 0,00006 + 0,0002) \frac{4500 \cdot 1000}{440^2} \\ &= 0,00674 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{2*} &= (r_{п.к} + r_{ли} + r_{ас}) \frac{S_{\bar{\sigma}} 1000}{U_{\bar{\sigma}}^2} = (0,00003 + 0,00006 + 0,0002) \frac{4500 \cdot 1000}{440^2} \\ &= 0,00674 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{3*} &= (r_{п.к} + r_{ли} + r_{ас}) \frac{S_{\bar{\sigma}} 1000}{U_{\bar{\sigma}}^2} = (0,00003 + 0,00006 + 0,0002) \frac{4500 \cdot 1000}{440^2} \\ &= 0,00674 \end{aligned}$$

$$x_{1*} = (x_{uu}) \frac{S_{\bar{o}} 1000}{U_{\bar{o}}^2} = (0,000027) \frac{45001000}{440^2} = 0,000627$$

$$x_{2*} = (x_{uu}) \frac{S_{\bar{o}} 1000}{U_{\bar{o}}^2} = (0,000027) \frac{45001000}{440^2} = 0,000627$$

$$x_{3*} = (x_{uu}) \frac{S_{\bar{o}} 1000}{U_{\bar{o}}^2} = (0,000027) \frac{45001000}{440^2} = 0,000627$$

· активний та реактивний опір ділянки від ГРЩ до місця КЗ:

$$r_{k*} = (r_k) \frac{S_{\bar{o}} 1000}{U_{\bar{o}}^2} = (0,0005) \frac{45001000}{440^2} = 0,0116$$

$$x_{k*} = (x_k) \frac{S_{\bar{o}} 1000}{U_{\bar{o}}^2} = (0,0003) \frac{45001000}{440^2} = 0,00697$$

Знаходимо опір ділянок схеми заміщення:

$$R_1 = r_{a1*} + r_{1*} = 0,045 + 0,00674 = 0,0112$$

$$x_1 = x''_{d1*} + x_{1*} = 0,453 + 0,000627 = 0,4536$$

$$R_2 = r_{a2*} + r_{2*} = 0,045 + 0,00674 = 0,0112$$

$$x_2 = x''_{d2*} + x_{2*} = 0,453 + 0,000627 = 0,4536$$

$$R_3 = r_{a3*} + r_{3*} = 0,045 + 0,00674 = 0,0112$$

$$x_3 = x''_{d3*} + x_{3*} = 0,453 + 0,000627 = 0,4536$$

$$R_K = r_{k*} = 0,0116$$

$$x_K = x_{k*} = 0,00697$$

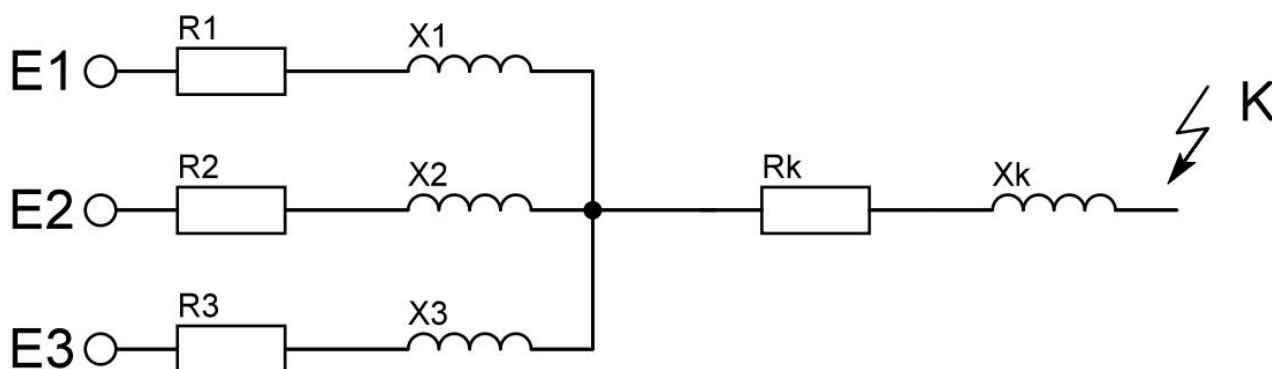


Рисунок 3.4.1 – Схема заміщення, яка використовується при розрахунку струмів КЗ.

Так як ЕРС паралельно працюючих генераторів приймається однаковою, ми можемо спростити схему заміщення. Для цього розрахуємо провідності кожної з ділянок схеми:

- активна та реактивна провідності:

$$q_1 = \frac{R_1}{R_1^2 + x_1^2} = \frac{0,0112}{0,0112^2 + 0,4536^2} = 0,0544$$

$$b_1 = \frac{x_1}{R_1^2 + x_1^2} = \frac{0,04536}{0,0112^2 + 0,4536^2} = 2,2$$

$$q_2 = \frac{R_2}{R_2^2 + x_2^2} = \frac{0,0112}{0,0112^2 + 0,4536^2} = 0,0544$$

$$b_2 = \frac{x_2}{R_2^2 + x_2^2} = \frac{0,04536}{0,0112^2 + 0,4536^2} = 2,2$$

$$q_3 = \frac{R_3}{R_3^2 + x_3^2} = \frac{0,0112}{0,0112^2 + 0,4536^2} = 0,0544$$

$$b_3 = \frac{x_1}{R_3^2 + x_3^2} = \frac{0,04536}{0,0112^2 + 0,4536^2} = 2,2$$

- активна та реактивна провідності у еквівалентній схемі:

$$q_{123} = q_1 + q_2 + q_3 = 0,05443 = 0,163$$

$$b_{123} = b_1 + b_2 + b_3 = 2,23 = 6,6$$

- повна провідність у еквівалентній схемі:

$$y_{123} = \sqrt{q_{123}^2 + b_{123}^2} = \sqrt{0,163^2 + 6,6^2} = 6,602$$

- активний та реактивний опір у еквівалентній схемі:

$$R_{123} = \frac{q_{123}}{y_{123}^2} = \frac{0,163}{6,602^2} = 0,00373$$

$$x_{123} = \frac{b_{123}}{y_{123}^2} = \frac{6,6}{6,602^2} = 0,15$$

- повний опір буде дорівнювати:

$$Z_{123} = \sqrt{R_{123}^2 + x_{123}^2} = \sqrt{0,00373^2 + 0,15^2} = 0,15$$

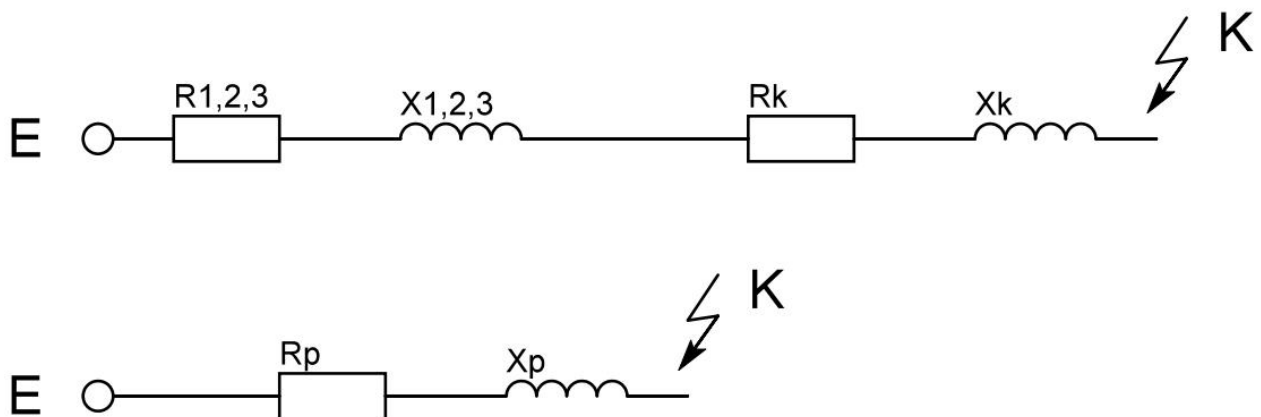


Рисунок 3.4.1 – Спрощені еквівалентні схеми для розрахунку струмів КЗ.

Знаючи повний, активний та реактивний опори еквівалентної схеми заміщення визначаємо ударний коефіцієнт та значення періодичної складової струму КЗ:

- при $\frac{x_{123}}{R_{123}} = 40,2$ ударний коефіцієнт $p = 1,92$;
- при $Z_{123} = 0,15$ періодична складова струму КЗ для часу $t=0$ складає $I_0 = 6,8$.

В результаті ударний струм генератора буде дорівнювати:

$$I_{\text{уд.г.}} = p \cdot \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot I_6 = 1,92 \cdot \sqrt{2} \cdot 6,8 \cdot 5905 = 109029 \text{ A.}$$

Таким чином ударний струм короткого замикання, на відстані точки короткого замикання на фідерах від розподільних пристроїв 20 метрів, при паралельній роботі двох дизель-генераторів складає $I_{\text{уд.г.}} = 109 \text{ кА}$. На підставі отриманого значення вибираємо наступний генераторний автоматичний вимикач - Ex9A25Q 3P F 2500 чеського виробника NOARK.

Ex9A25Q 3P F 2500 являє собою автоматичний повітряний вимикач з такими параметрами: Номінальний струм автомата - 2500 А; Номінальна напруга - 440 В; Ударний струм – 125 кА; Уставка на час спрацьовування - 0.1 с; Термічна стійкість - $3000 \times 10^6 \text{ A}^2 \text{с}$.

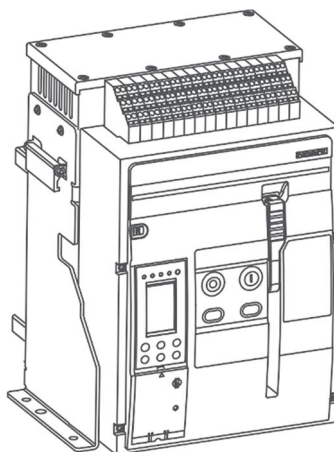


Рисунок 3.4.3 – Зовнішній вигляд обраного автоматичного вимикача.

3.5. Вибір апаратів, приладів, приборів ГРЩ та фідерів, що відходять від ГРЩ.

Судновими розподільними щитами називаються конструкції, на яких встановлена комутаційна, захисна і вимірювальна апаратура, регулюючі і сигнальні пристрої, призначені для ввімкнення, вимкнення і захисту електричних установок і мереж, контролю, регулювання і вимірювання електричних параметрів джерел електроенергії, а також сигналізації про стан комутаційних апаратів. Головні розподільні щити (ГРЩ) призначені для керування роботою генераторних

агрегатів, контролю, регулювання параметрів і подачі живлення судновим споживачам або фідерам споживачів.

Морський реєстр встановлює наступні вимоги щодо вимірювальних приладів, які встановлюються на панелях ГРЩ:

- для кожного генератора змінного струму повинні бути встановлені на головному розподільному щиті і для аварійного генератора – на аварійному розподільному щиті наступні вимірювальні прилади: амперметр з перемикачем для вимірювання струму в кожній фазі; вольтметр з перемикачем для вимірювання фазних або лінійних напруг; частотомер; ватметр;
- у ланцюгах відповідальних споживачів з номінальним струмом від 20 А і більш повинні встановлюватися амперметри;
- на головних і аварійних розподільних щитах для кожної мережі ізольованих систем має бути встановлено перемикається або для кожної мережі окремий пристрій для вимірювання і індикації опору ізоляції;
- Вимірювальні прилади повинні мати шкали з запасом по розподілам, що перевищують номінальні значення вимірюваних величин. Слід застосовувати вимірювальні прилади з межами шкал, не менше наступних: вольтметри - 120% номінальної напруги; амперметри для генераторів, які не працюють паралельно і споживачів - 130% номінального струму; амперметри для генераторів, що працюють паралельно - межа шкали струму навантаження 130% номінального струму; ватметри для генераторів - межа шкали потужності навантаження 130% і межа шкали зворотного потужності 15%;

Виходячи з поставлених вимог обираємо прилади і заносимо їх характеристики до таблиці:

Таблиця 3.5.1 – Характеристики вимірювальних приладів встановлених на ГРЩ

Найменування приладу	Тип приладу	Межі вимір.	Клас точності	Ввімкнення, Пар-ри вимір. тр-ра	Ном. значення вимір. параметра
Амперметр	ABB SCL-A5- 2500/96	До 2500А	1,5	ТС 2500/5А	До 2000 А
Вольтметр	ABB VLM-1- 600/96	До 600В	1,5	безпосереднє	440В
Частотомір	ABB FRZ- 90/72	55- 65Гц	1,0	безпосереднє	60Гц
Ватметр	ABB F96WT	До 1800 кВт	2,5	ТС і ТН	1200 кВт
Синхроноскоп	DEIF CSQ-3	-	-	Через модуль перевірки синхронізму	-
Мегомметр	DEIF SIM-Q МКІІ	0 – 5МОм	1,5	-	1МОм

3.6. Вибір системи збудження синхронних генераторів (СГ).

Безщітковий синхронний генератор складається з власне генератора і збуджувача. Роторна обмотка збудження генератора живиться від роторної трифазної обмотки збуджувача через обертовий трифазний випрямний міст. Стационарна статорна обмотка збудження збуджувача в свою чергу живиться від статичної системи збудження. У якості системи, яка виконує збудження та регулювання вихідної напруги генератора обираємо систему АЕМ R10-K [8]. Розглянемо детальніше конструкцію цієї системи:

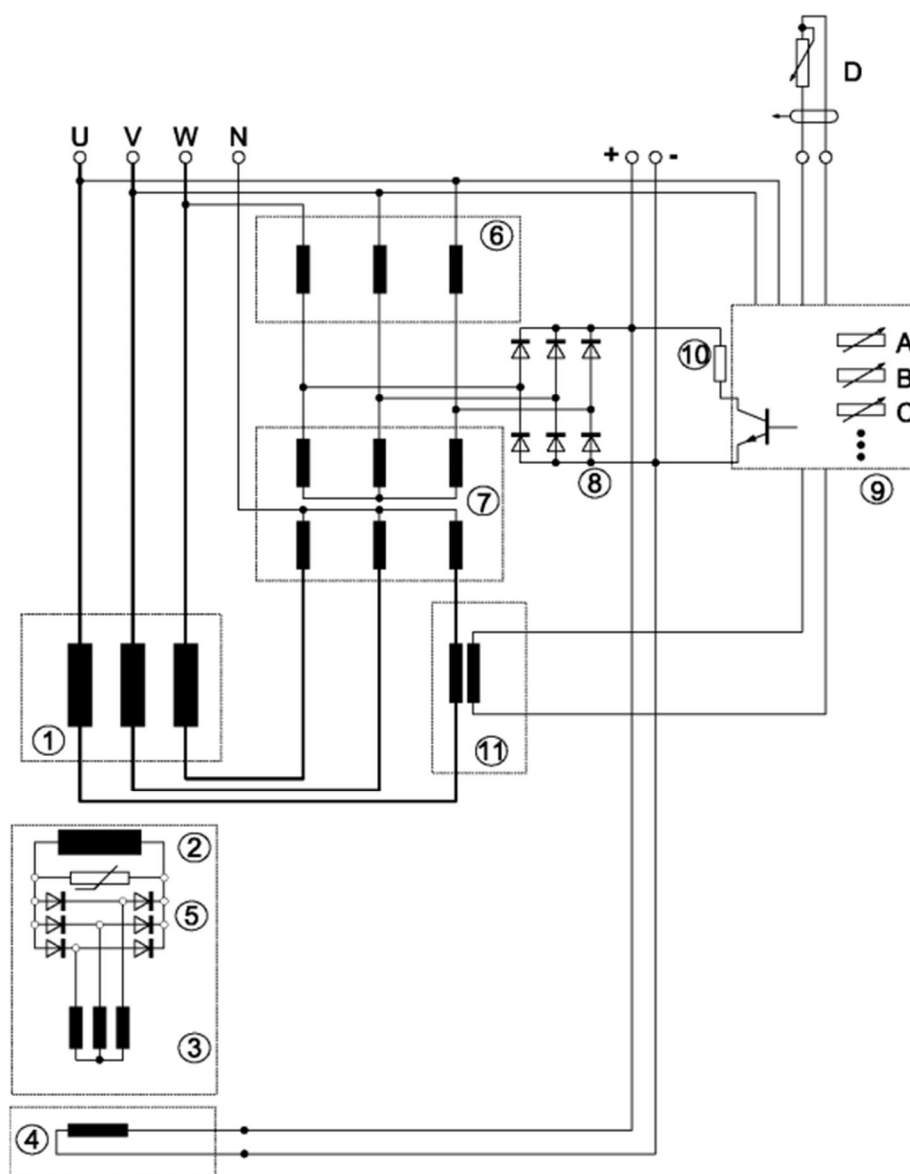


Рисунок 3.6.1 – Загальна схема будови системи АЕМ R10-K.

Система збудження з наступних основних груп:

- фазозсувний дросель (6);
- трансформатор струму (7);
- стаціонарно-встановлений випрямляч (8) з шунтувальним резистором (10);
- електронний регулятор напруги (9);
- обмотка статора (1);
- обмотка ротора (2);
- роторна обмотка збуджувача (3);
- статорна обмотка збуджувача (4);
- обертаючий випрямляч (5);
- статичний трансформатор струму (11).

Принцип роботи системи АЕМ R10-K:

Залишкова напруга, яка виробляється в обмотці статора (1) генератора, призводить до протікання малого струму через обмотку статора (4) збуджувача через дросель (6) і випрямляч (8), таким чином спрацьовуючи самозбудження. Дросель (6) обмежує струм збудження. Точне значення залежить від повітряного зазору між серцевиною та ярмом дроселя. Необхідний повітряний зазор регулюється додаванням ізоляційного матеріалу.

Струм навантаження протікає через трансформатор струму (7). Коли генератор навантажений, вторинний струм трансформатора струму (7) додається до струму дроселя. Після випрямлення трьох-фазним мостовим випрямлячем (8), цей струм збудника надходить до обмотки статора (4) збудника. Для захисту діодів від стрибків напруги як випрямляч (8), так і обертовий випрямляч (5) оснащені варісторами.

Струм дроселя та струм вторинного струму трансформатора струму регулюються таким чином, щоб постійно підтримувати напругу генератора приблизно 10% вище номінальної напруги генератора, коли генератор обертається з номінальною швидкістю, а регулятор напруги відключений.

Щоразу, коли номінальна напруга генератора підвищується, регулятор напруги (AVR) (9) періодично включає шунтувальний резистор, який знаходиться паралельно обмотці статора збудника (4). Це гарантує, що номінальна напруга генератора підтримується на рівні заданого значення.

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

Особливістю суднових електростанцій являється наявність потужних асинхронних коротко замкнутих двигунів. Відсутність колектору у асинхронних коротко замкнутих двигунів дає можливість запускати їх без пускових реостатів, застосовуючи найпростіші схеми пуску. Проте пусковий струм у процесі розгону таких двигунів у 5 – 7 разів більше номінального і являється в більшості індуктивним. Якщо потужність двигуна складає 30% потужності синхронного генератора, то в момент пуску струм двигуна по відношенню к номінальному току генератора буде складати 150 – 200%. При набросі подібних індуктивних струмів синхронні генератори сильно розмагнічуються і на деякий час знижують напругу, що прийнято називати провалом напруги.

Характер зміни напруги генератора при набросі індуктивного навантаження (пуску асинхронного двигуна) можна представити як накладення процесів зниження напруги генератора без регулятора і підвищення напруги генератора під дією регулятора.

Розрахунки провалів напруги синхронних генераторів необхідно виконувати для випадків підключення найбільш потужних асинхронних двигунів [10].

Для демонстрації ефекту просідання напруги, виконаємо розрахунок для випадку, коли застосовується підрулюючий пристрій та один генератор. Параметри асинхронного двигуна підрулюючого пристрою: $U_n = 440$ В; $P_n = 1000$ кВт, кратність пускового струму дорівнює $K_n = 4$. Потужність одного генератора дорівнює 1200 кВт.

Визначається напруга СГ в відносних одиницях в надперехідному режимі:

$$U'' = \frac{x_H}{x_H + x_d''},$$

де x_H - індуктивний опір асинхронного двигуна (АД), який визначається за наведеною нижче формулою:

$$x_H = \frac{P_z \cdot 1000}{K_n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{инд} \cdot I_{инд}} \left(\frac{U_{инд}}{U_{нз}} \right)^2 = \frac{P_z}{K_n \cdot \sqrt{3} \cdot P_\partial} \left(\frac{U_{инд}}{U_{нз}} \right)^2,$$

де P_H - потужність генератора [кВт];

P_∂ - потужність двигуна [кВт];

$K_n = 4 \div 7$ - кратність пускового струму;

$U_{инд}$ - номінальна напруга двигуна [В];

$I_{инд}$ - номінальний струм двигуна [А];

$U_{нз}$ - номінальна напруга генератора [В];

x_d'' - індуктивний опір СГ в надперехідному режимі.

Звідси:

$$x_H = \frac{P_z}{K_n \cdot \sqrt{3} \cdot P_\partial} \left(\frac{U_{инд}}{U_{нз}} \right)^2 = \frac{1200}{4 \cdot \sqrt{3} \cdot 1000} \left(\frac{440}{440} \right)^2 = 0,173 \text{ Ом}.$$

Напруга СГ в перехідному режимі у відносних одиницях:

$$U' = \frac{x_H}{x_H + x_d'} = \frac{0,173}{0,173 + 0,19} = 0,476,$$

де $x_d' = 0,19$ - індуктивний опір СГ в перехідному режимі.

Напруга СГ в відносних одиницях в надперехідному режимі:

$$U'' = \frac{x_H}{x_H + x_d''} = \frac{0,173}{0,173 + 0,151} = 0,534.$$

Напруга СГ в сталому режимі в відносних одиницях:

$$U_y = \frac{x_H}{x_H + x_d} = \frac{0,173}{0,173 + 1,5} = 0,103,$$

де $x_d = 1,5$ - індуктивний опір СГ в установленому режимі.

Постійна часу СГ в надперехідному режимі:

$$T_d'' = \frac{(x_H + x_d'') \cdot x_d'}{(x_H + x_d')} T_{dr}'' = \frac{(0,173 + 0,151) \cdot 0,19}{(0,173 + 0,19)} \cdot 0,5 \cdot 0,41 = 0,0389$$

приймається $T_{dr}'' \approx 0,5\tau_d'$, де $\tau_d' = 0,41$ с (Береться з паспортних даних обраного генератора).

Постійна часу СГ в перехідному режимі:

$$T_d' = \frac{(x_H + x_d')}{(x_H + x_d) \cdot x_d'} T_{dr}' = \frac{(0,173 + 0,19)}{(0,173 + 1,5) \cdot 0,19} \cdot 0,41 = 0,468,$$

де $T_{dr}' = \tau_d'$.

Обчислення зміни в відносних одиницях напруги СГ в моменти часу $t = 0$, $t = 0,01$ с, $t = 0,02$ с, коли АРН ще не почав працювати:

$$\begin{aligned} U_r(t) &= (U'' - U') \cdot e^{\frac{-t}{T_d''}} + (U' - U_y) \cdot e^{\frac{-t}{T_d'}} + U_y U_r(0) \\ &= (0,534 - 0,476) \cdot e^{\frac{0}{0,0389}} + (0,476 - 0,103) \cdot e^{\frac{0}{0,468}} + 0,103 = 0,534 \\ U_r(0,01) &= (0,534 - 0,476) \cdot e^{\frac{-0,01}{0,0389}} + (0,476 - 0,103) \cdot e^{\frac{-0,01}{0,468}} + 0,103 = 0,512 \\ U_r(0,02) &= (0,534 - 0,476) \cdot e^{\frac{-0,02}{0,0389}} + (0,476 - 0,103) \cdot e^{\frac{-0,02}{0,468}} + 0,103 = 0,495 \end{aligned}$$

Відносна зміна напруги генератора в відсотках:

$$\begin{aligned} \delta_u &= U_r(t) \cdot 100\% \\ \delta_u &= U_r(0) \cdot 100\% = 53,4\% \\ \delta_u &= U_r(0,01) \cdot 100\% = 51,2\% \\ \delta_u &= U_r(0,02) \cdot 100\% = 49,5\% \end{aligned}$$

Абсолютне значення напруги СГ на клеммах:

$$U = [1 - U(t)] \times 440$$

$$U = [1 - U(0)] \times 440 = 205$$

$$U = [1 - U(0,01)] \times 440 = 214,7$$

$$U = [1 - U(0,02)] \times 440 = 222,2 \text{ [В]}$$

Розрахунок показує, що при запуску такої потужної навантаження як підрулюють пристрій напруга на клеммах генератора значно знижується. Це й не дивно, бо потужність двигуна майже дорівнює потужності генератора. Для зменшення негативного впливу пуску підрулюючого пристрою на бортову електромережу рекомендується зробити наступні кроки:

- перед запуском підрулює пристрою провести запуск додаткових двох генераторів;
- використовувати високовольтний підрулюючий пристрій з автотрансформаторним стартом;
- використовувати тиристорне пристрій плавного пуску АД.

Якщо розглянути рекомендовані методи пуску двигуна, то саме використання пристрою плавного пуску двигунів є найбільш сучаснішим. Такі прилади вже довгий час використовуються в морській промисловості, бо є простими в використанні та експлуатації та більш безпечнішими за прилади, які використовують високу напругу. Для запуску розглянутого підрулюючого пристрою потужністю 1000 кВт доцільно обрати прилад ALTISTART ATS48 від компанії SCHNEIDER.

3.8. Перевірка кабелю живлення одного з найбільш віддалених електроприводів на втрату напруги.

Падіння напруги на кабелі, що з'єднує шини головного і аварійного розподільного щитів з відповідальними споживачами не повинно перевищувати 6%. Падіння напруги на кабелях в ланцюгах трифазного змінного струму являє собою геометричну різницю напруг на початку і кінці кабельної лінії і визначається за формулою:

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

Виконаємо перевірку кабелю одного з найбільш віддалених електроприводів на втрату напруги, а саме аварійного пожежного насосу, до якого прокладено кабель марки ТРҮС50 перетином 3х50 мм²:

- довжина $l = 0,219$ км,
- струм $I = 77$ А,
- $\cos \varphi = 0,88$ та $\sin \varphi = 0,47$,
- активний опір $r = 0,35$ Ом/км,
- реактивний опір $x = 0,11$ Ом/км.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 77 \cdot 0,219 \cdot (0,35 \cdot 0,88 + 0,11 \cdot 0,47)}{440} \cdot 100\% = 2,4\%.$$

Отримавши результат 2,4 %, можна вважати що при запуску аварійного пожежного насосу, втрата напруги в кабелі буде входити в норму встановлену Регістром.

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

Сучасні СЕЕС широко автоматизуються з використанням приладів дистанційного управління, при цьому використовують спеціальний комплекс апаратури. Засоби автоматизації забезпечують виконання найбільш характерних для будь-якої судової електростанції операцій, таких як пуск та зупинка генераторів за командою оператора, синхронізація генераторів і включення їх на паралельну роботу, пропорційне розподілення потужності між паралельно працюючими генераторами, стабілізація напруги і частоти обертання, вмикання та відключення резервних генераторів при значній зміні навантаження та параметрів СЕЕС та багато іншого. Одним із прикладів приладу з таким функціоналом є АСУ СЕЕС - SYNPOL D, від компанії ABB [11].

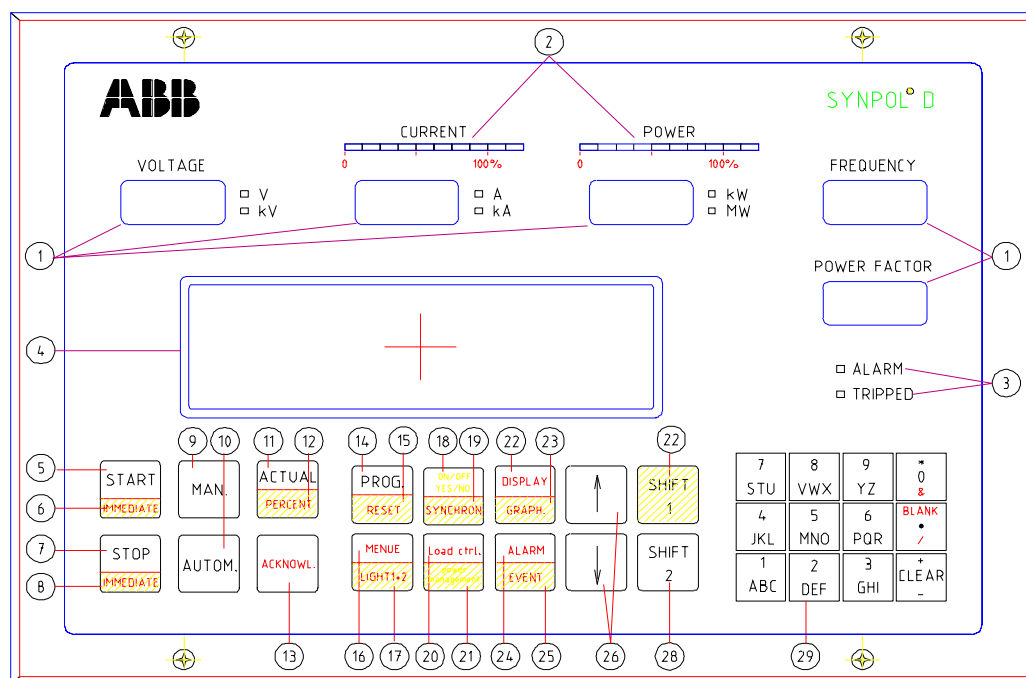


Рисунок 3.9.1 – Фронтальний від панелі ABB SYNPOL D.

Сучасний контролер ABB SYNPOL D дозволяє контролювати не тільки параметри електроенергії, що генерується, але також і параметри первинного двигуна ДГ, так як останній тісно інтегрований в систему моніторингу та управління.

SYNPOL D являє собою компактний прилад автоматичного управління і контролю дизель-генераторних (ДГ) агрегатів. Для управління бортовий електроенергетичної установкою (ЕЕУ) в цілому, в ньому передбачена система управління потужністю - РМ-система (POWER MANAGEMET - System), що забезпечує автоматичне підключення і відключення резерву потужності.

Система пристроїв SYNPOL®D в ЕЕУ будується за модульним типом і не вимагає управління (координації) від центральної системи вищого рівня. Кожна генераторная панель обладнується одним приладом SYNPOL®D, тобто всі панелі оформляються ідентично. Всі прилади SYNPOL®D зв'язуються між собою двох-провідний інформаційної шиною (CAN-BUS).

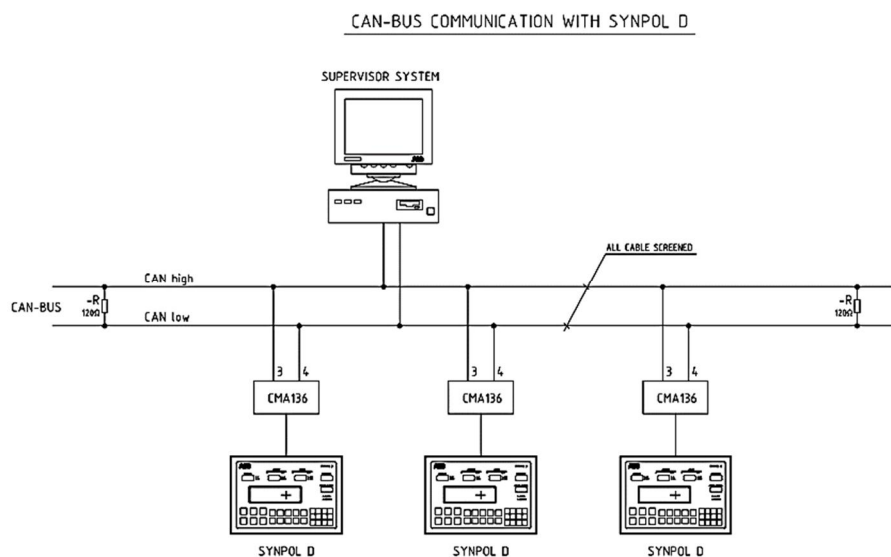


Рисунок 3.9.2 – Схема підключення інформаційної мережі приладів SYNPOL D між собою та за судовою системою моніторингу

При виході з ладу одного з приладів інші продовжують працювати. Всі основні функції РМ-системи закладені в кожному приладі SYNPOL®D. Таким чином, подібна система дозволяє незалежну від інших паралельно включених агрегатів роботу джерел живлення зі збереженням управління і контролю (модульно-незалежна система).

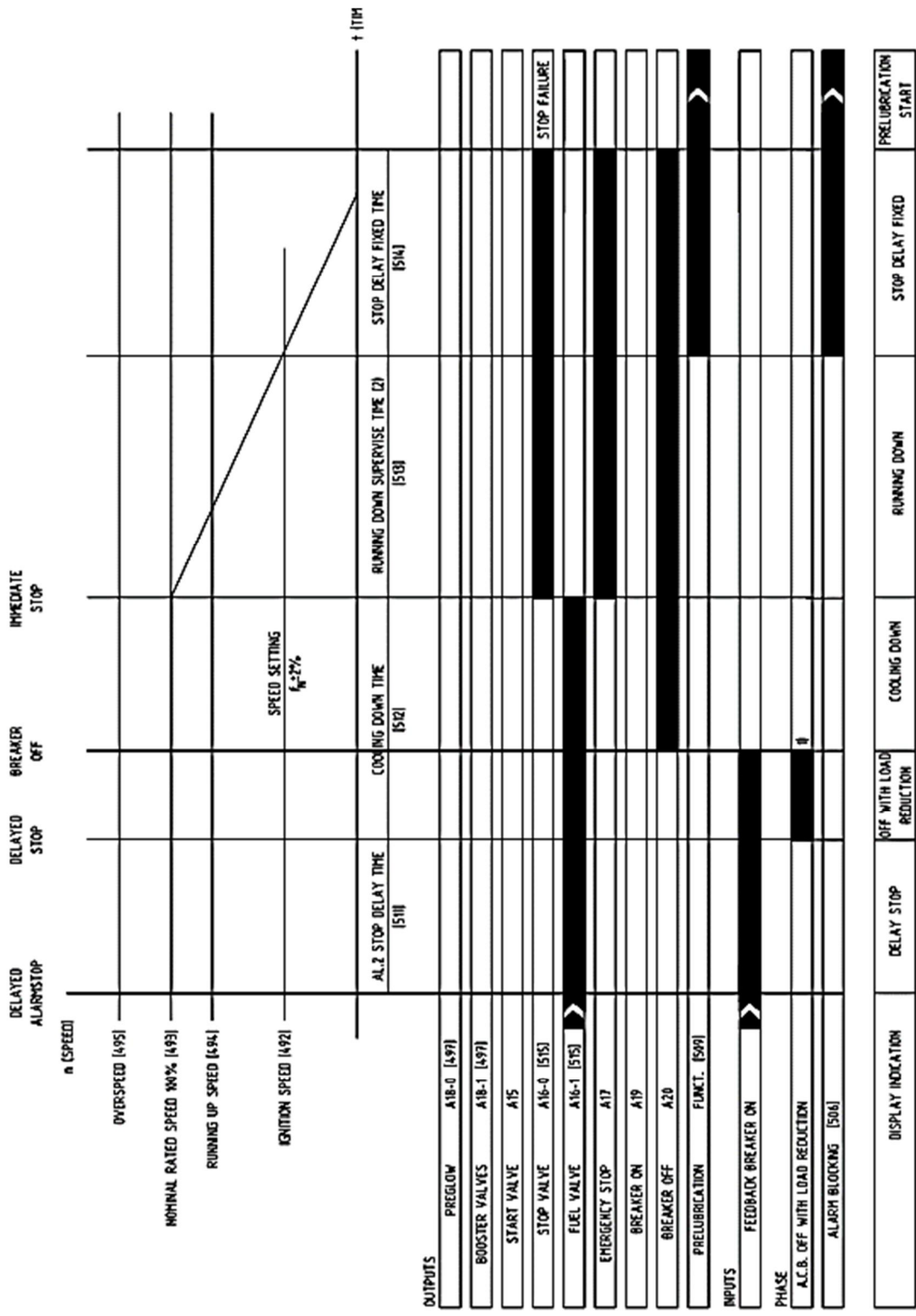
Прилад SYNPOL®D побудований на базі декількох мікроконтролерів, які взаємно контролюють роботу один одного. Контроль найважливіших функцій здійснюється по двоканальному принципом, причому другий канал працює незалежно від програмного управління. Захист від КЗ працює паралельно з мікроконтролером і продовжує функціонувати навіть при зникненні живлення приладу.

До найбільш важливих функцій SYNPOL®D слід віднести:

- Захист від КЗ (функціонує також у разі зникнення напруги живлення приладу);
- Селективне відключення несправного генератора;
- Триступенева захист від перевантаження шляхом визначення струму перевантаження;
- Захист від зворотного потужності;
- Триступінчасте відключення другорядних споживачів при перевантаженні, зниженій частоті і перевищенні допустимої величини струму;
- Синхронізація генератора при включенні на збірні шини;
- Автоматична підгонка частоти дизель-генератора до частоти шини;
- Контроль підвищеного і зниженого напруги;
- Контроль підвищеної і зниженої частоти;
- Контроль на обрив ланцюга трансформаторів струму;
- Захист від асиметричності струмів;
- Захист від асиметричності напруг;
- Вимірювання реактивної і повної потужності;

- Живлення котушки мінімального розчеплювача генераторного автомата (пост. струм) з утриманням при провалах напруги;
- Диференціальний захист з адаптованої по току лінією спрацьовування і контроль мінімальної різниці при роботі генератора на холостому ході;
- Контроль замикання на корпус з виявленням несправної фази і контролем мінімальної різниці при роботі генератора на холостому ході;
- Розподіл активного навантаження з регулюванням частоти декількох мереж;
- Контроль на обрив ланцюгів пуску і зупинки ДГ.

Щодо моніторингу параметрів та контролю стану ДГ, то контролер АВВ SYNPOL D виконує пуск та зупинку первинних двигунів ДГ за наступними алгоритмами (рис. 3.9.3 та 3.9.4). Ця функція входить до вбудованої групи функцій, яка названа РМ-система (система управління потужністю).



1) A.C.B. OFF WITH LOAD REDUCTION IS AS LONG ACTIVE AS THE BREAKER IS SWITCHED OFF

2) SUPERVISE ONLY IN AUTOMATIC MODE
Überwachung nur im Automatik-Betrieb

ALL NOTES IN BRACKETS ARE REFERRING TO THE PARAMETER RECORD OF SYMPOLO
Die Angaben in den Klammern verweisen auf die Parameternummer an SYMPOLO

Рисунок 3.9.4 – Часова діаграма зупинки та алгоритм зупинки ДГ.

3.10. Загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення, судових сигнально-відмітних вогнів, освітлення низької напруги.

На судні застосовується основне і аварійне освітлення. Аварійне освітлення призначене для забезпечення приміщень освітленням в аварійних ситуаціях. Система суднового освітлення отримує живлення від РЩ 220В, а аварійне освітлення отримує харчування то аварійного розподільного щита.

Мережа основного внутрішнього освітлення призначена для загального та місцевого освітлення житлових, суспільних та виробничих приміщень і складається з:

- двох районних щитів з корпусними автоматичними вимикачами Ex9M1S AC50 фірми NOARK;
- шістнадцяти групових щитів однофазного струму з модульними автоматичними вимикачами Ex9BN 1P B25 фірми NOARK;
- освітлювальної апаратури;
- з'єднувальних кабелів.

Мережа основного внутрішнього освітлення отримує живлення від секції 220 В ГРЩ. Живлення від ГРЩ подається на районні секції. Світильники ламп основного освітлення отримують живлення від групових щитів, автомати яких забезпечують підключення та захист від КЗ будь-якої групи. Освітлення кают, каюти-компанії, суднової канцелярії, спортзалу, навігаційної рубки, ЦПК, коридорів житлової частини судна та камбузу виконано світильниками люмінесцентних ламп. У коридорах систем, у тамбурах сходу, у приміщеннях прийому палива, в акумуляторній, горловинах встановлені вибухобезпечні світлодіодні світильники.

Правила плавання вимагають, щоб за сигнальними вогнями можна було розрізняти такі категорії судів: самохідні поодинокі суду і склади на ходу і стоянці, несамохідні судна при їх буксирування і на стоянці, судна технічного флоту, рибальські, маломірні і вітрильні, а також стійку плавучі засоби і плоту.

За цими вогнями можна дізнатися призначення судна. Однак найважливіше в нічний орієнтуванні - визначити, чи судно на місці або рухається, і якщо рухається, то в якому напрямку. Тому у самохідних суден суттєво різняться вогні на ходу і на стоянці, або ходові і стоянкові. Ходові вогні дозволяють дізнатися напрямок руху судна (зустрічне, що перетинає судновий хід, попутне) і визначити зміна його курсу, стоянкові характеризують тип судна і його вантаж.

Тому мережа сигнально-розпізнавальних вогнів служить для живлення ходових розпізнавальних вогнів і сигнальних вогнів, які забезпечують безпеку мореплавання. Ліхтарі сигнально-розпізнавальних вогнів отримують живлення від секції пульта судноводіння у навігаційній рубці, який в свою чергу, отримує живлення від ГРЩ через АРЩ.

Розділ 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. В ній цілеспрямовані дії на ОУ виробляє автоматичний пристрій управління. Системи управління, в яких одні функції виконує людина, а інші покладені на технічні засоби, називаються автоматизованими. Автоматизація систем управління вимагає побудови її математичної моделі, формалізації етапів прийняття і реалізації рішень, а також певного рівня розвитку технічних засобів.

На сучасному етапі елементної базою автоматизації є засоби комп'ютерної техніки. Структурою системи називається сукупність складових її елементів і зв'язків між ними. При розгляді САУ звертається увага на три їх аспекти: командний, функціональний, формальний. Подання САУ сукупністю елементів, які виступають в ролі керуючих або керованих підрозділів, і зв'язків між ними називається її командною організацією або командною структурою. Комп'ютерної судова мережа є одним з основних методів контролю та зв'язку за станом судна. Такий зв'язок задовольняє вимогам функціональності, надійності побудови єдиної інформаційної мережі, об'єднуючої інтелектуальні контролери, датчики і виконавчі механізми. Завдяки зв'язку, який визначається терміном *fieldbus*, можна одночасно об'єднати у фізичний спосіб пристрої і створити програмно-логічний протокол їх взаємодії.

Детальніше розглянемо сучасну систему моніторингу та керування устаткуванням судна – NORIMOS 4 від компанії NORIS [12].

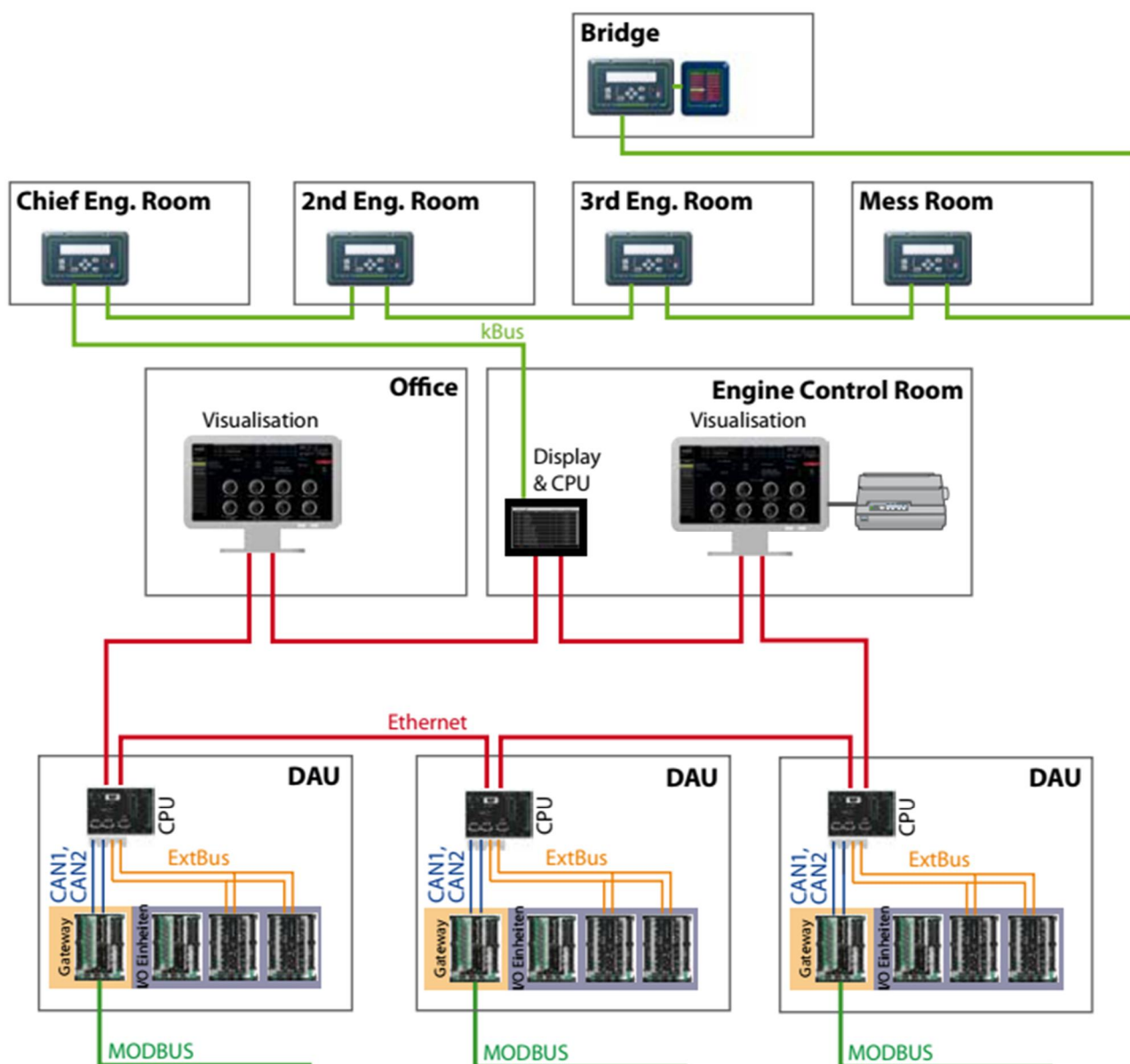


Рисунок 4.1.1 – Загальна структурна схема системи NORIMOS 4.

NORIMOS 4 - це система сигналізації, моніторингу та управління. Застосовується для моніторингу та керування судновими вузлами, такими як двигуни, генератори, насоси, клапани, вентилятори та інші допоміжні системи. NORIMOS 4 - це система на базі PLC з децентралізовано розміщеними підсистемами. Кожна підсистема працює незалежно від ведучого процесора вводу-виводу (I/O) та його ведених одиниць і підключених до інших підсистем.

Система також виконує функції з реєстрації даних, моніторингу, сигналізації та історія подій та управління правами користувача.

До основних вузлів системи входять:

- Central control unit - головний модуль з 32-розрядним процесором, 4 цифрових входи, 4 релейні виходи, комунікаційні інтерфейси Ethernet / CANbus, реєстратор даних на базі карти SD (HC) та інтегрований веб-інтерфейс
- I/O modul – модулі входу/виходу сигналів. Це вузли системи, які призначені для отримання, обробки, формування аналогових та дискретних сигналів з усього підключеного до системи суднового устаткування. Є зв'язуючим елементом між комп'ютером та механізмом.
- Power Management Controller (PMC) - PMC використовується для підключення та відключення генераторів до та від системи електропостачання, а також підходить для використання в резервних електромережах. Виконує автоматичний запуск і функції синхронізації електрогенеруючого устаткування. Може бути інтегрованим до системи, або використовуватися як окремий незалежний вузол.
- Central operator control module – панель оператора (HMI), яка забезпечує зв'язок між людиною та системою моніторингу.

NORIMOS 4 тісно інтегрована з системою керування пропульсивної установки. Така система моніторингу дозволяє контролювати усі аспекти функціонування судна, та пов'язувати між собою такі елементи, як головний двигун, автопілот та система навігації.

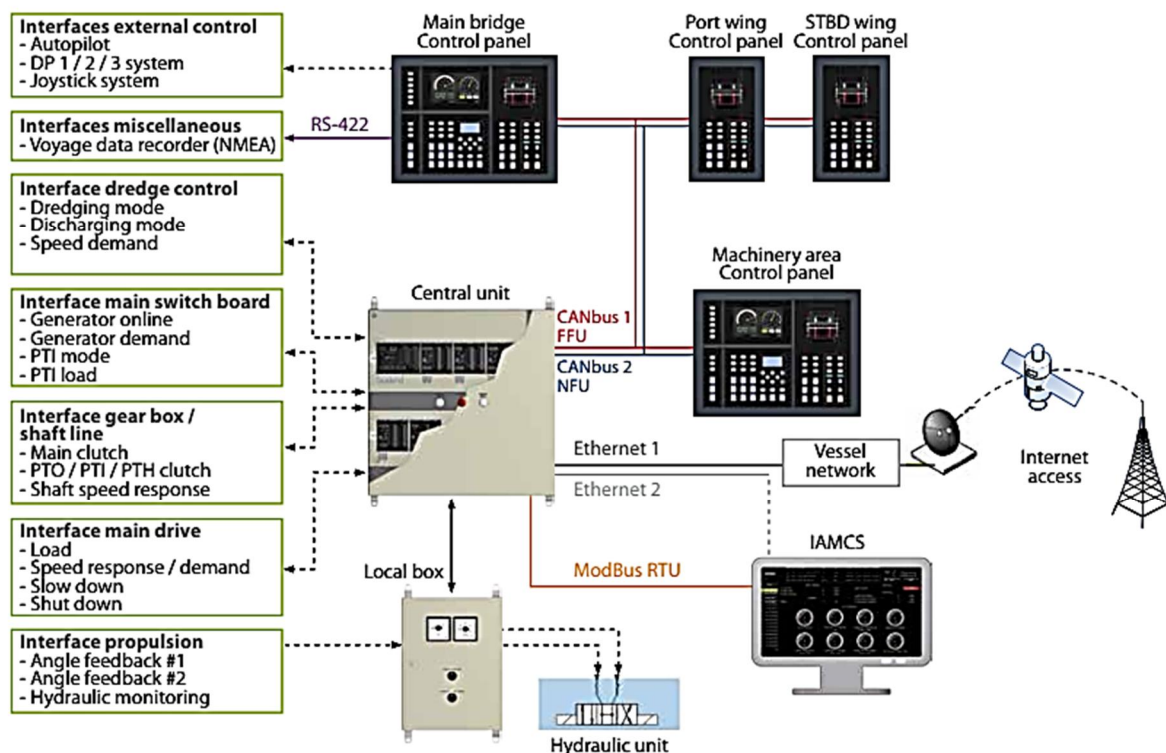
Propulsion control system concept

Рисунок 4.1.2 – Загальна схема інтеграції системи NORIMOS 4 з керуванням пропульсивною установкою.

4.2. Аналіз роботи системи управління підрулюючого пристрою (з системою soft-start)

Носовий підрулюючий пристрій використовується в маневреному режимі для переміщення судна лагом, що сприяє зручному швартування. Підрулюючий пристрій складається з пульта управління, системи управління, електродвигуна, пускового трансформатора, гвинта з регульованим кроком, масляного насоса механізму зміни кроку.

При роботі підрулюючого пристрою приводиться в рух трифазний асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором.

Характерною особливістю асинхронного двигуна є великий пусковий струм, що перевищує номінальне значення в 5 – 7 разів. Пусковий струм порівняно повільно зменшується в міру розгону двигуна підрулюючого пристрою, тому при

затяжному пуску, обумовленому малим значенням надлишкового моменту ($M - M_0$) або великим значенням J (моменту інерції), температура обмоток асинхронного двигуна може досягти неприпустимо великого значення.

Щоб не причиняти значного погіршення стану судової електромережі (а як показав попередній розрахунок просідання напруги при запуску найпотужнішого споживача - при пуску підрулюючого пристрою рівень напруги значно знижується), використовують спеціальні пристрої плавного пуску асинхронних двигунів – soft-starter [13].

Силовa частина пристрою плавного пуску складається з силових тиристорів, включених зустрічно-паралельно і обхідних контакторів. Зміна напруги досягається регулюванням провідності напівпровідникових пристроїв шляхом подачі відчиняли імпульсів на керуючі контакти.

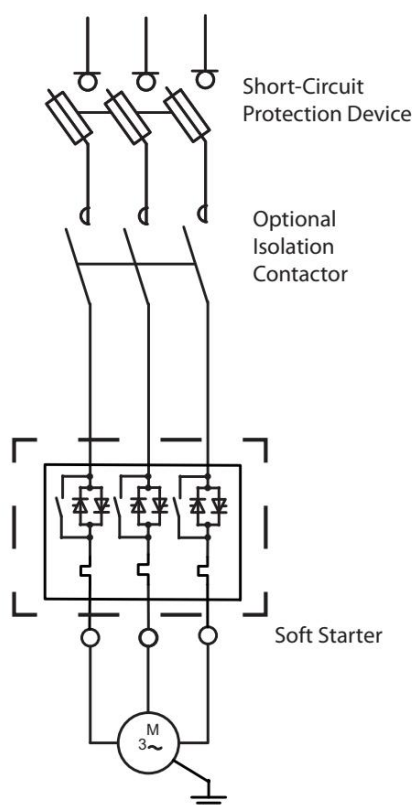


Рисунок 4.2.1 – Схематичне зображення варіанту підключення пристрою плавного пуску до електродвигуна (замість обхідного контактора зображені шунтуючі реле).

Старт електричної машини здійснюється на напрузі, що становить 30-60% від номінального. При цьому відбувається плавне зачеплення шестерень передавального механізму, поступове натяг ременів приводу. Далі керуючий блок поступово збільшує провідність тиристорів до повного розгону електродвигуна. При досягненні номінальної частоти обертання валу, замикаються контакти шунтуючих комутаційних пристроїв. Струм починає текти в обхід тиристорів. Це необхідно для зниження нагріву напівпровідникових пристроїв, збільшення терміну служби приладу, зниження енергоспоживання.

При зупинці електродвигуна, контактор включає в ланцюг тиристори. З генератора імпульсів надходять сигнали, плавно зменшують провідність тиристорів до зупинки електричної машини.

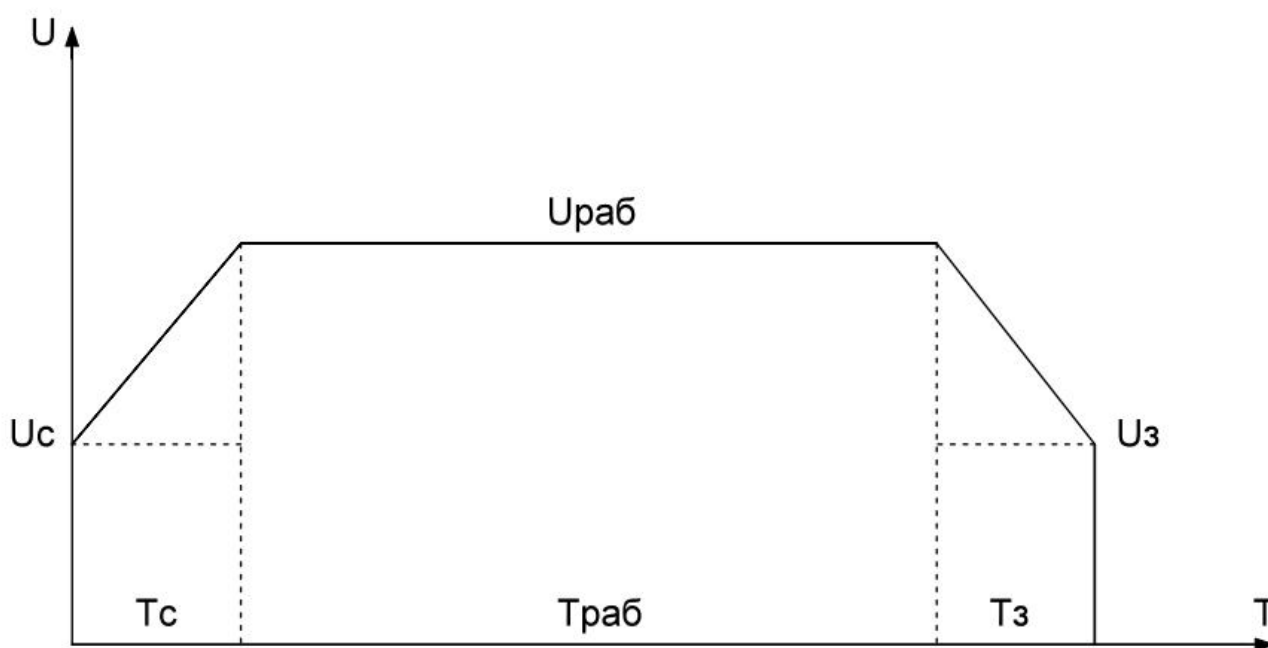


Рисунок 4.2.2 – Часова діаграма роботи пристрою плавного пуску.

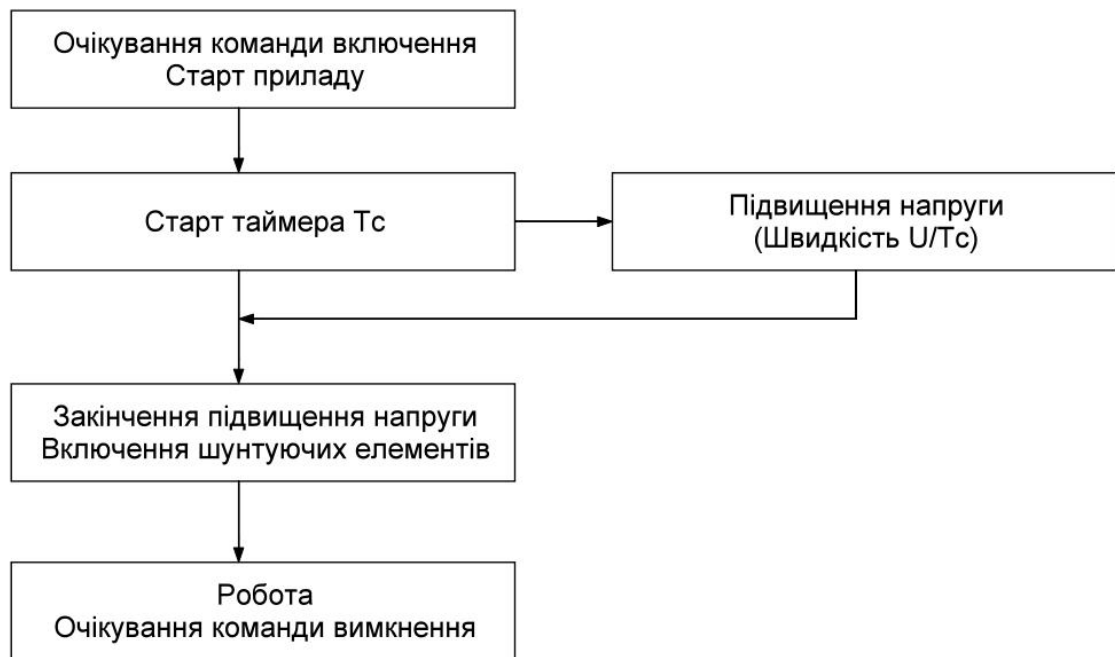


Рисунок 4.2.3 – Алгоритм старту пристрою плавного пуску.

Для зміни напруги живлення двигуна підрулюючого пристрою, soft-starter використовує фазове регулювання напруги. Фазове регулювання напруги — це регулювання електричної напруги шляхом зміни кута відкриття тиристорів. В результаті зміни кута відкриття до навантаження йдуть неповні напівхвилі синусоїди, внаслідок чого знижується діюча напруга.

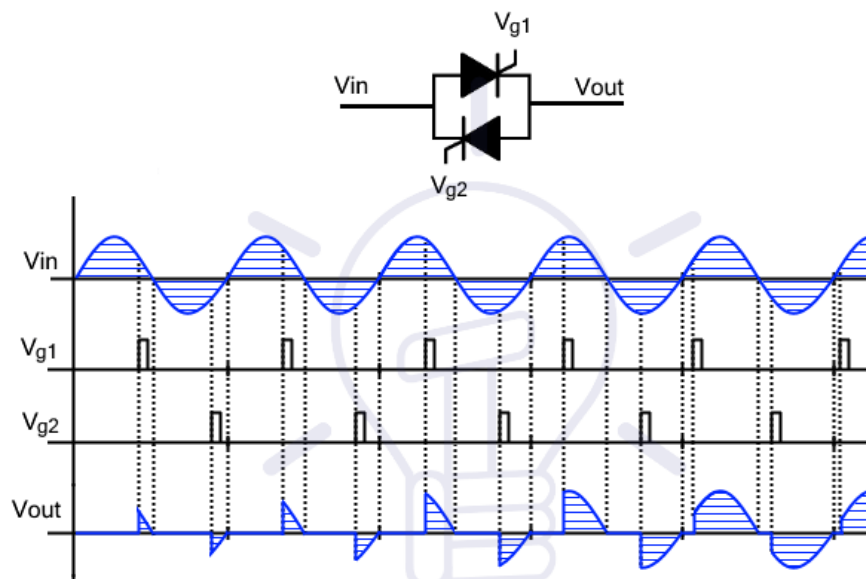


Рисунок 4.2.4 – Принцип роботи системи фазового керування напруги у приладі плавного пуску.

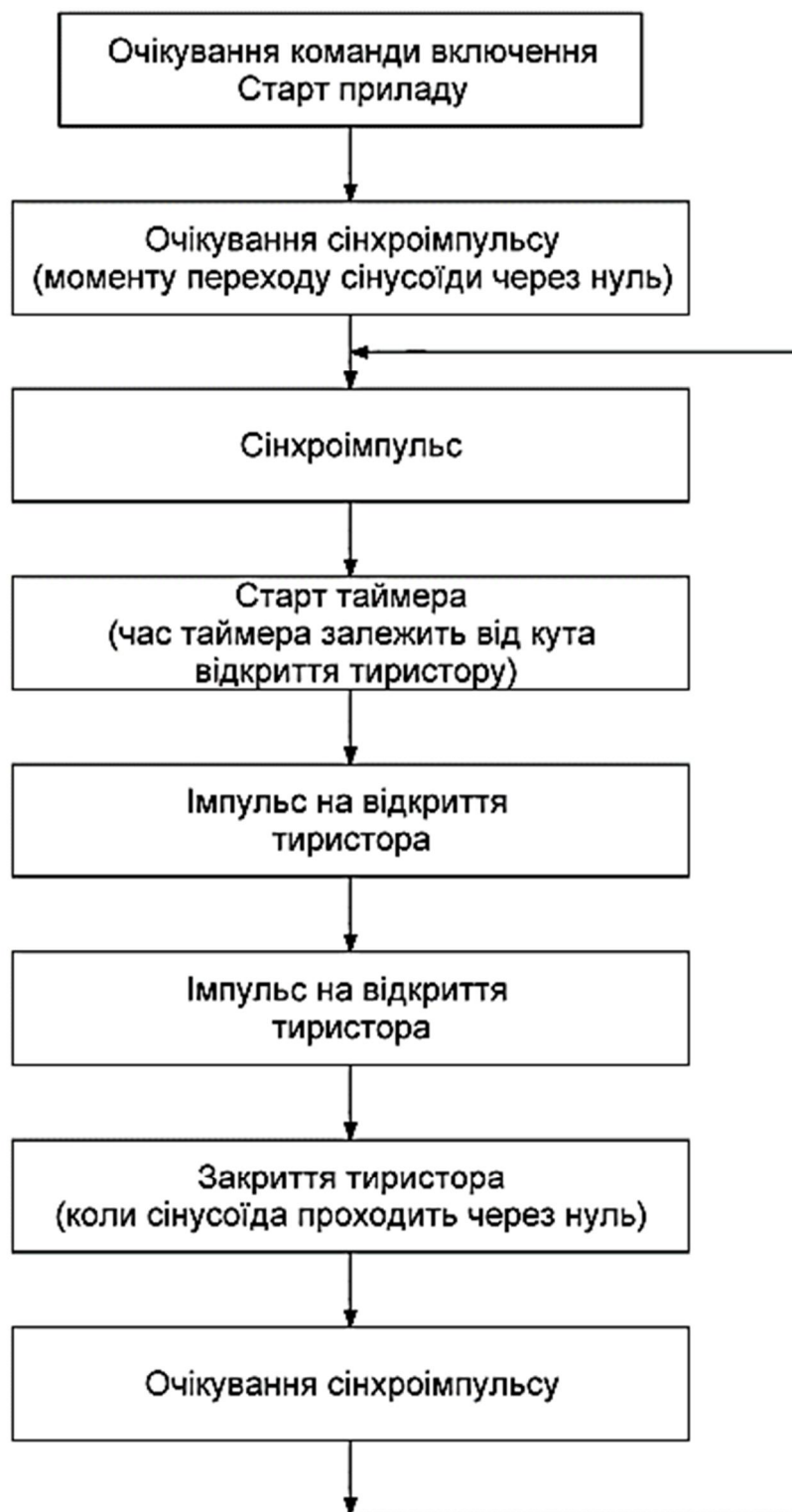


Рисунок 4.2.5 – Алгоритм роботи електронного керування відкриттям тиристорів системи фазового керування напруги у приладі плавного пуску.

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

Консоль управління головним двигуном складається з двох основних комп'ютерів, кожен з яких має по два набори CPU, два кольорових TFT дисплеїв. Модель консолі управління: STEIN SOHN.

Судновий машинний телеграф призначений для зв'язку між рульовою рубкою і машинним відділенням. При керуванні пропульсивною установкою машинний телеграф виконує наступні функції:

- передача команд судноводієм з рульової рубки в машинне відділення про зміну частоти обертання головного двигуна й напрямку упору гребних гвинтів пропульсивної установки;
- прийом команд вахтовим у машинному відділенні й передача в рульову рубку підтвердження про їхнє одержання;
- можливість подачі команд із центрального й бортового постів керування в рульовій рубці при синхронному переміщенні рукояток керування на зазначених постах ("електричний вал");
- звукова й світлова сигналізація при подачі й підтвердженні прийому команд;
- формування сигналу, для системи дистанційного автоматизованого керування головним двигуном з видачою стандартного сигналу 4 – 20 мА по положенню рукоятки центрального командного машинного телеграфу.

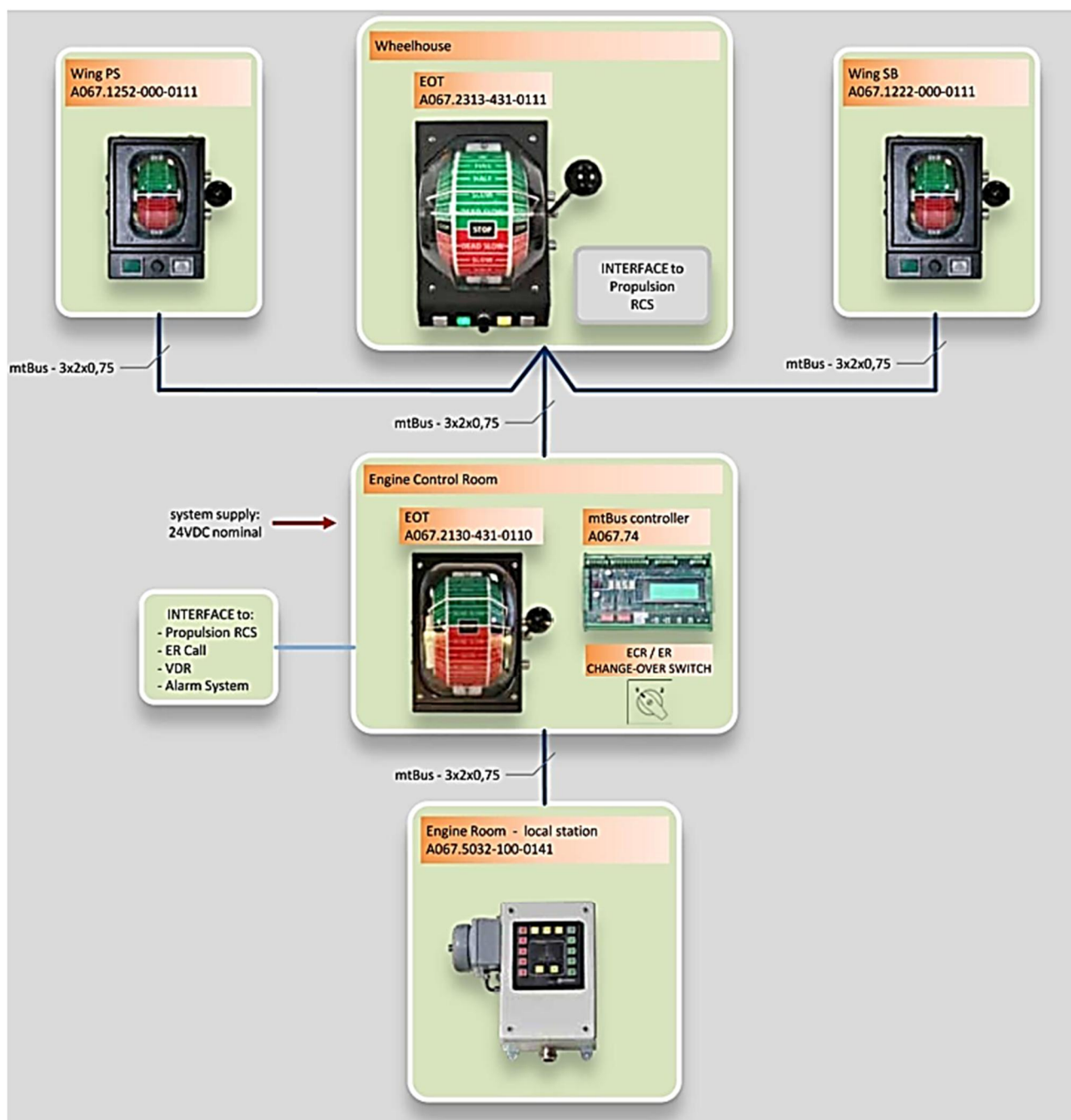


Рисунок 4.3.1 – Будова інформаційної мережі mtBUS, яку використовує машинний телеграф фірми STEIN SOHN.

Датчики частоти обертання служать для визначення числа оборотів валу двигуна або гвинта за одиницю часу й застосовуються в регульованих приводних системах.

Датчики частоти обертання використовуються в тахометрах – приладах, що вимірюють частоту обертання або кутову швидкість обертових деталей. Тахометри бувають магнітні, вібраційні, вартові інтегруючі, стробоскопічні, електронні інтегруючі, магнітно-індукційні, магнітно-електричні, частотно-імпульсні, феродинамічні й інші.

На судні встановлено тахометр валу гвинта, який складається з трансмітеру, індикатора та лічильника. Модель тахометра: CARLO GAVAZZI.

Суднова цифрова телефонна станція на 54 абонента служить для стаціонарного телефонного зв'язку між членами екіпажу та дозволяє проводити виклики з усіх встановлених на судні телефонних апаратів. Модель телефонної станції: PANASONIC HX-72.

У рульовій рубці встановлюється станція пожежної сигналізації із мнемосхемою, за допомогою якої швидко визначається місце пожежі. Система пожежної сигналізації для виявлення пожежі обладнана датчиками-сповіщувачами ручної і автоматичної дії.

Автоматичні сповіщувачі встановлюються у всіх житлових і службових приміщеннях; у складах вибухових, легкозаймистих і горючих матеріалів; на постах керування; приміщеннях для сухих вантажів; у машинному й котельному відділеннях з автоматизованим керуванням при відсутності в них постійної вахти. Модель пожежної станції: Consilium Marine.

4.4. Технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіонавігаційних пристроїв та радіозв'язку.

На даному судні використовується перевірене електро-радіонавігаційне обладнання виробників Raytheon і Furuno.

Нижче наведені основні дані цих пристроїв:

1. Система Гірокомпаса і Автопілоту: гірокомпас встановлений на містку – 1 шт.; реєстратор курсу – 1 шт.; ретранслятор гірокомпаса з дублюючими головками – 5 шт.

Модель: Raytheon Anschutz Standard 22 Gyro Compass.

Гірокомпас обладнаний дисплеєм і блоком керування. Відрізняється високою швидкістю налаштування, надійністю, високим класом захисту. Стабілізація гірокомпаса займає до трьох хвилин. Не потрібно установки додаткового модуля для корекції помилок швидкості.

Гіроскопічний компас розрахований на півторарічний інтервал технічного обслуговування та сорок тисяч годин роботи.

Таблиця 4.4.1 - Технічні дані гірокомпаса Raytheon Anschutz Standard 22 Gyro Compass

Статична помилка курсу:	$\leq 0,1^\circ$
Динамічна помилка курсу:	$\leq 0,4^\circ$
Відхилення після 3 хв. відключення живлення:	$< 2^\circ$
Діапазон робочих температур:	від -10 до $+55^\circ\text{C}$
Клас захисту:	IP23
Основне живлення:	$\sim 115/230\text{ В}, 50/60\text{ Гц}$
Резервне живлення:	постійний струм 24 В

Гірокомпас має вбудовані сигналізації: збій живлення, збій роботи гірокомпаса, системна помилка.

2. Эхолот – 1шт.

Модель: Raytheon Anschütz Colour GDS 10.

Raytheon Anschütz Colour GDS 10 служить для навігації на морі від невеликих до великих глибин. Він може працювати як одинарний або подвійний частотний блок з можливістю розширення до чотирьох робочих частот від 30 до 210 кГц.

GDS 10 має шість основних діапазонів від 10 до 2000 метрів, пам'ять для запису останніх 24 годин роботи, інтерфейси для виведення даних глибини, для введення координат місцезнаходження і інтерфейс принтера.

Таблиця 4.4.2 - Технічні дані ехолота Raytheon Anschütz Colour GDS 10

Робочі частоти:	28, 30, 33, 38, 50, 100, 200, 210 кГц
Кількість променів:	1, 2 або більше
Діапазони виміру глибини:	до 10, 20, 50, 200, 500, 2000 метрів
Відхилення вимірювання:	менше ніж 2,5 %
Вихідна потужність:	150, 450, 1000 Вт RMS
Діапазон робочих температур:	від –15 до +55 °С
Клас захисту:	IP53
Основне живлення:	~ 90 – 260 В, 50/60 Гц
Резервне живлення:	постійний струм 10 – 30 В

Ехолот має вбудовані сигналізації: збій живлення, мала глибина, системна помилка.

3. Індикатор швидкості (лаг): доплерівський вимірювач швидкості – 1шт.

Модель: Raytheon Anschütz SpeedLog.

Принцип роботи гідроакустичного доплерівського лага полягає в вимірі доплерівського зсуву частоти височастотного гідроакустичного сигналу, що посиляється з судна і відбитого від поверхні дна.

Результуючою інформацією є поздовжня і поперечна складові шляхової швидкості.

На відміну від індукційного або іншого типу лага, дане встаткування не вимагає винесення датчика за корпус судна, що значно спрощує його поточне технічне обслуговування. Лаг може вимірювати з високою точністю власну швидкість судна на найменшому ході. Парні промені частотою 2 МГц забезпечують точність вимірів навіть у штормову погоду.

Діапазон виміру швидкості:	від –10 до +50 вузлів
Діапазон виміру пройденої відстані:	від 0 до 99999,99 миль
Точність виміру швидкості:	0,1 вузла
Діапазон глибини:	від 3 метрів
Діапазон робочих температур:	від –15 до +55 °С
Основне живлення:	~ 115/130 В, 50/60 Гц

4. Анемометр: передавач з «флюгером» – 1 шт.

Модель: Anschütz 3000.

5. Радіо станція GMDSS: MF/HF радіо обладнання.

Модель: Furuno RC-1800T

6. Радіотелефон.

Модель: Furuno FS-2570.

7. Navtex приймач.

Модель: Furuno NX-500.

8. Inmarsat F: з VDU та принтером.

Модель: FURUNO INM-C.

Розділ 5. ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1. Цивільний захист. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.

1. Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту) [14].

Балкер «Coral Emerald» знаходиться в порту Порт-Саїд (Єгипет) біля причалу № 10 під погрузкою. Отримано повідомлення про інцидент зі скрапленням газом: внаслідок погіршення стану залізничної колії при під'їзді до території спеціалізованого перевантажувального комплексу для хімічних і наливних вантажів зійшов з рейок вагон-цистерна. У результаті залізничної аварії з пошкодженої вагона-цистерни вилилося 10 т хлористого водню, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Характер розливу СДОР - «вільно». Метеорологічні умови на момент аварії: час доби - день, 11.00, температура повітря 20⁰, швидкість вітру 2 м/с, вітер - зустрічний, суцільна хмарність. До місця аварії - 2 км. Характер місцевості - промислова забудова і територія порту.

Виконати оперативний прогноз хімічної обстановки на час через 1 годину після аварії. Запропонувати заходи щодо зменшення можливих втрат серед екіпажу судна.

2. Оцінка масштабів хімічного зараження території.

Виконання розрахунків ведеться за допомогою формул і таблиць, наведених у Методиці прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту (Додаток 1 до «Методичних вказівок по виконанню розділу «Цивільний захист/оборона» дипломних проектів (робіт)»).

2.1. Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря.

За заданими метеорологічними умовами (час доби – день, швидкість вітру 2 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по таблиці 1 ступень вертикальної стійкості повітря – ізотермія.

2.2. Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі.

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

Таблиця 5.1 - Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів.

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/м³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·мин/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Ізометричне зберігання				K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температури повітря (°С)				
	Газ	Рідина						-40	-20	0	20	40
Водень хлористий	0,0016	1,191	-85,1	2	0,28	0,037	0,30	<u>0,4</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>0,8</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,2</u> 1

Розраховуємо еквівалентну кількість Q_{e1} (т) хлористого водню в первинній хмарі:

$$Q_{e1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^I \cdot Q_0 = 0,28 \cdot 0,30 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 10 = 0,1932 \text{ т} \approx 0,19 \text{ т},$$

де: $K_1 = 0,28$ – коефіцієнт, який залежить від умов зберігання хлористого водню;

$K_3 = 0,30$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози хлористого водню;

$K_5 = 0,23$ – коефіцієнт, що враховує ступінь вертикальної стійкості повітря для ізотермії;

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

$Q_0 = 10 \text{ т.}$ – кількість хлористого водню, що розлився при аварії.

2.3. Розрахунок площі розливу, тривалості вражаючої дії та еквівалентної кількості СДОР у вторинній хмарі.

Площа розливу S_p (м²) хлористого водню дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_o/\rho}{h} = \frac{10/1,191}{0,05} = 167,9 \text{ м}^2,$$

де: V_p – об'єм хлористого водню, що розлився, м³;

$Q_o = 10$ – кількість хлористого водню, що розлився при аварії, т.;

$\rho = 1,191$ – щільність хлористого водню, т/м³;

$h = 0,05$ – товщина шару хлористого водню (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.) хлористого водню:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{\text{II}}} + \frac{1}{K_m \cdot v_{\text{п}}} =$$

$$= \frac{0,05 \cdot 1,191}{0,037 \cdot 1,33 \cdot 1} + \frac{1}{0,2 \cdot 12} = 1 + 0,63 = 1,63 \text{ год} = 1 \text{ год. } 38 \text{ хв.}$$

де: $K_2 = 0,037$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей хлористого водню;

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

$K_m = 0,2$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари хлористого водню;

$v_{\text{п}} = 12$ – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря, км/год.

Розраховуємо еквівалентну кількість хлористого водню Q_{e2} (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{e2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{\text{II}} \cdot \frac{Q_o}{h \cdot \rho} =$$

$$= (1 - 0,28) \cdot 0,037 \cdot 0,30 \cdot 1,33 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{10}{0,05 \cdot 1,191} = 0,41 \text{ т},$$

де:

$K_1 = 0,28$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР;

$K_3 = 0,30$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози хлористого водню;

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

$K_6 = N^{0,8} = 1^{0,8} = 1$ – коефіцієнт, що залежить від часу N , що пройшов з моменту початку аварії; за умовами завдання $N = 1$ год.

2.4. Визначення глибини і площі зони зараження

Глибину зони зараження первинною (вторинною) хмарию СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті визначаємо за допомогою таблиць, що надаються в «Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту».

Для $Q_{e1} = 0,19$ т та швидкість вітру 2 м/с визначимо глибину зараження первинною хмарию хлористого водню: $\Gamma_1 = 1,083$ км.

Для $Q_{e2} = 0,41$ т та швидкості вітру 2 м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарию хлористого водню: $\Gamma_2 = 1,677$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 1,677 + 0,5 \cdot 1,083 = 2,2 \text{ км},$$

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} :

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 2,2 \text{ км}.$$

Визначаємо площу зони можливого зараження S_b (км²) хмарию хлористого водню:

$$S_b = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^{\circ} = 3,14 \cdot 2,2^2 \cdot 90^{\circ} / 360^{\circ} = 3,8 \text{ км}^2,$$

де: $\Gamma = 2,2$ – розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 90^{\circ}$ – кутовий розмір зони зараження для швидкості вітру 2м/с, град.

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_{Φ} (км²):

$$S_{\Phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 2,2^2 \cdot 1^{0,2} = 0,64 \text{ км}^2,$$

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

2.5. 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 $\varphi = 90^\circ$ і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 2,2$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження – місцем розливу хлористого водню. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_L (км):

$$\Gamma_L = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_e}{D_L} \right)^\psi = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,6}{6} \right)^{0,58} = 0,12 \text{ км},$$

де: $\lambda = 2,31$; $\psi = 0,580$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру 2 м/с;

$Q_e = Q_{e1} + Q_{e2} = 0,19 + 0,41 = 0,6$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

$D_L = 6$ – летальна токсодоза для хлору, мг.хв/л.

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

$$\Gamma_{0,4L} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_e}{D_{0,4L}} \right)^\psi = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,6}{2,4} \right)^{0,58} = 0,2 \text{ км},$$

де: $D_{0,4L} = 0,4 \cdot D_L = 0,4 \cdot 6 = 2,4$ – значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

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

$$\Gamma_{0,2L} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_e}{D_{0,2L}} \right)^\psi = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,6}{1,2} \right)^{0,58} = 0,31 \text{ км},$$

де: $D_{0,2L} = 0,2 \cdot D_L = 0,2 \cdot 6 = 1,2$ – значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 2,2$ км.

2.6. Визначення часу підходу зараженого повітря до об'єкту.

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

$$t = \frac{x}{K_M \cdot v_{\Pi}} = \frac{2}{0,2 \cdot 12} = 0,83 \text{ год.} = 50 \text{ хв.},$$

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

v_{Π} – 12 м/с.

3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат.

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті аварійного розливу хлористого водню на території причалу показала, що хмара зараженого повітря досягне межі судна, де знаходиться екіпаж, через 50 хвилин. В результаті утворення хмари зараженого повітря при розливі хлористого водню судно, де може знаходитися екіпаж, потрапляють в зону легких уражень, що у свою чергу є загрозою для здоров'я моряків.

Для зменшення людських втрат пропонується виконати наступні заходи:

- якнайскоріше прибрати усіх людей з палуби всередину надбудови судна;
- обмежити вихід членів екіпажу на палубу судна;
- по можливості максимально герметизувати усі приміщення в надбудові судна;
- контролювати напрямок переміщення хмари зараженого повітря та концентрацію хлористого водню в повітрі;
- встановити контроль концентрації СДОР на відкритому повітрі і в повітрі приміщень судна.

5.2 Охорона праці.

5.2.1 Призначення та принцип використання супутникової системи зв'язку

ІНМАРСАТ / INMARSAT.

Міжнародна організація Inmarsat була заснована в 1979 році. Метою організації було забезпечення зв'язком морських суден і підвищення безпеки морських перевезень [15]. З того часу Inmarsat став єдиним (до недавнього часу) провайдером послуг мобільного супутникового зв'язку. Вже давно її послугами користуються не тільки моряки, але всі, кому може знадобитися швидкий і якісний зв'язок. Спочатку аббревіатура Inmarsat розшифровувалась як International Maritime Satellite Organization - Міжнародна Морська супутникова Організація, після того, як організація вийшла на ринки, не пов'язані з морськими перевезеннями, вона, не змінюючи аббревіатури, поміняла свою назву - International Mobile Satellite Organization - Міжнародна організація мобільного супутникового зв'язку. Організація фінансується учасниками майже 90 країн, які є її членами.

До запуску власних супутників Inmarsat використовував орендовані ємності на супутниках інших комунікаційних систем: два супутника Marisat (оператор - Comsat General, США), два супутника Mareks (оператор - Європейське космічне агентство), ємності на супутниках Intelsat п'ятої серії. З 1997 року організація повністю перейшла на використання власних супутникових ємностей [16].

Система Inmarsat побудована на даний момент (з 2008 року) на базі трьох геостаціонарних супутників 4-го покоління (I-4), висота яких над земною поверхнею складає 35790 км, період обертання 24 години (кутова швидкість обертання дорівнює швидкості обертання Землі), що дозволяє говорити про їх неподвіжності щодо поверхні Землі. Велика висота орбіт цих супутників дозволяє збільшити зону покриття кожного супутника до більш ніж 1/3 земної поверхні, виняток становлять лише Північний і Південний полюси.

На кожному супутнику є, принаймні, два ретранслятори, один з яких ретранслює повідомлення в напрямку від земних станцій до терміналів, а другий - в зворотному напрямку.

Кожен геостаціонарний супутник Inmarsat I-4 забезпечує покриття земної поверхні 228 зональними променями з діаметром по 800 км. У кожному промені за рахунок його вузькості створюється висока енергетика каналу, що дозволяє стійко працювати на високих швидкостях - супутники 4-го покоління забезпечують пропускну здатність мережі в 16 разів більшу, ніж супутники 3-го покоління.

Головна мета створення Інмарсат полягає у забезпеченні морських судів надійним зв'язком, в першу чергу для підвищення безпеки мореплавства, в тому числі передачі сигналів про лихо, оперативної взаємодії з іншими судами і береговими службами, зв'язку членів екіпажу і пасажирів судна з берегом. Одне із завдань створення Інмарсат - забезпечити функціонування системи морського супутникового зв'язку відповідно до вимог ГМССБ - глобальної морської системи зв'язку під час лих. Дві зі складових супутникової системи ІНМАРСАТ (ІНМАРСАТ -В / С) включені до складу ГМССБ.

Ці система зв'язку ІНМАРСАТ забезпечують передачу сигналів лиха і повідомлень про лихо через берегову станцію зв'язку на адресу рятувально-координаційний центр.

ІНМАРСАТ-С, який призначений для організації диспетчерських систем для контролю за рухомими транспортними засобами, кораблями, автомобілями, літаками, а також для передачі і прийому невеликих об'ємів інформації, забезпечує передачу координат та характер лиха у текстовому/цифровому вигляді на спеціальні приймачі.

ІНМАРСАТ-В та його більш сучасніший варіант ІНМАРСАТ-FLEET забезпечують передачу сигналів лиха у телефонному режимі [17].

5.2.2 Засоби індивідуального захисту, їх види та призначення.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) — це захисні засоби, що надягаються на тіло працівника чи його частину або використовуються під час праці. Використовуються працівником для відвертання або зменшення дії шкідливих і небезпечних виробничих чинників, а також для захисту від забруднення на роботах із шкідливими і небезпечними умовами праці, а також роботах, пов'язаних із забрудненням або несприятливими метеорологічними умовами.

Згідно статті 8 Закону України «Про охорону праці» забезпечення працівників спецодягом, іншими засобами індивідуального захисту, мийними та знешкроджувальними засобами покладено на роботодавця або уповноважений ним орган, з метою протидії шкідливих і небезпечних факторів на здоров'я працівника [18].

Виходячи зі свого призначення, ЗІЗ поділяються на наступні групи:

Загальний захист всього тіла – до цієї групи відносять спецодяг (safety overall), робоче захисне взуття (safety shoes), захисний одяг спеціального призначення (захисні комбінезони, костюми для зварювальників, костюми з ПВХ, тощо).

Спеціальний одяг повинен точно відповідати розміру одягу працівника, так само як і спеціальне взуття. Захисний одяг повинен бути комфортним, надійним, зносостійким.

Перед використанням працівник повинен перевірити спецодяг на пошкодження, які можуть погіршувати його захисні властивості.

Засоби для захисту органів дихання. У цій категорії, в основному, знаходяться фільтри, маски, респіратори. ЗІЗ для органів дихання захищають дихальну систему від зовнішнього негативного впливу професійного або надзвичайного характеру(пилу, газів, тощо).

По конструкції поділяються на: фільтруючі (напівмаски, респіратори, протигази, марлеві пов'язки, маски) та ізолюючі (протигазні пристрої з балонами).

Перед використанням працівник також повинен перевірити захисні засоби та механічні пошкодження. Фільтри перевіряються на термін придатності та необхідні захисні властивості, балони з повітрям перевіряються на необхідний тиск.

Засоби захисту голови. Основною функцією цих засобів є захист працівника на виробництві, запобігання або мінімізація наслідків травм, небезпечних умов праці та забезпечення комфортної роботи. ЗІЗ голови повинні забезпечувати захист від ударів, комах, падіння важких предметів, попадання іскор, гарячих предметів, пилу на шкіру і волосся, отримання ударів від ударів об гострі кути або інші нерухомі предмети.

Згідно умов державного стандарту безпеки праці та індивідуального захисту України ЗІЗ голови поділяються на три групи: захисні каскетки і каски; шоломи і підшоломники; кепі і кепки, шапки, берети, косинки, сітки для волосся, накомарники.

Найпоширенішим елементом захисту голови є каска. Каска - це шолом для голови, виконаний з міцного матеріалу. Конструкційно вона складається з зовнішнього захисного корпусу, внутрішнього кріплення для голови і ремня. Захисні каски можна класифікувати за двома основними ознаками – класу використання і кольором. Класи використання касок визначають їх захисні характеристики. Клас А - забезпечує безпеку при роботі з універсальним типом захисту від механічних травм. До цього класу належить більшість моделей будівельних касок, популярних на ринку України. Клас В забезпечує захист користувача від ураження електричним струмом і оберігає голову від механічних пошкоджень, ударів невеликої сили. Клас С – легкі моделі, які оберігають голову від зіткнення зі стінами та іншими твердими предметами.

Засоби, що захищають органи зору та обличчя. Засоби захисту органів зору - це спеціальні носяться аксесуари (в першу чергу це захисні окуляри), що використовуються для забезпечення безпеки при роботі і захисту від механічного, теплового впливу, різних частинок, що можуть потрапити в очі, ультрафіолетового і лазерного випромінювання.

Класифікують такі види засобів захисту очей і обличчя: захисні окуляри відкритого типу; захисні окуляри закритого типу; захисна маска; шолом для особи; ручної щиток; шолом, що захищає голову.

Дуже важливо використовувати засоби захисту обличчя та органів зору при роботі з електричними інструментами, такими як кутова шліфувальна машина (або як її частіше називають – болгарка). Це пов'язано з тим, що засоби захисту повинні охороняти органи зору робітника не тільки від іскор і дрібних частинок оброблюваного матеріалу і абразиву, а й від великих осколків металу і каменю, а також частин відрізного кола при його руйнуванні під час роботи.

Засоби індивідуального захисту органів слуху. Робота на суднах завжди супроводжується шумом (по перше це відноситься до машинного відділення). При підвищеному рівні шумових подразників, відповідно до вимог техніки безпеки, використовуються засоби індивідуального захисту. ЗІЗ органів слуху мають різні конструктивні особливості і різні рівні захисту від шуму, розраховані на широкий шумовий діапазон.

За конструкцією вони поділяються на: вкладиші (беруші, затички для вух), що перекривають слуховий канал зовні; навушники, що закривають всю вушну раковину.

Засоби захисту при висотних роботах. Робота на суднах часто пов'язана з роботою на висоті, яка в свою чергу пов'язана з ризиком для здоров'я і життя співробітника, тому має особливі вимоги до техніки безпеки. Перш за все це використання засобів індивідуального захисту. Ризик для здоров'я при висотних роботах встановлюється починаючи з 1,3 м. При цьому існують додаткові ризики

для співробітників, що працюють на висоті: це робота над машинами або механізмами, поверхнею рідини або сипучими матеріалами, на неогороджених майданчиках з перепадами по висоті більше 5 м на відстані від краю менше 2-х м, і так далі.

Щоб попередити нещасний випадок при падінні працівника з висоти використовують засоби індивідуального захисту від падіння з висоти.

Залежно від призначення вони діляться на наступні види:

- стаціонарні страхувальні системи;
- евакуаційні системи, спускові механізми, лебідки, підвісні сидіння, прив'язі, канатні, ланцюгові і тросові стропи;
- запобіжні лямкові і безлямкові пояси, що страхують користувача від падіння з висоти, що забезпечують безпечний спуск або оберігають від попадання в небезпечну зону;
- кріплення анкерного типу - затискачі, кронштейни, спеціальні балки, а також пересувні системи страхівки на канаті або тросі зі сталі;
- карабіни різних видів;
- страхувальні канати - подвійного і одинарного плетіння, зроблені з паракорда, металевого шнура, ланцюга, каната або вогнетривкого матеріалу;
- страхувальні системи втягуючого виду, використовувані для виконання робіт в обмежених просторах (колодязі, тунелі, котловани та ін.).

Засоби захисту ніг і рук. Дана категорія безпосередньо захищає від прямого контакту з такими компонентами, які можуть згубно впливати і наносити шкідливий вплив шкірі людини або людині загалом.

Діелектричні рукавички – один з основних засобів захисту у професії електромеханіка. Такі рукавички чудово захищають від ураження електричним струмом, адже виготовлені з ізолюючого матеріалу. Також такі рукавиці

запобігають травмам рук і пальців при ремонті і монтажі техніки та проводки. Вони дозволяють безпечно працювати з обладнанням і мережами з напругою до 1000 В. Забезпечення працівників діелектричними рукавицями - це обов'язкова умова при проведенні електротехнічних робіт. Без таких рукавичок не обходиться виконання ремонту обладнання чи прокладання проводки. Поділяються за рівнем напруги, від якої захищають та за матеріалом виробництва. Перед використанням працівник повинен перевірити на механічні пошкодження (наприклад надувши рукавичку) та на дату останньої перевірки, що до діелектричних властивостей.

Боти діелектричні — також засіб захисту від ураження електричним струмом. Боти використовуються як додатковий засіб захисту від дії електричного струму напругою понад 1000 В. Крім того, діелектричні боти захищають робітників від «крокової напруги». Боти одягаються поверх робочого взуття [19].

5.2.3 Обов'язки осіб командного складу при боротьбі з пожежами на судні.

Згідно до інструкції по боротьбі за живучість суден, кожна особа командирського складу зобов'язана знати досконало:

- будову та конструктивні особливості судна;
- поділ судна на водонепроникні відсіки;
- кордони протипожежних зон; приміщення, обгороджених протипожежними конструкціями;
- заходи щодо забезпечення водонепроникності корпусу і попередження вибухів і пожеж;
- способи боротьби з водою, пожежами, паром і димом;
- правила використання технічних стаціонарних засобів по боротьбі за живучість судна, аварійного і протипожежного постачання і рятувальних засобів колективного та індивідуального користування, а також засобів індивідуального захисту;

Капітан при пожежі виконує наступні обов'язки:

- здійснює керівництво боротьбою за живучість судна через старшого помічника;
- здійснювати загальне керівництво діями аварійних партій (груп);
- інформує всі зацікавлені сторони про пожежу на судні, про деталі ситуації і заходи, що вживаються.

Старший помічник капітана при пожежі виконує наступні обов'язки:

- відповідає за підготовку аварійної партії до боротьби, за живучість судна відповідно до завдань, покладеними на аварійні партії, керує її діями.

Другий помічник капітана при пожежі виконує наступні обов'язки:

- керувати підготовкою медичної групи і підготовлює медичний пункт до дій по тривогам та прийому постраждалих.

Третій помічник капітана при пожежі виконує наступні обов'язки:

- забезпечує навігацію плавання судна;
- забезпечує подачу світлових та звукових сигналів.

Головний механік при пожежі виконує наступні обов'язки:

- керує діями аварійної партії (групи) і вахти по боротьбі за живучість машинного відділення.

Другий механік при пожежі виконує наступні обов'язки:

- підготовку аварійної партії (групи) до боротьби за живучість машинних приміщень;
- керівництво діями аварійної партії (групи) машинних приміщень по ліквідації пожежі;
- відповідає за готовність стаціонарних систем протипожежної боротьби (готує систему CO₂, вмикає пожежний насос).

Третій механік при пожежі виконує наступні обов'язки:

- здійснення контролю за герметизацією машинних приміщень на головній палубі і надбудови, а також закриття вентиляційних отворів;
- керує діями аварійної партії (групи) машинних приміщень по ліквідації пожежі.

Четвертий механік при пожежі виконує наступні обов'язки:

- керує діями ходової вахти по боротьбі за живучість в машинному відділенні;
- закриває двері, пожежні заслони, паливні заслони, вентиляційні заслони.

Електромеханік при пожежі виконує наступні обов'язки:

- знаходиться у головного розподільного щита забезпечує перемикання споживачів електроенергії [20], [21].

5.2.4 Аналіз методів очистки нафтовмісних вод.

Згідно до Додаток I до МАРПОЛ 73/78 – «Правила запобігання забруднення нафтою», судна повинні мати системи очищення л'яльних вод, які очищують ці води до рівня вмісту нафтопродуктів не більш ніж 15 ppm.

Існує декілька видів очищення л'яльних вод на судах. Найпоширеніший є метод очищення сепарацією. Очищення виконується за допомогою сепаратора л'яльних вод.

Принцип дії такий - вода, підігріта до необхідної температури, подається в барабан, який обертається. За рахунок відцентрових сил нафтопродукти збираються в центрі, після чого виводяться з системи. Більш щільна рідина, вода, накопичується на периферії обертового контейнера і збирається з боку пристрою.

Такі системи забезпечують високий рівень очищення. Наприклад система PureVilge від фірми AlfaLaval - єдина система на ринку, надійно працює в реальних умовах використання і забезпечує концентрацію нафтопродуктів в очищеній воді в межах 0-5 ppm без застосування хімікатів, поглинаючих фільтрів або мембран [22].

Також існує хімічний метод очищення. Хімічне очищення має на увазі обов'язкове використання хімічних домішок, що реагують з нафтопродуктами. В ході хімічних реакцій утворюється нерозчинний у воді осад, який легко видаляється механічною фільтрацією. Ефективність видалення розчинних домішок - 25%, нерозчинних - 95%.

Абсорбційна фільтрація – ще один з методів фільтрації. Базується на принципі поглинання нафтопродуктів з рідини за допомогою спеціальних речовин – сорбентів. Зараз існує багато типів речовин з такими властивостями, наприклад таких як активоване вугілля або пінополіуретан, який має властивість вбирати в себе нафтопродуктів у 20 разів більш своєї ваги.

Мембранний метод очищення також заснований на фільтрації л'яльних вод. Але при такому методі відбуваються не поглинання частин нафтопродуктів з води,

а їх зупинення спеціальними мембранами. Ці мембрани мають спеціальні отвори, які можуть пропускати елементи не більш ніж молекула води, тому велика молекула нафтопродуктів не може пройти крізь ці отвори. Такий метод може дозволити очистити л'яльні води майже повністю від нафти, але він є більш дорогим ніж інші, бо потребує спеціальної системи передочищення та постійного обслуговування мембран.

Коагуляційний метод очищення дещо схожий на хімічний. Він також є статичним методом очищення та за раз дозволяє очистити великий об'єм л'яльних вод. Але у відмінності від нього використовує не хімічно активні речовини, а спеціальні коагулянти, які осаджують з існуючої емульсії нафтопродукти [23].

До недоліків цих методів можна віднести зниження їх ефективності від кільової або бортової хитанини. Цього недоліку позбавлений метод очищення за допомогою центрифужного сепаратора.

ВИСНОВОК

Хоч в загальному судові енергетичні системи і мають загальні структуру, принцип дії і конструкцію, але під час проектування необхідно приділяти увагу індивідуальним особливостям розглядаємого судна. Це необхідно для того, щоб зменшити економічні витрати як при будівництві, так при подальшій експлуатації.

Також увага в дипломному проекті приділялася новітнім системам автоматичного керування устаткуванням судна. Це є важливим моментом, бо сучасне суднобудівництво йде шляхом подальшої «діджиталізації» судна в загальному. Наприклад, як було розглянуто у проекті, сучасна система автоматичного керування фірми NORIS (була розглянута лише її найдешевша модифікація) дозволяє інтегрувати у загальну інформаційну мережу усі енергетичні системи судна (такі як головна енергетична установка, суднова електростанція, тощо) так і навігаційні системи. Здебільшого такі системи пояснюються світовою тенденцією на подальшу автономність у керуванні судном, що надає можливість у зменшенні кількості екіпажу і навіть, у майбутньому, на його відсутність взагалі.

Також, задаючись напрямком на енергоефективність і приймаючи до уваги перспективи розвитку та розповсюдження використання елементів електроніки та мікропроцесорних управляючих схем, були виконані розробки по вдосконаленню та покращенню систем управління приводом насоса заборотної води охолодження ГД.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Возницкий И. В. Судовые двигатели внутреннего сгорания. – М.:МОРКНИГА, 2008.- 470 с.
2. А.В. Бронников. Проектирование судов: учебник. Издательство: Судостроение. Ленинград. 1991г. - 320 с.
3. Grundfos Marine Pumps – Manual – 2012 – 102 с.
4. WEG – Induction motors for marine application – Catalog – 2015 – 65 с.
5. Delta Electronic - VFD series E – Manual – 2010 – 150 с.
6. ПРАВИЛА КЛАССИФИКАЦИИ И ПОСТРОЙКИ МОРСКИХ СУДОВ Том 3 РОССИЙСКИЙ МИРСКОЙ РЕГИСТР СУДОХОДСТВА 2015 – 575 с.
7. Піпченко А.Н. Розрахунок судових електроенергетичних систем.- М.: Мортехінформреклама, 1988. 39 с.
8. AEM MARINE GENERATORS – CATALOG – 2002 – 35 с.
9. Коноваленко Л.К., Коноваленко А.В. Електротехнічна безпека на морському транспорті. Одеса: „Друк”, 2002. 172 с. 7. Власенко АА. Суднова електроавтоматика. М.: Транспорт, 1983.
10. Яковлев М.С. Судові електроенергетичні системи. Л.: Суднобудування, 1987. 269 с.
11. ABB SYNPOL D – User manual – ABB 2012 – 103 с.
12. NORIS Marine Decision – NORIMOS 4 – Catalog – 2018 – 25 с.
13. Magnus Kjellberg , Soren Kling - Системы плавного пуска Учебное пособие - ABB Automation Technology Products AB, Control - Февраль 2003г – 100 с.

14. Методичні вказівки по виконанню розділу дипломних проектів (робіт) «Цивільний захист/оборона» / В. Б. Терновський, С. Н. Стреминовський - Одеса: ОНМА, 2011. - 49 с.
15. Конвенция о Международной организации морской спутниковой связи (ИНМАРСАТ) - редакція від 29.09.2006.
16. Инмарсат – site: <https://www.marsat.ru/technologies>
17. ФУНКЦИИ ИНМАРСАТ В ГМССБ (GMDSS) – site: <https://mirmarine.net/sudovoditel/gmdss/964-funktsii-inmarsat-v-gmssb-gmdss>
18. ЗАКОН УКРАЇНИ “Про охорону праці” - Редакція від 27.02.2021.
19. Средства индивидуальной защиты на производстве – site: <https://www.sop.com.ua/article/ru/428-sredstva-individualnoy-zashchity-na-proizvodstve>
20. Наставление по борьбе за живучесть судов Министерства морского флота СССР (НБЖС) (РД 31.60.14-81), М: В/О Мортехинформреклама", 1983, — 198с.
21. Інструкція з боротьби за живучість суден внутрішнього плавання - Затверджено Міністерством транспорту та зв'язку України № 963 від 04.11.2004.
22. Стаття «Очистка льяльной воды – какой способ сепарации лучше?» - Журнал «Морская биржа» выпуск № 2(32) від 2010 року.
23. «Технология очистки нефтесодержащих сточных вод» - П.Осипов, С.Виловатых, Е.Журавлёв, С.Сабодин (ЗАО Ионнообменные технологии) - Neftegaz.RU