

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ АВТОМАТИКИ ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ

Кафедра електричної інженерії та електроніки
(заочне відділення)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

на тему:

«Електрообладнання, електронна апаратура і системи управління контейнеровоза місткістю 2660 контейнерів»

Виконав студент 5 курсу, групи 3105Бз
спеціальності:

271 – Річковий та морський транспорт

Спеціалізація: «Експлуатація суднового
електрообладнання і засобів автоматики»

Шраменко О.С.
допущений до захисту 15.12.21

Завідувач кафедри М.Й. Муха

Керівник Дранкова А.О.

Нормо контролер Самонів С.Ф.

Рецензент В. Кедрин

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

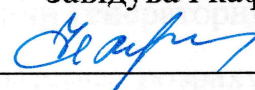
Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки

Кафедра електричної інженерії та електроніки

Спеціальність: Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕІ та Е

 М.Й. Муха
« 01 » 11 2021 р.**ЗАВДАННЯ**

на дипломну роботу бакалавра

ШРАМЕНКО ОЛЕКСАНДРА СЕРГІЙОВИЧА

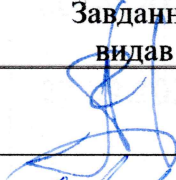
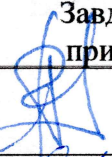
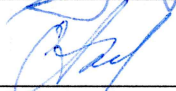
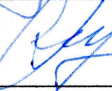
за темою:

1. «Електрообладнання, електронна апаратура і системи управління контейнеровоза місткістю 2660 контейнерів» затверджена наказом ректора університету від 08.11 2021 р. № 1694.
2. Термін здачі курсантом закінченої роботи до 13.12.2021 р.
3. Змістовна частина розділів дипломної роботи за напрямом підготовки 271 «Річковий та морський транспорт» зазначено нижче:
 - 3.1. Техніко-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна, головної енергетичної установки, допоміжних механізмів і систем.
 - 3.2. Розрахунок режимів роботи та вибір електропривода одного із суднових механізмів (за вибором керівника дипломної роботи): розрахунок та вибір електродвигуна; вибір схеми живлення та управління (можливо комплектний електропривод) на підставі знаку автоматизації судна; розрахунок та вибір комутаційно-захисної апаратури. *Графічна частина:*

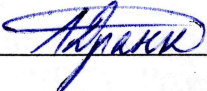
Принципова схема силової частини електроприводу і принципова або функціональна схема системи управління.

- 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 вибором керівника дипломної роботи); вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ; 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, розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, розробка алгоритмів управління СЕЕС. *Графічна частина:* 1. Однолінійна схема ГРЩ і АРЩ. 2. Система збудження СГ. 3. Структурна або функціональна схема АСУ СЕЕС, алгоритм управління.
- 3.4. Аналіз систем та пристроїв управління судном: 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); 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; ГМЗСБ і навігація. *Графічна частина:* 1. Принципова або структурна схема системи управління технічного об'єкту, граф-схема алгоритму функціонування.
- 3.5. Розробка технології і інструкції по експлуатації суднового електрообладнання і засобів автоматизації (за вибором керівника дипломної роботи).
- 3.6. Питання цивільного захисту судна.

3.8. Консультанти розділів роботи:

Розділ роботи	Консультант	Підпис і дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Цивільний захист та охорона судна	Голобородько О.Т		 17.11.21
Охорона праці	Розумов О.І.		 13.12.21

4. Дата видачі завдання на роботу: 06.09.2021р.

Керівник роботи  Дранкова А.О.Завдання прийняв до виконання  Шраменко О.С.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Розрахунок режимів роботи електропривода швартової лебідки. Вибір двигуна. Перевірка двигуна за нагрівом. Розрахунок статичних та динамічних характеристик приводу. Спосіб пуску двигуна. Розробка схеми живлення та управління (комплектний електропривод) на підставі знаку автоматизації судна.	06.09.2021 — 27.09.2021	Виконано
2.	Розрахунок суднової електроенергетичної системи (СЕЕС). Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції (табличний метод); вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ; вибір генераторних автоматів. Вибір системи збудження генераторів. Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії; перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги. Вибір засобів автоматизації СЕЕС, Розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, розробка алгоритмів управління СЕЕС.	28.09.2021 — 04.10.2021	Виконано
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	05.10.2021 — 15.11.2021	Виконано

4.	Технологія та інструкція по експлуатації суднового електрообладнання і засобів автоматизації.	16.11.2021 — 22.11.2021	Виконано
5.	Цивільний захист та охорона судна	23.11.2021 — 01.12.2021	Виконано
6.	Охорона праці	02.12.2021 — 13.12.2021	Виконано

Дипломник  Шраменко О.С.

Керівник  Дранкова А.О.

РЕФЕРАТ

У дипломній роботі зроблено розрахунок електрообладнання, електронної апаратури та системи управління контейнеровоза місткістю 2660 контейнерів. Наведені техніко-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна, головної енергетичної установки, допоміжних механізмів і систем.

У дипломній роботі проведено розрахунок потужності та вибір електроприводу швартової лебідки. Зроблено опис технічного об'єкта та його технологічного процесу, проведено аналіз режимів роботи електрообладнання автоматичної швартовної лебідки. Розроблено принципову та структурну схеми системи управління електропривода.

Виконано розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибрана кількість і тип агрегатів суднової електростанції (табличний метод розрахунку); вибрана раціональна структура СЕЕС та розроблена однолінійна схема ГРЩ та АРЩ; вибрані генераторні автомати; обрана системи збудження синхронних генераторів; зроблено розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії та перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги. Обрані засоби автоматизації СЕЕС, розроблена функціональна схема автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, проведено розробку алгоритмів управління СЕЕС для характерних режимів роботи.

Проведено аналіз систем керування судновою електроенергетичною установкою.

Розглянуті питання технічної експлуатації суднового електрообладнання і засобів автоматизації, а також цивільного захисту та охорони судна.

Ключові слова: СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД, АВТОМАТИЧНА ШВАРТОВНА ЛЕБІДКА, СУДНОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА, ГОЛОВНИЙ РОЗПОДІЛЬНИЙ ЩИТ, ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ

ANNOTATION

In diploma work done calculation of electrical equipment, electronic apparatus, and control system container capacity of 2660 containers. A technical descriptions and structural features of ship, main power plant, ship's mechanisms and systems were resulted.

In diploma work, the power was calculated, and the electric drive of the mooring winch was selected. The description of the technical object and its technological process was made, the analysis of the operating modes of the automatic mooring winch electrical equipment was carried out. The schematic and structural diagram of the electric drive control system has been developed.

The calculation of power of PMS was executed for the characteristic modes of ship operations, chosen amount and type of power-station generators (tabular method of calculation); the rational structure of PMS was chosen and the one-line chart of MSB and ESB was developed; generator automats were chosen; select systems of excitation of synchronous generators and other electrical calculations were done. The PMS automation facilities were selected, the functional diagram of PMS was developed, the algorithms of PMS automation for ship's mode were development.

The analysis of control systems installation vessels electricity grid was carried out.

The questions of technical exploitation of ship electrical equipment and automation facilities, and civil defence and ship guard were considered.

Key words: SHIPS ELECTRICAL DRIVE, AUTOMATIC MOORING WINCH, POWER MANAGEMENT SYSTEM, MAIN SWITCH BOARD, INTEGRATED CONTROL SYSTEM, MAINTENANCE

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
АШЛ - Автоматична швартовна лебідка
АЦП - Аналого-цифровий перетворювач
БВЧО - Блок виміру частоти обертання
ГД - Головний двигун
ГА - Генераторні агрегати
ГСА - Граф схема алгоритму
ГРЩ - Головний розподільний щит
ДАУ - Дистанційне автоматизоване управління
ДГ - Дизель-генератор
ЕЗА - Електричні засоби автоматизації
КЗ - Коротке замикання
ККД - Коефіцієнт корисної дії
КСК ТЗ - Комплекс систем керування технічними засобами
КУ - Котельна установка
МВ - Машинне відділення
ПД - Привідний двигун
ПТЕ - Правила технічної експлуатації
РЩ - Розподільний щит
СЕС - Суднова електростанція
СЕУ - Суднова енергетична установка
ЦПК - Центральний пост керування

ЗМІСТ

ВСТУП.....	12
1. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА, ГОЛОВНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ, ДОПОМІЖНИХ МЕХАНІЗМІВ І СИСТЕМ	14
2. РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОПРИВОДА АВТОМАТИЧНОЇ ШВАРТОВНОЇ ЛЕБІДКИ	
2.1 Опис технічного об'єкту та його технологічного процесу.....	19
2.2 Аналіз режимів роботи АШЛ.....	20
2.3 Вибір електрообладнання АШЛ	22
2.4 Розробка принципової схеми управління АШЛ.....	28
2.5 Розробка інструкції з експлуатації автоматичної швартовної лебідки	30
3. РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ (СЕЕС)	
3.1 Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції.....	36
3.2 Вибір системи збудження синхронних генераторів.....	46
3.3 Розрахунок провалу напруги під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії.....	50
3.4 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ.....	52
3.5 Розробка конструкції ГРЩ та вибір комутаційно-захисної апаратури ГРЩ	56
3.6 Перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги.....	61
3.7 Вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління СЕЕС, розробка алгоритмів управління СЕЕС	62
3.8 Мережа судового електричного освітлення, судові сигнально відмітні вогні, низьковольтне освітлення	67
4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ	
4.1 Технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної	

мережі інформаційних і управляючих систем.	70
4.2 Система управління суднової енергетичної установки K-CHIEF 500.	74
4.3 Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації.	86
4.4 ГМЗСБ і навігація, технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв, та радіозв'язку.	91
5. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ	99
6. ОХОРОНА ПРАЦІ	107
ВИСНОВКИ	119
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	120
Додаток А: Однолінійна схема ГРЩ і АРЩ	
Додаток Б: Таблиця навантаження СЕЕС	

ВСТУП

Важливою особливістю розвитку сучасного суднобудування є широке впровадження сучасних технологій, що дозволяють здійснювати автоматизацію судових технічних засобів.

Судна транспортного флоту мають велику кількість різних електрифікованих механізмів, схем енергоустаткування та автоматики, які відрізняються значною різноманітністю систем керування. Системи керування виконують повністю функції автоматичного регулювання, управління, контролю, захисту, діагностування стану технічних засобів за участю людини - оператора або без його особистої участі.

Сучасні морські судна неможливо уявити без застосування логічних та мікроконтролерних систем керування, які майже повністю витиснули релейно-контакторні системи. Вони дозволяють значно підвищити:

- безпеку плавання й надійність роботи механізмів;
- покращити умови праці плавскладу й підвищення продуктивності цієї праці;
- техніко-економічні та експлуатаційні показників судна.

На сучасних судах кількість споживачів електроенергії судової електростанції безупинно збільшується, потужності споживачів зростають, відповідно, зростають і потужності судових електричних станцій.

Розвиток автоматичного керування й регулювання СЕУ і ЕС іде, з одного боку, по шляху взаємодії зі створюваними новими конструкціями агрегатів й установок при одночасному вдосконалюванні елементів автоматики й технології їхнього виготовлення, з іншого боку, по шляху проектування систем автоматики на базі найбільш ефективних елементів і розробки способів їхнього налаштування. Проектування й експлуатація систем автоматичного керування й регулювання будуються на двох принципах: перший заснований на аналізі прийнятим стосовно до даного об'єкта регулювання структурної схеми і встановленим розрахунком або моделюванням його параметрів налаштування, другий будується по методу синтезу й дозволяє на основі заданих вимог до системи одержати найбільш прийнятну структуру й параметри.

Сучасна тенденція застосування засобів автоматизації суднової енергетики має наступні напрямки: розробка й оснащення системами програмного керування елементів СЕУ і ЕС; рішення завдань контролю, діагностування технічного стану, захисту встаткування від аварій, боротьби за живучість; екранний спосіб подання інформації; оптимізація роботи СЕУ і ЕС. При цьому використовуються мікроконтролерна техніка, кольорові відео монітори, багатофункціональні кнопкові панелі керування.

Все це дозволить здійснити перехід до більш повного об'єму автоматизації управління суднової енергетичної установки судна і до більшого ступеню безпеки мореплавання.

1. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА, ГОЛОВНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ, ДОПОМІЖНИХ МЕХАНІЗМІВ І СИСТЕМ

1.1 Загальні данні по судну

Архітектурно-конструктивний тип судна: однопалубне, із баком та ютом, із надбудовою у кормі, із бульбовим носом і крейсерською кормою, із подвійними бортами.

Призначення судна: перевезення контейнерів дедвейтом 30200 т або 2000 контейнерів.

Загальні характеристики:

Реєстраційний номер судна	9336191
Назва судна	“ INDEPENDENT SPIRIT ”
Позивні	A8MM3
Порт приписки	Monrovia
Брутто реєстровий тоннаж	26435 мт
Дедвейт	30 200
Вантаж	контейнери
Найбільша довжина	210 м
Ширина	28 м
Осадка по літню вантажну мітку	9.2 м
Тип палива	IFO-180
Експлуатаційне число обертів	122 об/хв
Ємність паливних танків	HFO-732,8 м3 , DFO1–56,3 м3
Добовий розхід палива	29 м3
Рятувальні шлюпки	№1 - 25 осіб, №2 - 25 осіб
Плоти	3*15 осіб.
Пожежні насоси:	
Аварійно-пожежний насос	25 кВт
Пожежний насос	2*86 кВт

Маневрування судном здійснюється авторульовим чи за допомогою штурвала.

Димові датчики розташовані по надбудові локальної дії.

Датчики рівня води ,сигналізують о затоплені судна. Сигнал з них поступає ЦПК на місток.

Головною частиною валопровода є вал гребного гвинта.

Максимальне число	137 об/хв
Гвинт регулюючого шагу:	
Кількість гвинтів	1 гвинт
Тип	NB YZJ2003–671C;
Кількість лопат	4
Напряв обертання	правий
Діаметр	5,33 м

1.2 Головний та допоміжні двигуни та котли

Головний двигун: Sulzer RT–flex 60C

Вага	285 т
Хід поршня	2,250 м
Потужність	15000 кВт
Конструкція	с гідравлічним циліндром
Максимальне и мінімальне число обертів	91 - 114
Вид палива	Дизельне Мазут Моторне

Допоміжні двигуни: Hyundai 5H21/32

Кількість циліндрів	5
Діаметр циліндра	210 мм
Хід поршня	280 мм
Швидкість поршня	8.60 м/с
Паливо	Дизельне
Кількість обертів	900/1000 об/хв.
Вихідна потужність двигуна	690 кВт

Вага

11 т

Парові котли

Паровий котел:

13,1 т/год.

Тип:

Vertical composite(ovs/10/95-24)

Виробник:

Aalborg Intustries, AV6—, China

Температура води.

60°C

Вага:

15,7т.

Основні показники котла

Параметри пара : тиснення та температура

Паровміст – кількість пара виробляється за одиницю часу

Питомий паровміст – кількість пара, що виділяється за одиницю поверхні котла.

КПД – відношення корисно використаної теплоти до всієї підведеної.

Водовміст котла – відношення маси води, що міститься в котлі до його часової паропроодуктивності.

Пароводяний барабан – призначений для розділення пара и води.

Опускна труба – для циркуляції води у котлі.

Екрані трубки – для зменшення втрат тепла в оточуючу середу.

Топічний пристрій – для організації згорання палива.

Водяной барабан.

Пароперегрівач – для перегріву пара.

Кип'ятильні труби.

Економайзер – для підігріву харчовальної води за рахунок теплоти вихідних газів.

Повітря підігрівач – для підігріву повітря перед подачею в топку котла за рахунок теплоти вихідних газів.

1.3 Допоміжні механізми та системи

Пусковий компресор головного двигуна

Двоступеневий водяний охолоджувач

Тип	El.recip
Модель	HC265A
Тиск	2.94 МПа
Продуктивність	120 м³/год
Швидкість	900 об/хв.

Конденсаційні установки

Служать для перетворення пара у воду. Забортна вода поступає в випарник де він перетворюється у пар , котрий і подається у конденсаційну установку. В конденсаційній установці пар конденсується та перетворюється у дистильовану воду.

Опріснювач води

Теплообмінний апарат

Тип	KM1–5,SASAKURA.
Продуктивність	15 T/D

Теплообмінний апарат служить для передачі теплоти від гарячого тіла к холодному. Наприклад, для підігріву палива перед подачею у циліндр двигуна.

SUNROD масляний підігрівач

Максимальне робоче тиснення масла	2.4 кг/см²
Тиск пара	0,45 МПа
Тип:	AALBORG И 150/80x15-20

Генераторні агрегати

Валогенератор: AMG 0450AA04 DBAM (ABB): 1, з муфтою високо пружного типу Spiroflex KJR 200, електромагнітна зчіпна муфта Pneumaflex KAE 340; ALSPA MD2000.

Номінальний струм :1997А с IGBT інвертором для напруги живлення 480 В.

Потужність двигуна: Q=1695кВА, Р=1520 кВт, U=440В.

Діапазон вихідних частот: 0 ... 200 Гц.

Синхронні генератори: кількість: 2+1 – резервний.

Тип: система збудження типа ТАІУО безщіточний синхронний генератор.

Показники: 656кВт/820кВА, 900 об/хв., 440 В А.С.

Аварійний дизель-генератор: Caterpillar C7.1 I–6.

Кількість циліндрів	4
Модель сервоприводу	ADEM™A4
Паливна система	Common Rail
Діаметр циліндра	104.9 мм
Максимальна потужність	256 кВт
Напруга	480 В
Частота	60 Гц
Швидкість	1800 об/хв.

2. ЕЛЕКТРОПРИВОД АВТОМАТИЧНОЇ ШВАРТОВНОЇ ЛЕБІДКИ

2.1 Опис технічного об'єкту та його технологічного процесу

Автоматичні швартові лебідки призначені для підтримки заданого рівня швартового режиму при необхідній безпеці стоянки судна і збереження швартових тросів. Зміна координат клюзів під дією зовнішніх впливів відображається на куті закладу канатів, що в принципі характеризує перехід в новий стан швартового режиму.

В даний час немає єдиного підходу до визначення критерію оптимізації швартового режиму, який дозволив би встановити загальну програму дії АШЛ для конкретних умов швартування. Тому загальноприйнятим принципом автоматизації швартових лебідок – є стабілізація натягнення швартових тросів на заданому рівні. Лебідка вибирає трос при збільшенні зусилля на швартовому тросі і підбирає слабке місце при зменшенні його натягнення. Особливість лебідки, як системи автоматичного регулювання, полягає у тому, що натягнення швартового тросу для неї є одночасно провокуючим чинником і регульованим параметром. У цих умовах система залишається розімкненою, по відношенню до інших узагальнених координат, що є її істотним недоліком.

Зовнішніми чинниками, що впливають на положення кутів закладу швартових канатів, можуть бути не лише сили вітру, течії, хвилові впливи. Зміна координат клюзів здійснюється і при нормальному циклі вантажних операцій при шлюзуванні, при стоянці в умовах приливів і відливів, коли рівень акваторії вагається в широких межах. АШЛ звільняє палубну команду від постійного спостереження, перетяжок канатів, зменшує трудовитрати на ведення швартового режиму.

Експлуатація автоматичних лебідок дозволяє розширити діапазон використання сталевих тросів, які мають більшу довговічність, порівняно до синтетичних і манільських. Постійна готовність АШЛ, їх достатня кількість на судні сприяють загальному скороченню тривалості швартових операцій - також у випадках, коли лебідки використовуються при ручному управлінні. Всі автоматичні швартові лебідки, які використовуються на судах за принципом виміру зусилля швартового тросу, можна розділити на два основні різновиди: системи з датчиком натягнення і

системи без датчика натягнення. Для систем АШЛ з датчиком натягнення характерна переривиста робота двигуна, який вводиться в дію за програмою, регламентованою датчиком натягнення.

Швидкісні параметри АШЛ поки ще остаточно не встановлені, однак з урахуванням того, що застосування цих механізмів не пов'язано з фізичними можливостями людини в процесі швартування, наявні тенденції підвищення швидкостей вибирання швартовного тросу, особливо вхолосту, і зниження швидкостей вибирання і травлення при автоматичному режимі. Так, наприклад, ряд лебідок має найбільшу швидкість вибирання тросу до 1м/с і навіть вище, а найбільш ефективне значення швидкості в автоматичному режимі знаходиться в межах 0,05 - 0,1 м/с, тобто для автоматичних швартовних лебідок кращим є діапазон регулювання 1:15. Такого діапазону регулювання електромашинними методами досягти неможливо. Стає необхідним впровадження принципово нових систем електроприводу, що має більш високі регульовальні, динамічні та енергетичні показники.

Найбільш сприятливим з точки зору підвищення регульовальних, динамічних показників електроприводу автоматичної швартовної лебідки є застосування частотно-регульованого електроприводу з асинхронними одношвидкісними короткозамкненими машинами. При частотному управлінні втрати при пуску і гальмуванні електродвигуна менше аналогічних втрат не тільки при прямому включенні, а й при двох – або трьохступеновому.

2.2 Аналіз режимів роботи АШЛ

Автоматична швартова лебідка має два режими управління:

- ручний режим;
- автоматичний режим.

У ручному режимі, керування АШЛ відбувається за допомогою оператора, який вирішує в якому напрямку та з якою швидкістю повинна працювати лебідка та яке тягове зусилля має бути встановлено на швартовому тросі.

У автоматичному режимі керування АШЛ намагається підтримувати заданий вручну швартовий режим та підтримувати постійне тягове зусилля на швартовому

тросі. Це можливо завдяки тензометричному датчику тягового зусилля, що встановлений разом з підсилювачем сигналу у корпус АШЛ.

Якщо тягове зусилля на швартовному тросі почне зростати то сигнал з датчику натягнення надійде до програмованого логічного контролеру та лебідка почне повільно стравлювати швартовний трос доки не досягне заданого значення натягнення, а тоді зупиниться та загальмується.

При зменшенні натягнення тросу АШЛ почне підбирати швартовний трос доки не відновить задане раніше значення натягнення тросу, а після цього зупиниться та загальмується.

Використання АШЛ виключає необхідність постійного контролю над станом швартовного троса з боку вахтових служб, дозволяє збільшити термін служби тросів і скоротити обслуговуючий персонал. За допомогою автоматичного режиму керування АШЛ можливо використовувати електропривод у короткочасному режимі роботи, та звільнити частину палубної команди від частого керування лебідкою. Датчик натягнення тросу та його зображений на рисунку 2.1.

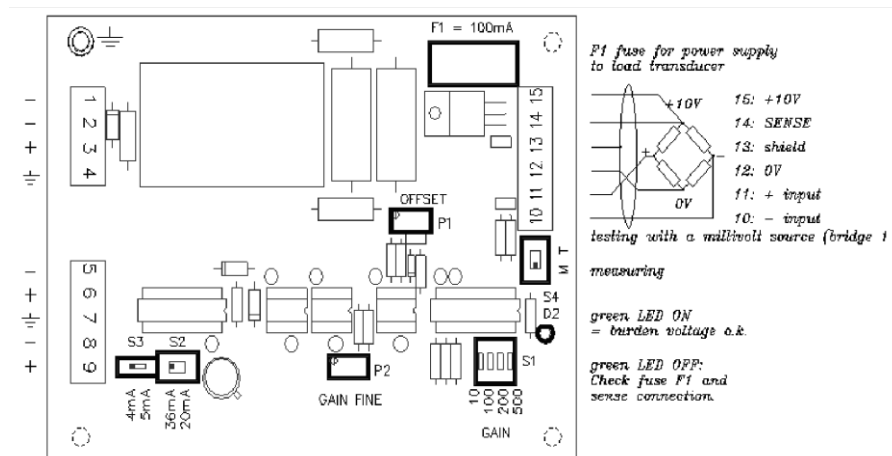


Рисунок 2.1 – Датчик натягнення тросу з підсилювачем

Для вибирання швартовів можуть бути використані як спеціально встановлені для цієї мети швартовні механізми (наприклад, швартовні шпилі, лебідки і т. п.), так і інші палубні механізми (наприклад, брашпилі, вантажні лебідки і т.п.), що мають швартовні барабани. Вибір кількості та типу швартовних механізмів проводиться за розсудом судновласника і проектанта за умови, однак, що їх номінальне тягове зусилля не перевищуватиме 1/3 розривного зусилля швартовних тросів.

Електропривод швартовного механізму повинен забезпечувати безперервне вибирання швартовного троса при номінальному тяговому зусиллі з номінальною швидкістю не менше 30 хвилин. Для швартовних пристроїв при номінальному навантаженні швидкість не повинна перевищувати 0,3 м/с.

При розрахунковому режимі роботи швартовного механізму його привод повинен забезпечувати протягом 2 хвилин створення в тросі на першому шарі навивки на барабані тягового зусилля не менше 1,5 розрахункового. Автоматичні лебідки повинні мати ручне управління для можливості здійснення неавтоматичного режиму роботи.

Повинні бути передбачені:

- звукова попереджувальна сигналізація, що спрацьовує при максимально допустимій довжині витравленого троса;
- показник фактичного тягового зусилля у швартовів тросі при автоматичному режимі роботи.

2.3 Вибір електрообладнання АШЛ

Типова схема АШЛ, наприклад, з триступеневим регулюванням швидкості та релейно-контакторною схемою управління, укомплектована тензометричним датчиком натягнення швартовного тросу з підсилювачем сигналу та програмованим логічним контролером, прибудованим дисковим гальмом типу 4 BZFM. Схема передбачає пуск, триступеневе регулювання швидкості, зміну напрямку обертання і зупинку електродвигуна з механічним гальмуванням. Силова частина схеми представлена на рисунку 2.2.

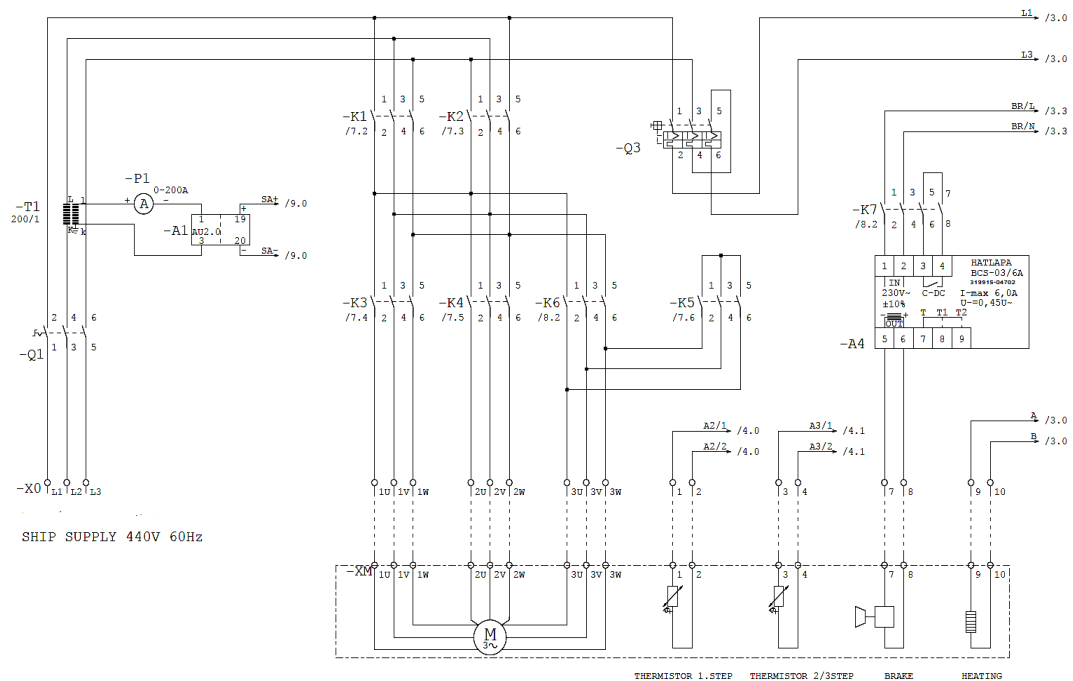


Рисунок 2.2 – Типова схема силової частини АШЛ

Вибір електропривода АШЛ. Оптимальний вибір потужності електродвигуна для приводу повинен відповідати таким вимогам:

- надійність в роботі.
- можливість працездатного стану в різних умовах.
- економічність в експлуатації.

Електродвигун необхідно вибирати так, щоб його потужність використовувалася як можна інтенсивніше. Під час роботи двигун не повинен нагріватися до гранично допустимої температури, в крайньому випадку, на дуже нетривалий час.

Крім того, двигун повинен нормально працювати при можливих тимчасових перевантаженнях і розвивати пусковий момент на валу такий, який потрібно для нормального функціонування виконавчого механізму.

Відповідно до цього потужність двигуна вибирається в більшості випадків на підставі умов нагрівання до гранично допустимої температури. Робиться так званий вибір потужності по нагріванню. Потім здійснюється перевірка відповідності перевантажувальної здатності двигуна умовам пуску машини і тимчасовим перевантаженням. Іноді, при великому короточасному перевантаженні, доводиться вибирати двигун виходячи з необхідної максимальної потужності. У подібних умовах

максимальна потужність двигуна тривалий час, як правило, не використовується. Вибір потужності для приводу з тривалим режимом роботи при постійному або незначно мінливому навантаженні на валу досить простий. У цьому випадку потужність двигуна повинна дорівнювати потужності навантаження, а перевірки на перегрів і перевантаження під час роботи електроприводу не потрібні (це пояснюється спочатку певними умовами роботи електродвигуна). У той же час необхідно перевірити, чи достатній пусковий момент на валу двигуна для пускових умов даної електричної машини.

Електродвигун для автоматичної швартової лебідки обраний такий же, який встановлено на реальному судні, що розглядається у даному дипломній роботі, а саме: 86 M3BP 280 SMA IP56, THREE PHASE, 117 HP (86 KW), 2 / 4 / 12 / POLES, 60 HZ.

Вибір перетворювача частоти. Дуже важливо зробити правильний вибір перетворювача. Від нього буде залежати ефективність і ресурс роботи перетворювача частоти і всього електроприводу в цілому. Так якщо потужність перетворювача буде занадто завищена, він не зможе в належній мірі забезпечити захист двигуна. З іншого боку, якщо потужність перетворювача мала, він не зможе забезпечити високодинамічний режим роботи і через перевантаження може вийти з ладу. Правильна експлуатація так само сильно впливає на термін служби перетворювача. При виборі перетворювача частоти треба керуватися не тільки потужністю двигуна що підключається, а також діапазоном робочих швидкостей двигуна, діапазоном робочих моментів обертання і характером навантаження.

При роботі одного ПЧ з одним двигуном вибір ПЧ може здійснюватися кількома способами:

- паспортна потужність ПЧ (кВт) повинна бути більше або дорівнює паспортній потужності двигуна (кВт). Причому, виробники ПЧ завжди вказують, що цей критерій поширюється на двигуни з двома парами полюсів ($2p=4$) і синхронна швидкість обертання відповідно дорівнює 1800 (об/хв), що працюють на навантаження з постійним моментом (транспорт, конвеєр), для перетворювачів з перевантажувальною здатністю 150;

– номінальний тривалий струм ПЧ повинен бути більше (або дорівнює) фактичного тривалого струму, споживаного двигуном.

Якщо ПЧ працює з одним двигуном, необхідна повна пускова потужність ПЧ (кВА) розраховується наступним чином:

$$\left[\frac{k \times n}{9550 \times \eta \times \cos \varphi} \times \left(M_{ст} + \frac{J}{9.55} \times \frac{n}{t} \right) \right] \leq 1.5 \times \text{потужність ПЧ} \quad (2.1)$$

За нижче наведеною формулою розраховується струм $I_{потр}$, який споживає двигун при роботі від перетворювача частоти при напрузі U мережі 440В.

Дана формула дозволяє розрахувати струм через механічні характеристики двигуна n і M :

$$I_{номр} = \frac{k \times n \times M}{9.55 \times \eta \times \cos \varphi \times U \times \sqrt{3}}, \text{ де} \quad (2.2)$$

k – коефіцієнт спотворення струму, пов'язаний з алгоритмом формування синусоїди струму за допомогою ШІМ (широтно-імпульсної модуляції напруги на двигуні). Цей коефіцієнт може приймати значення від 0,95 до 1,05 і не має розмірності. У першому наближенні можна прийняти його рівним 1;

n – частота обертання валу двигуна, об/хв;

M – момент навантаження на валу двигуна, Н*м, найчастіше це номінальний момент двигуна, узятий із специфікації на двигун;

9,55 – коефіцієнт приведення позасистемних (по відношенню до прийнятих в системі СІ) одиниць;

η – коефіцієнт корисної дії (ККД) двигуна, найчастіше це паспортний ККД;

$\cos \varphi$ – косинус або коефіцієнт потужності із специфікації на двигун, приблизно 0,8 ... 0,9.

$$I_{номр} = \frac{1 \times 2978 \times 952}{9.55 \times 0.96 \times 0.88 \times 440 \times \sqrt{3}} = \frac{714720}{6148} = 126 \text{ А} \quad (2.3)$$

Споживаний двигуном струм ($I_{потр}$) повинен бути менше номінального струму ПЧ.

За цим критерієм можливості розгону двигуна перетворювачем від меншої швидкості до більшої за заданий час t перевіряється можливість пуску/розгону

двигуна перетворювачем до заданої швидкості обертання вала за необхідний час без перевищення перевантажувальної здатності перетворювача.

Для розрахунку повної споживаної двигуном потужності в номінальному сталому режимі використовуємо формулу:

$$S_{nomp} = \frac{k \times P}{\eta \times \cos \varphi} = \frac{1 \times 86}{0.94 \times 0.88} = 103,9 \text{ кВА, де} \quad (2.4)$$

P – номінальна потужність двигуна, кВт (із специфікації);

Решта величини визначені вище.

На підставі всього вище описаного обираємо частотний перетворювач фірми Mitsubishi Electric **FR-A740-01800-EC**, який має основні параметри:

- вхідні [$U = 380 \dots 500$ (480) V, $I = 126$ (180) A, $f = 48 \dots 63$ Hz];
- вихідні [$U = 0 \dots U_{input}$ V, $I = 130$ (180) A, $f = 0 \dots 300$ Hz].

Вибір комутаційної та захисної апаратури. Вибір автоматичного вимикача. Автоматичний вимикач використовують для захисту електрообладнання або кабелю від струмів короткого замикання. Його зазвичай встановлюють в розподільних щитах. Головний критерій для вибору автоматичного вимикача – це його номінальний струм. Однак, у автомата є ще кілька параметрів, які не менш важливі. Також необхідно враховувати характеристику спрацьовування, відключаючу здатність, номінальну напругу і кількість полюсів.

Характеристика спрацьовування автоматичного вимикача показує, наскільки швидко він відключиться у випадку протікання по ньому струму короткого замикання. При протіканні струму, величина якого дорівнює нижній межі діапазону струмів миттєвого розчеплення ($3I_n$, $5I_n$ і $10I_n$), через автоматичний вимикач він повинен розчепитися за проміжок часу більше 0,1с.

При протіканні струму, рівного верхній межі діапазону струмів миттєвого розчеплення ($5I_n$, $10I_n$ і $20I_n$), автоматичний вимикач розчіплюється за час менше 0,1с. Якщо значення струму головного ланцюга знаходиться в діапазоні струмів миттєвого розчеплення, автоматичний вимикач розчіплюється або з незначною витримкою часу (кілька секунд), або без витримки часу (менше 0,1с).

Наступний параметр, який необхідно враховувати при виборі автоматичного вимикача – це його відключаюча здатність. Відключаючою здатністю автомата називають максимальний струм, який може пропустити апарат без ушкоджень.

Знаючи струм електродвигуна автоматичної швартової лебідки вибираємо автоматичний вимикач фірми АВВ Т2max 160 $I_n=160$, ЗР.

Вибір запобіжника. Плавкий запобіжник - це компонент силової електроніки одноразової дії, який виконує захисну функцію. Плавкий запобіжник є найслабшою ділянкою електричного кола що захищається, який спрацьовує в аварійному режимі, тим самим розриваючи ланцюг і запобігаючи подальшому руйнування більш цінних елементів електричного кола високою температурою, викликаною надмірними значеннями сили струму.

Головною умовою, що визначає вибір плавких запобіжників для захисту асинхронних двигунів з короткозамкненим ротором, є відбудування від пускового струму.

Відбудова плавких вставок від пускових струмів проводиться за часом: запуск електродвигуна повинен стовідсотково закінчитися раніше, ніж вставка розплавиться під дією пускового струму.

Досвідом експлуатації встановлено правило: для надійної роботи вставок пусковий струм не повинен перевищувати половини струму, який може розплавити вставку за час запуску.

Виходячи з цього правила та значення величини струму, яке ми розраховували вище, зробимо висновок, що нам потрібно обрати запобіжник на 300 А. Згідно з цим обираємо запобіжник фірми Ferraz Shawmut AT300, Fast acting, Class T, 300A.

Вибір живлячих кабелів. Одним з найважливіших умов відповідності будь-якої електропроводки вимогам надійності та безпеки є правильний вибір проводів і кабелів по площі поперечного перерізу їх жил.

Розрахунок перетину жил проводів повинен здійснюватися на етапі проектування, виходячи насамперед, з величин передбачуваних максимальних струмів, споживаних навантаженням, протяжності живильних ліній, матеріалів з якого вони виготовлені і робочої напруги.

Невідповідність перерізів жил перерахованим вище умовам найбільш небезпечно в разі їх зниження: результатом неприпустимого нагрівання проводів може стати пошкодження, пробій їх ізоляції, що загрожує вже виникненням пожеже небезпечної ситуації.

Незважаючи на меншу небезпеку використання проводів і кабелів з необґрунтовано завищеними перерізами жил, така невідповідність також має свої недоліки: у першу чергу – це збільшення кошторисних витрат на матеріали і можливі складнощі при монтажі та підключеннях до затискачів кінцевих електроприймачів.

Потужність і робоча напруга навантаження. Мідні жили, володіючи більшою питомою провідністю, здатні витримувати великі струмові навантаження, ніж алюмінієві того ж перетину. Крім того, дуже важливою складовою розрахунку є робоча напруга навантаження; дроти однакових перерізів жил при напрузі 380 В здатні довгостроково "тримати" струми великих значень, ніж при 220 В. Протяжність і температура середовища експлуатації живильних ліній. Для живильних ліній великої протяжності для зниження падіння напруги в проводах, вибирати переріз рекомендується з деяким "запасом" – у бік збільшення, починаючи від найближчих значень існуючого стандартного ряду. Для збільшення терміну служби ізоляції кабелів, у разі їх експлуатації при зовнішній температурі, що перевищує 40°, перетин жил також має бути збільшене мінімум на 20 %.

Характер навантаження. Не менш важливо при розрахунках враховувати і характер навантаження. Так, при наявності переважної реактивного навантаження (насамперед, пристроїв з електроприводом), частина електроенергії витрачається на створення електромагнітних полів, що збільшує повну електричну потужність пристрою. З урахуванням вище наведеного обираємо кабель **CJPJ85/SC**.

2.4 Розробка принципової схеми управління АШЛ

На рисунку 2.3, рисунку 2.4 та у Додатку А наведена принципова схема АШЛ на базі перетворювача частоти фірми Mitsubishi Electric FR–A740–01800–EC та схема управління на базі мікроконтролера Alpha 2 фірми Mitsubishi Electric.

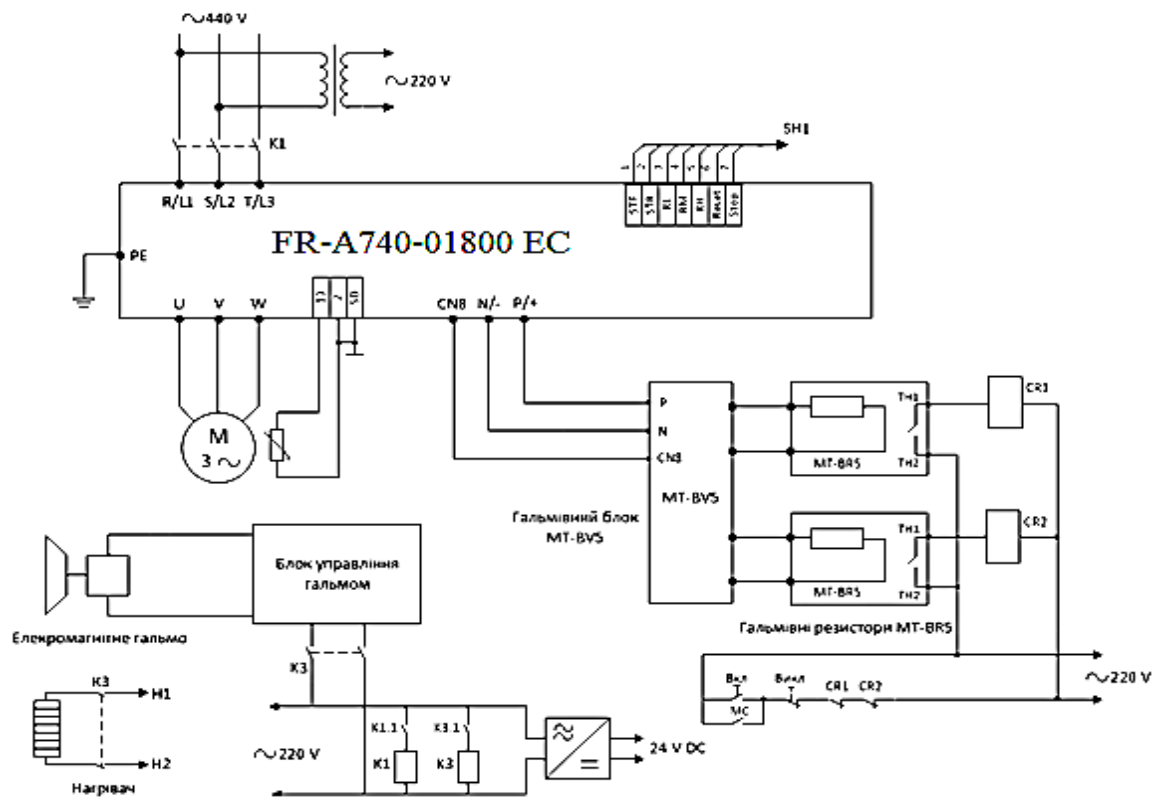


Рисунок 2.3 – Силова принципова схема АПЛ

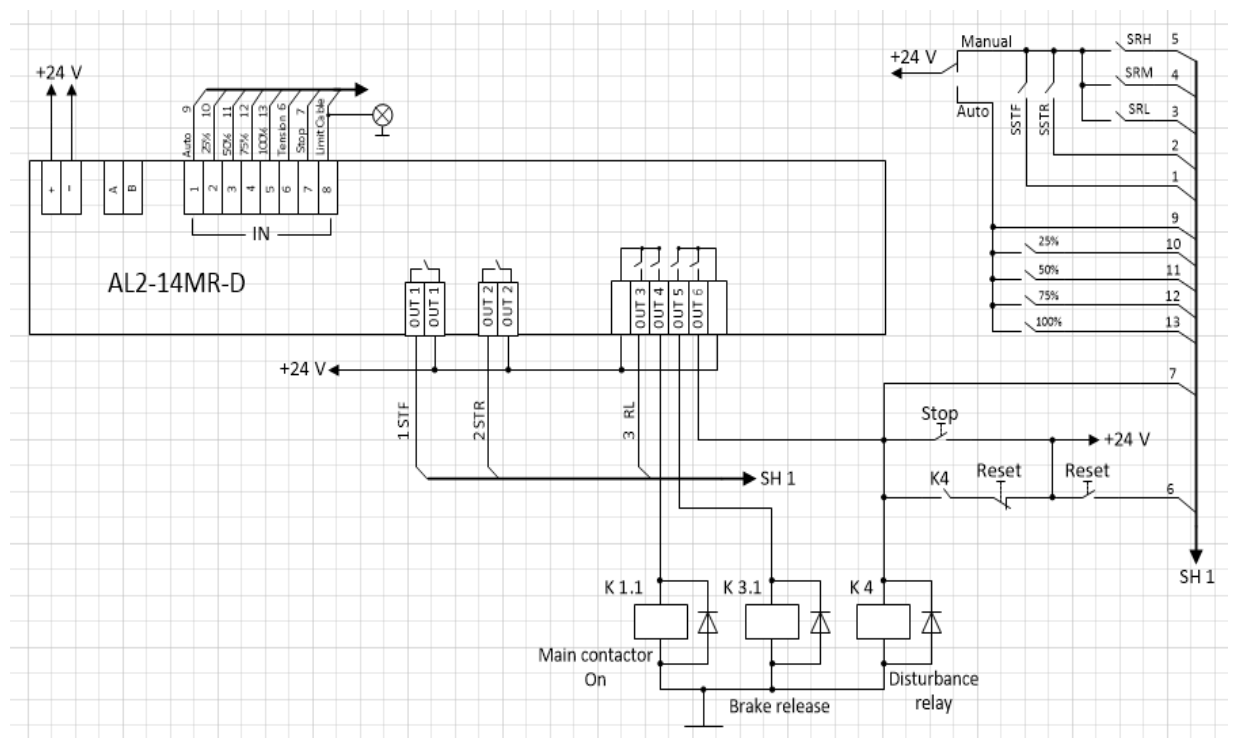


Рисунок 2.4 – Принципова схема управління АПЛ

2.5 Розробка інструкції з експлуатації автоматичної швартовної лебідки

2.5.1 Правила безпеки при експлуатації АПЛ

Наступні розроблені рекомендації з безпеки праці детально відображають

небезпечні фактори, які можуть стикатися в процесі роботи . Тому ці рекомендації повинні бути строго дотримані.

Кожна людина пов'язана з початком роботи лебідки повинна прочитати і зрозуміти повну документацію, зокрема керівництво з експлуатації. Рекомендується, щоб цей факт було підтверджено письмово.

Автоматична швартова лебідка може призвести до небезпеки, якщо використовуються неправильно чи використовується не за призначенням.

Використання за призначенням включає в себе дотримання умов для початку роботи, експлуатацію та технічне обслуговування.

Одна людина завжди повинна бути призначена для роботи з лебідки.

Важіль командо-контролера не повинно бути заблоковано!

Тільки уповноважені особи, яким доручена робота АШЛ, дозволяється експлуатувати її. Вони не повинні виконувати будь-які інші функції поки працює АШЛ.

Одночасне якірні та швартовні операції заборонено.

Будь-які дії, що впливають на безпеку АШЛ не повинні здійснюватися.

Оператор повинен негайно повідомити відповідальній особі про зміни в стані АШЛ.

Оператор не повинен управляти АШЛ, коли він знаходиться в незадовільному стані.

Всі роботи з технічного обслуговування повинні бути здійснені, коли барабан лебідки загальмовано.

Перед початком робіт з технічного обслуговування привод і додаткове обладнання повинні бути захищені від випадкового включення.

Перед здійсненням будь-яких операцій оператор повинен забезпечити, щоб жодна людина не знаходилась в небезпечній зоні.

Оператор завжди повинен використовувати відповідні засоби персонального захисту.

Канати або ланцюг повинні бути використані з матеріалу, викладеного в главі "Технічні дані".

Номинальні діаметр і довжина повинні бути у відповідності з рекомендаціями виробника.

Швартовні канати повинні бути у відповідності зі стандартами.

Канати, які повинні бути закладені на палубі, повинні бути розташовані таким чином, щоб жодна людина не отримав травму через рух або зупинення канату під час операцій з ними.

Під час швартування і від швартування персонал не повинен входити у зону небезпеки між канатами і конструкціями судна. Небезпека здавлювання!

Швартовні канати не повинні тертися під час руху.

Швартовний канат не повинен вказувати в напрямку оператора.

Під час швартовних операцій на барабан повинно бути укладено так багато кілець канату, щоб запобігти його проковзування.

Поверхня барабану повинна бути гладкою і без деформацій.

Ніколи не залишайтеся в тому ж напрямку, що і канати під навантаженням.

Існує небезпека смертельних травм у разі розриву канату.

Персонал не повинен наступати на канати.

Вільний канат під час роботи повинен бути прибрааний негайно або бути знятим з барабану.

Канати не повинні підтягуватись гострими предметами.

Палуба в області швартовних операцій повинна бути чистою. Слід уникати з'явлення жирних плям, піску або сміття, а також канатів або іншого обладнання що розташовані без потреби. Небезпека спіткнутися і посковзнутися!

2.5.2 Інструкція з безпечної експлуатації АШЛ.

Перед пуском перевірити рівень масла в оглядовому віконці на передній стороні шасі. Скло повинно бути наполовину заповнене маслом.

Вимоги:

- необхідна напруга в наявності. Основний вимикач увімкнений.
- важіль швидкості знаходиться в положенні "0".
- перемикач режиму знаходиться в положенні OFF.

- аварійний вимикач не активований
- несправність не виявлено.

Для початку роботи, натисніть кнопку «Управління» на відповідному посту. Повинна з'явитися світлова індикація «готовий».

Режими роботи.

Якщо виникають небезпечні ситуації, автоматична лебідка може бути зупинена за допомогою аварійного вимикача. Аварійний вимикач автоматично механічно блокується. Після того, як ситуація була вирішена, аварійний вимикач повинен бути розблокований невеликим лівим поворотом.

Ручний режим.

Автоматична швартова лебідка управляється поворотом головного важеля.

При відпусканні головного важеля він автоматично повертається в положення «0».

Якщо головний важіль тягнуть до оператора, лебідка починає вибирати. Якщо відштовхнув від оператора, лебідка починає відпускати. Крім того, натискні кнопки розташовані на АШЛ в близькості до з'єднувальної муфти. Кнопки дозволяють оперувати лебідкою, щоб з'єднати або роз'єднати кіготь зчеплення. Для того, щоб з'єднати кіготь зчеплення, потрібно натиснути на кнопку на короткий інтервал, поки пара кулачкової муфти стане у відповідності. Після цього муфта може бути включена за допомогою з'єднувального важеля. Для того, щоб від'єднати муфту, повинен бути вільний від будь-якого навантаження. При цьому потрібно застосувати гальма барабану. Головний важіль і кнопка повороту захищені від одночасної роботи, щоб уникнути некоректних операцій.

Швартовні операції.

Принаймні, три витка канату повинні залишатися на робочій поверхні барабана.

Перевірте, що барабан надійно загальмовано.

Перевірте вимикач. Він повинен знаходитися в положенні «ручний».

Полегшите зв'язок муфти, натискаючи на кнопку. Потім відніміть важіль муфти і повернути його у бік швартовного барабану.

Зафіксуйте його в крайньому положенні на позиційного перемикача.

Відпустіть барабанне гальмо.

Вибирати або відпускати за допомогою головного важеля. Фактичне значення натягіння відображається на індикаторі тягового зусилля.

Закріпіть барабанне гальмо після швартування.

Вимкніть муфту барабана. Для цього, полегшити зв'язок, відніміть важіль муфти і поверніть його. Зафіксуйте його в кінцевому положенні.

Автоматична робота.

АШЛ працює в автоматичному режимі за допомогою перемикача управління.

Автоматична робота може використовуватися тільки коли судно знаходиться біля причалу.

Канат зберігається в напрузі при заданому натягу.

Принаймні, три витка канату повинні залишатися на робочій поверхні барабана.

Перевірте, чи загальмовано якорний барабан.

Вимкніть якорний барабан. Для цього, полегшити зв'язок муфти, підняти важіль муфти і повернути його. Зафіксувати це положення.

Встановити кіготь муфти у вірне положення для зчеплення, натискаючи кнопку «Поворот»

Підняти важіль муфти і повернувши його, зафіксувати в крайньому положенні відповідному зчепленню з муфтою швартовного барабана

Відпустити барабанні гальма.

Встановити перемикач режиму у положення «автоматичний» з необхідним натягом.

Автоматична робота почнеться тільки після необхідного мінімального тягового зусилля канату. Мінімальна сила натягу повинна бути досягнута за допомогою головного важеля. Коли потрібно тягове зусилля для автоматичної роботи, світло індикації "Автоматичний" горить. Автоматична операція може бути встановлений на 20% / 40% / 60% /80%/ 100% максимального тягового зусилля. Допустима толерантність на кожному етапі становить +/- 15%.

У таблиці 2.1 показані функції захисту та пристрої безпеки, що використовуються у розробленій системі управління АШЛ. Всі пристрої безпеки

повинні бути у справному стані під час експлуатації АШЛ.

Таблиця 2.1 – Функції захисту та пристрої безпеки АШЛ

Функція захисту	Пристрій безпеки
Захист персоналу. Захист від саморуйнування та пошкодження іншого обладнання.	Кнопка аварійної зупинки (у разі використання відключається живлюча напруга).
Блокування перенавантаження.	В якірному та автоматичному швартовному режимі блокування третьої скорості.
Захист від перегріву електродвигуна.	Контроль температури обмоток двигуна термісторами (у випадку високої температури подальша робота блокується і може бути продовжена тільки після охолодження).
Дотримання нормального струму двигуна.	У разі перевищення струму автоматична зміна швидкості з 3-ої на 2-гу, або з 2-ої на 1-шу.
Перевищення допустимого натягу.	Якщо фіксується 150% натягу для швартовного режиму або 210% для якірного режиму напрямок буде заблокований. Блокування автоматично скасовується, якщо натяг зменшиться до встановленого рівня.
Блокування автоматичного режиму.	У випадку несправності функції виміру натягу автоматичний режим буде заблоковано. Ручний режим залишається можливим.
Контроль цілісності швартовного Канату.	Якщо є невинний підйом довше ніж 20 с під час автоматичної роботи, цей режим блокується за можливістю розриву канату, або проковзування останнього кільця на барабані.

3. РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ (СЕЕС)

3.1 Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції

Судновою електроенергетичною системою (СЕЕС) називається сукупність електротехнічних пристроїв, об'єднаних процесом виробництва, перетворення і розподілу електроенергії на судні. СЕЕС складається із джерел електроенергії, ліній електропередач і перетворювачів електроенергії.

Кількість та встановлена потужність джерел електроенергії СЕЕС залежать від встановленої потужності споживачів електроенергії та характеру зміни споживаної потужності при різних режимах роботи судна.

Характер зміни навантажень СЕЕС відноситься до категорії випадкових процесів, тому визначення таких навантажень здійснюється ймовірним методом.

Розрахунок потужності СЕЕС засновується на статичному аналізі реальних навантажень на СЕЕС та основних споживачів електроенергії. При цьому основними розрахунковими режимами роботи СЕЕС вважаються режими ходу та стоянки судна, без вантажних операцій судовими засобами. Інші режими роботи СЕС є похідними від основних.

Згідно з вимогами Правил Регістра, аварійна електростанція розміщується в приміщенні, що знаходиться поза зоною затоплення судна (на головній палубі або вище). Основна електростанція знаходиться в районі машинного відділення.

Основні джерела електроенергії і суднова силова електрична мережа підключаються до головного розподільного щита (ГРЩ), а аварійні джерела електроенергії і аварійна мережа до аварійного розподільного щита (АРЩ). Згідно з вимогами Правил Регістра, ГРЩ і АРЩ сполучаються лінією передачі електроенергії.

Для заданого судна була обрана електростанція змінного струму частотою 60 Гц з напругою силової мережі 440 В.

Розрахунок потужності суднової електростанції виконуємо за допомогою

табличного метода.

По заданим параметрам електродвигунів (номінальна потужність P_H , кВт; ККД двигуна η_H , %; коефіцієнт потужності $\cos\phi$), а також по заданим кількостям одночасно працюючих однотипних електродвигунів N_P , та коефіцієнту завантаження K_3 , %, були розраховані наступні параметри:

Споживча потужність одного електродвигуна

$$P_{\Pi} = \frac{P_H}{\eta}, \text{ кВт} \quad (3.1)$$

Для кожного з режимів роботи судна, зважаючи на кількість працюючих механізмів у даному режимі роботи судна N_P , характер роботи електродвигунів (тривалий, або короткочасний), а також на заданий коефіцієнт завантаження K_3 , %, розраховується сумарна установлена активна та реактивна потужність механізму при тривалому та короткочасному режимах роботи:

При тривалому режимі роботи

$$P_{\text{уд}} = P_{\Pi} K_3 N_P, \text{ кВт} \quad (3.2)$$

$$Q_{\text{уд}} = P_{\text{уд}} \tan\phi, \text{ квар} \quad (3.3)$$

При короткочасному режимі роботи

$$P_{\text{ук}} = P_{\Pi} K_3 N_P, \text{ кВт} \quad (3.4)$$

$$Q_{\text{ук}} = P_{\text{ук}} \tan\phi, \text{ квар} \quad (3.5)$$

Потім, для кожного режиму роботи судна, з урахуванням усіх споживачів, розраховується необхідна активна та реактивна потужність для тривалого та короткочасного режимів:

При тривалому режимі роботи

$$P_{\text{тд}} = \sum P_{\text{уд}}, \text{ кВт} \quad (3.6)$$

$$Q_{\text{тд}} = \sum Q_{\text{уд}}, \text{ квар} \quad (3.7)$$

При короткочасному режимі роботи

$$P_{\text{тк}} = \sum P_{\text{ук}}, \text{ кВт} \quad (3.8)$$

$$Q_{\text{тк}} = \sum Q_{\text{ук}}, \text{ квар} \quad (3.9)$$

З урахуванням коефіцієнту різночасності K_p , який для тривалого режиму роботи становить $K_{pT} = 1$, а для короткочасного $K_{pK} = 0,33$, обчислюється загальна активна $P_{\text{ОБЩ}}$, та загальна реактивна потужність $Q_{\text{ОБЩ}}$ для кожного з режимів роботи судна

$$P_{\text{ОБЩ}} = P_{\text{ТД}} k_{pT} + P_{\text{ТК}} k_{pK}, \text{ кВт} \quad (3.10)$$

$$Q_{\text{ОБЩ}} = Q_{\text{ТД}} k_{pT} + Q_{\text{ТК}} k_{pK}, \text{ квар} \quad (3.11)$$

Обчислюється загальна повна потужність S , кВА, для кожного режиму роботи судна

$$S_{\text{ОБЩ}} = \sqrt{P_{\text{ОБЩ}}^2 + Q_{\text{ОБЩ}}^2}, \text{ кВА} \quad (3.12)$$

Після цього, для кожного режиму роботи судна, розраховується середній коефіцієнт потужності, що визначається відношенням загальних активної та повної потужностей

$$\cos \varphi_{\text{CP}} = \frac{P_{\text{ОБЩ}}}{S_{\text{ОБЩ}}} \quad (3.13)$$

Таким чином розраховується кожний з режимів роботи судна.

Треба відзначити, що в таблиці є дві категорії споживачів, що розрізняються за протягом часу включення на: безперервно працюючі та періодично працюючі. Періодично працюючі споживачі – це споживачі, час роботи яких займає 15-70% від часу розгляданого режиму. Безперервно працюючі – такі, що працюють більш ніж 70% режиму. Якщо споживач не працює в даному режимі, то в стовбці коефіцієнта загрузки для нього ставиться нуль.

Внизу таблиці проводять сумування активної, реактивної та повної потужностей усіх споживачів. Після цього необхідно порахувати сумарну потужність з урахуванням коефіцієнта різночасності, що враховує різницю графіків роботи споживачів електроенергії та можливість їх сумісної роботи в даному режимі, а також втрати у мережі. Цей коефіцієнт визначається по відношенню потужностей споживачів, а саме: якщо $P_{\text{БП}} > P_{\text{ПП}}$ то $K_p = 1,0 \dots 0,8$; якщо $P_{\text{БП}} = P_{\text{ПП}}$ то $K_p = 0,8 \dots 0,7$; якщо $P_{\text{БП}} < P_{\text{ПП}}$ то $K_p = 0,7 \dots 0,6$. В нашому випадку $P_{\text{БП}} < P_{\text{ПП}}$, тому вибираємо $K_p = 0,7$.

На останньому етапі отримують сумарну потужність що буде споживатися у даному режимі шляхом сумування потужностей БП та ПП споживачів із урахуванням коефіцієнта $K_{\Sigma}=1,03$, що враховує втрати потужності в мережі.

Потужність генераторів вибирають згідно з середнім коефіцієнтом потужності. У випадку, якщо $\cos \varphi_{\text{ср}} \geq 0,8$, то генератори треба обирати по активній потужності, в іншому випадку – по повній.

У нашому випадку

– у ходовому режимі $= 0,81$

$$\cos \varphi_{\text{ср}} = \frac{39,85}{49} = 0,81 \quad (3.14)$$

– у режимі стоянки

$$\cos \varphi_{\text{ср}} = \frac{33,78}{42} = 0,804 \quad (3.15)$$

– у маневреному режимі

$$\cos \varphi_{\text{ср}} = \frac{43,23}{53} = 0,815 \quad (3.16)$$

– у аварійному режимі

$$\cos \varphi_{\text{ср}} = \frac{30,53}{37} = 0,825$$

(3.17)

Таким чином усі значення середнього коефіцієнту потужності, в усіх режимах роботи судна становлять більше, ніж 0,8 – це свідчить, що вибір генераторів треба робити по активній потужності.

При виборі генераторів необхідно користуватися наступними вимогами Регістру.

На кожному судні повинен бути передбачено основне джерело електричної енергії потужністю, що забезпечує живлення всього необхідного електричного обладнання судна. Таке джерело повинне складатися, принаймні, з двох генераторів із незалежним приводом. Кількість і потужність генераторів з незалежним приводом і електричних перетворювачів, що входять до складу

основного джерела електричної енергії, повинні бути такими, щоб при виході з ладу будь-якого з них залишилися забезпечували можливість: живлення необхідного електричного обладнання, при одночасному забезпеченні нормальних умов живучості на судні; підтримки або негайного відновлення живлення електричного обладнання, необхідного для забезпечення руху, керованості судна і його безпеки; пуску найпотужнішого електродвигуна з найбільшим пусковим струмом. При цьому пуск двигуна не повинен викликати такого пониження напруги і частоти в мереж, яка може спричинити випадання із синхронізму, зупинку двигуна генератора, а також відключення працюючих машин і апаратів; живлення споживачів, необхідних для запуску гребної установки при знеструмленому стані судна. Для цієї мети може бути використане аварійне джерело електричної енергії, якщо його власна потужність або сумарна потужність з будь-яким іншим джерелом електричної енергії забезпечує одночасно живлення споживачів, вказаних в таблицях, для чого може бути передбачена їх паралельна робота.

Визначення складу і потужності генераторів основного джерела електричної енергії повинне проводитися з урахуванням наступних режимів роботи судна:

- ходового режиму;
- режиму маневрів;
- під час пожежі, пробієни корпусу або інших, що впливають на безпеку плавання судна, умов при роботі основного джерела електричної енергії, інших режимів відповідно до призначення судна.

У нашому випадку вибираємо наступні генератори :

3 безщіткових основних генератори HUYNDAI, тип 502–8, що мають наступні данні:

потужність	$P_H=656\text{кВт}/820\text{кВА}$
напруга	$U_H=440\text{ В};$
струм	$I_H=1310\text{ А}$
частота	$f_H=60\text{ Гц};$
частота обертання	$n_H=900\text{об/хв.};$

коефіцієнт потужності

$\cos\varphi_H=0,8;$

ККД

$\eta_H=95,6.$

При затопленні машинно–котельного відділення, включається аварійний ДГ, розташований на верхній палубі. Вибираємо генератор фірми Caterpillar C7.1 I-6. Потужність, необхідна для роботи споживачів в даному режимі – 192 кВт.

1 безщітковий аварійний генератор Caterpillar C7.1 I-6, який має такі данні:

потужність

$S=320\text{кВа}, P=256\text{кВт};$

напруга

$U_H=440\text{ В};$

струм

$I_H=504\text{ А};$

частота

$f_H=60\text{ Гц};$

частота обертання

$n_H=1800\text{об/хв};$

коефіцієнт потужності

$\cos\varphi_H=0,8;$

ККД

$\eta_H=94,6\%.$

Генератори вибираємо згідно з наступною таблицею включення генераторів в залежності від режиму роботи судна:

Таблиця 3.1 – Включення генераторів по режимам роботи судна

Режим	Потрібна потужність (кВт)	Кількість генераторів	Сумарна потужність (кВт)	Відсоток навантаження
Маневровий	1149+1136 (2285)	1ВГ+2*656	2832	0,80
Стояночний	545	1*656	656	0,83
Ходовий	1321	1ВГ=1520	1520	0,86
Аварійний	192	1*256	256	0,75

Безщітковий синхронний генератор (БСГ).

Одним з основних недоліків при обслуговуванні суднових синхронних генераторів є наявність щітково-кільцевого апарату. Цей вузол найбільш зношується в процесі роботи. Велика кількість пилу від вугільних щіток забруднює

обмотки, створюючи провідникові мости між струмоведучих частин синхронного генератора і корпусом: погіршується ізоляція генератора, зменшуючи термін їх служби, потрібний позачерговий ремонт з повним розбиранням.

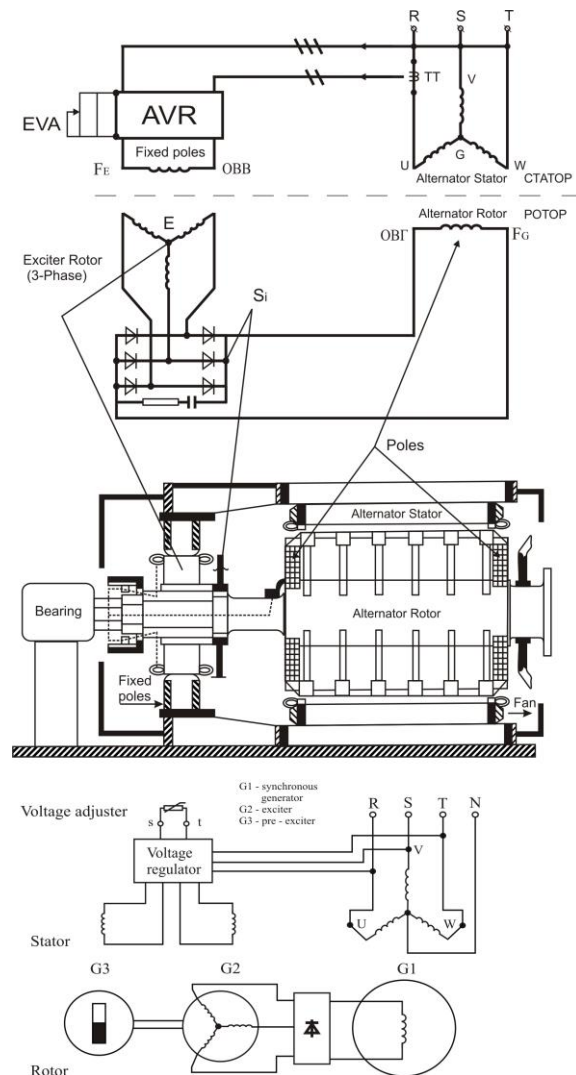


Рисунок 3.1 – Безщітковий синхронний генератор

Все це відсутнє у БСГ. Збудження СГ здійснюється невеликим по розмірах збудником змінного струму, що складається з трифазної обмотки, розташованої на роторі генератора і електромагнітних полюсів, що знаходяться на статорі поряд з обмоткою статора основної машини. Обмотка збудження збудника живиться постійним струмом від автоматичного регулятора напруги. Трифазний змінний струм, що генерується в роторній обмотці, випрямляється трифазним випрямлячем, розташованим на роторній обмотці збудника і поступає на роторну обмотку збудження генератора.

Випрямний пристрій БСГ складається з кремнієвих діодів, сполучених за

трифазною мостовою схемою, регульованого баластного резистора і згладжуючого конденсатора.

БСГ (рисунок 3.1) складається з наступних компонентів, де:

G – обмотка статора, вихідна;

FG – роторна обмотка збудження генератора;

Si – блок кремнієвих випрямлячів, що обертаються;

E – роторна обмотка збудника, вихідна;

FE – обмотка статора збудження;

EVA – зовнішній реостат задаючої напруги;

AVR – автоматичний регулятор напруги (АРН).

Обмотка статора синхронного генератора укладена в пази заліза статора і є трьома обмоткою, сполученою зіркою.

Конструктивно БСГ об'єднаний із збудником змінного струму і випрямним пристроєм, що обертається, в один агрегат. Відмітною особливістю БСГ є відсутність контактних кілець і щіток.

Збудник є оберненим трифазним синхронним генератором, в якого обмотка збудження є нерухомою і живиться безпосередньо від автоматичного регулятора напруги. У деяких системах збудження і регулювання напруги генераторів (наприклад “TAIYO”, “MITSUBISHI”), обмотка збудження збудника складається з двох частин: основною і керованою від АРН, що забезпечує надійніше початкове збудження. Трифазна роторна обмотка збудника, сполучена зіркою підключена до роторної обмотки генератора через трифазний блок кремнієвих випрямлячів, що обертаються, який знаходиться між цими двома обмотками, ближче до збудника, на спеціально змонтованому ізоляційному кільці. Кільце і вентилі обертаються разом з роторами генератора і збудника і розміщені на загальному валу.

Трифазний змінний струм, що генерується при обертанні в роторній обмотці збудника, випрямляється трифазним кремнієвим випрямлячем, розташованим на роторній обмотці збудника, і постійна напруга поступає на роторну обмотку генератора. Розташування випрямлячів, що обертаються, на роторній обмотці збудника зручно як для повітряного охолодження, так і проведення

обслуговування і ремонтних робіт при перевірці і заміні вентилів.

На додаток до кремнієвого випрямляча паралельно вихідній напрузі підключається згладжуючий конденсатор і розрядний резистор для запобігання обмотці збудження і конденсатора від пробою.

Завдяки такій конструкції, зникає необхідність в контактних кільцях і щітках для підведення струму до обмотки збудження генератора. Таким чином, збудник спільно з АРН дозволяє підтримувати напругу генератора із заданим відхиленням при малих і великих навантаженнях і забезпечує захист від короткого замикання. Відсутність щіткової апаратури значно підвищує надійність БСГ, скорочує трудовитрати на обслуговування зважаючи на відсутність вугільного пилу на обмотках. Вони також можуть застосовуватися і на високих частотах обертання первинних двигунів, чим забезпечується надійніше збудження.

В БСГ, також як і в звичайних синхронних генераторів, є демпферна обмотка. Вона знаходиться на явних полюсах ротора і має вигляд широких мідних шин, сполучених в білячу клітку. Призначенням демпферної обмотки є запобігання коливанням напруги зважаючи на різку зміну навантаження при паралельній роботі генераторів, а також обмеження підвищення третьої гармоніки напруги із збільшенням навантаження.

В результаті спільних зусиль обмоток статора генератора і збудника створюється результуюча магніторушійна сила а, отже, і потік збудження, забезпечуючи реакцію ротора і падіння напруги в обмотці статора генератора у всіх режимах роботи – від холостого ходу до номінального навантаження.

Збудник змінного струму є оберненим синхронним генератором роторного типу. Ротор встановлений на тому ж валу, що і ротор генератора і є трифазною обмоткою змінного струму. Навантаженням збудника є обмотка збудження статора, тому необхідний збудник змінного струму високої частоти: чим вище частота, тим більше збудження. Проте висока частота прагне збільшити втрати в залозі. Оскільки збільшення числа полюсів пропорційне збільшенню частоти, то частота особливо обмежується при використанні на низькій частоті обертання з точки зору економічності конструкції. В основному, для збудника змінного струму

прийнята частота 60 Гц.

Кремнієвий випрямляч збудника змінного струму. Враховуючи електричні і механічні властивості, кремнієвий випрямляч для безщіткового синхронного генератора має бути високонадійним, невеликих габаритів і маси.

Він складається з кремнієвої частини, яка закріплена вертикально на тонкій пластині підстави, для надійного контакту пластини, підстави і елементу, і живлячого дроту. Цей силовий тип контакту кремнієвого елементу випрямляча використовує свою величезну силу, коли вона прикладена вертикально разом з тиском у напрямку до пластини підстави і проявляє прекрасні характеристики, враховуючи такі механічні недоліки як зовнішній тиск, відцентрова сила, вібрація системи у дії. Всі головні частини кремнієвого елементу типу P–N переходу поміщені в кожух, в якому знаходиться інертний газ, на роботу якого не впливають довколишні атмосферні умови.

На додаток до кремнієвого випрямляча паралельно підключені конденсатор і резистор для запобігання від надмірної напруги обмоток, оберігаючи їх від пробою. При збірці вищезазначених компонентів виробник зробив ретельну перевірку їх механічної сили і місця розташування, мінімізуючи простір для установки, добиваючись однорідної і ефективної вентиляції.

По габаритах БСГ зберіг ті ж розміри що і звичайні СГ.

В даний час безщіткові синхронні генератори успішно використовуються на судах як основні і аварійні джерела електроенергії.

Для запобігання виникненню струмів на валу генератора, що з'являються завдяки розбалансу магнітного опору магнітних ланцюгів, використовуються ізолятори на бічних кришках, як показано на рисунку 3.2. Напруга на валу для генераторів підвищеної напруги і частот зазвичай складає 1 В і менш, і рідше декілька вольт. Значення опору ізолятора має бути 1-3 кОм. Якщо масляна плівка з примусовим мастилом місцями зникає, це може привести до поломки підшипника або аварії генератора в цілому.

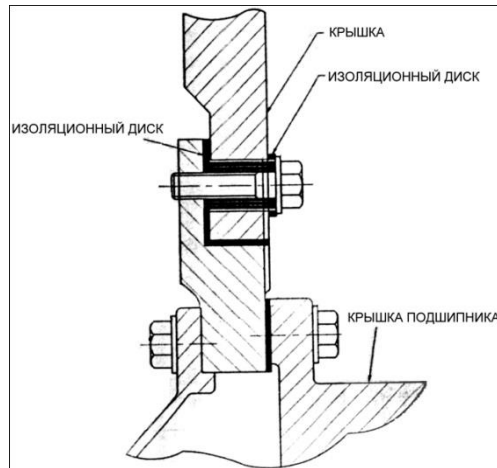


Рисунок 3.2 – Ізоляція валу БСГ від навідних струмів
основному БСГ не вимагає особливих трудовитрат на обслуговування.

3.2 Вибір системи збудження синхронних генераторів

Система збудження і автоматичного регулювання напруги типу «ТАІУО»

Функціональна схема системи збудження БСГ показана на рисунку 3.3.

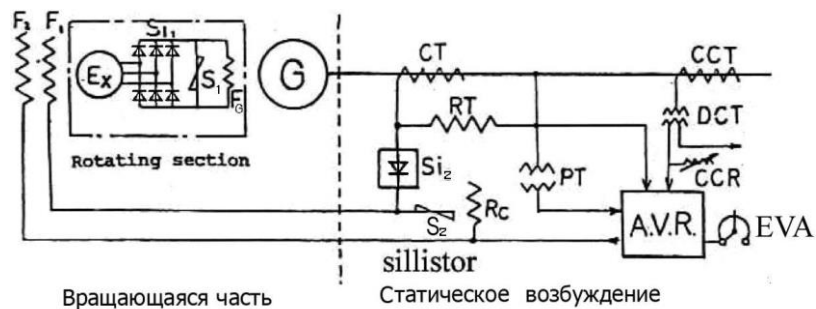


Рисунок 3.3 – Функціональна схема системи збудження

Компоненти схеми наступні:

- F1 – основна обмотка збудження збудника;
- F2 – керуюча обмотка збудження (від АРН);
- Ex – збудник змінного струму;
- Si1– обертаючийся випрямляч;
- Si2 – кремнієвий випрямляч;
- G – синхронний генератор;

- CT – трансформатор струму;
- S1, S2 – захист від перевантаження;
- RT – реактор;
- Rc – розрядний опір;
- PT – силовий трансформатор;
- CCT – трансформатор струму для компенсації зрівняльного струму;
- DCT – диференціальний трансформатор струму;
- CCR – компенсаційний опір реактивного струму;
- AVR – автоматичний регулятор напруги;
- EVA – реостат уставки напруги;
- F – роторна обмотка збудження синхронного генератора.

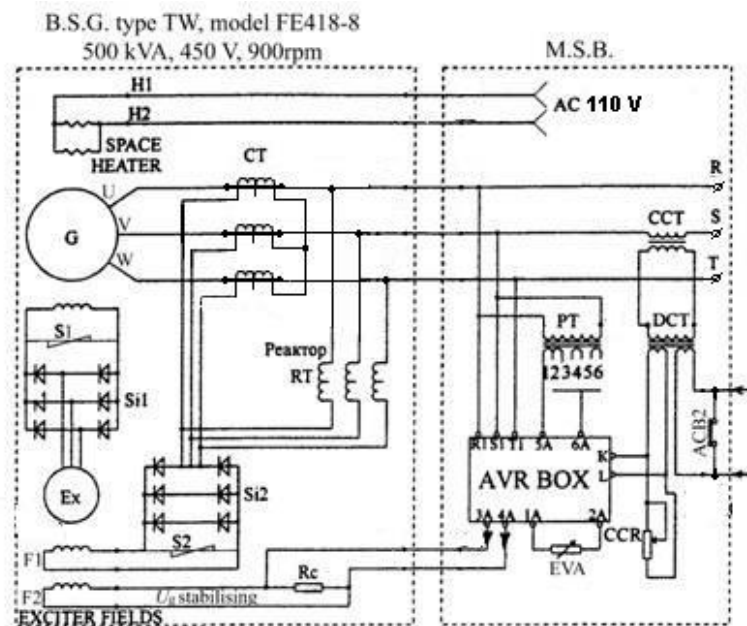
З рисунка видно, що вихідний струм якоря зі збудником змінного струму, розташованого на валу ротора генератора, призначений для того, щоб збуджувати обмотку збудження F системи синхронного генератора, через що обертається випрямляч, розташований на кінці вала генератора. Збудник змінного струму має дві окремі обмотки збудження: F1 і F2. Струм проходить через реактор RT і трансформатор струму CT, при цьому він підсумовується і випрямляється. Випрямлений струм тече через першу обмотку збудження F1, яка служить для основного збудження генератора, в той час як струм, що виходить з автоматичної регулятора напруги тече через обмотку управління F2 і призначений для більш точної стабілізації напруги.

Принцип дії системи збудження TAIYO (рисунок 3.4).

Статичне збудження системи складається з реактора RT, трансформатора струму CT, силіконового випрямляча Si, силового трансформатора PT і тиристорного автоматичного регулятора напруги AVR.

Вихідний струм якоря зі збудником змінного струму, розташованого на валу ротора генератора, служить для збудження обмотки статора генератора F через

обертаючийся випрямляч, розташований на роторі генератора. Збудник змінного струму має дві окремі обмотки збудження: F1 – основну і F2 – обмотку управління.



Друга обмотка збудження є керуючою і призначена для стабілізації і точного регулювання напруги генератора за допомогою АРН.

Схема АРН (рисунок 3.5) включає в себе наступні ланцюги: вимірювання відхилення регульованої величини, посилення цього відхилення і джерела імпульсів. Вони змонтовані на одній друкованій платі, яка знаходиться в окремій коробці разом з вимірювальним трансформатором РТ1 і головним тиристором.

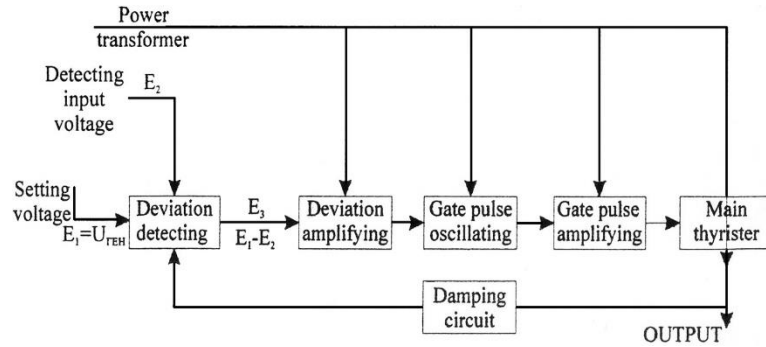


Рисунок 3.5 – Блок-схема АРН

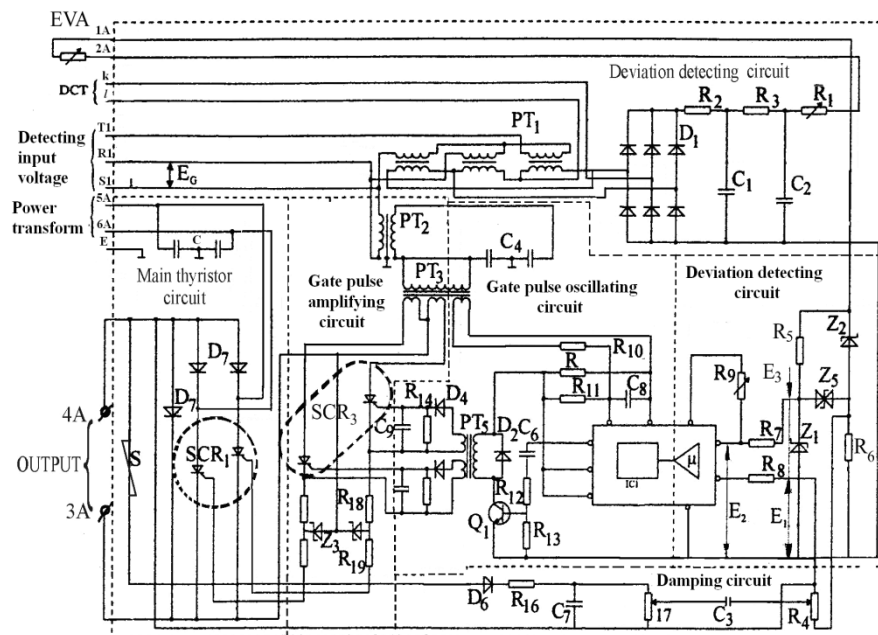


Рисунок 3.6 – Принципова схема АРН

У колі вимірювання відхилення (рисунок 3.6) надходить напруга E_1 , яка пропорційно напрузі генератора E_G і яке перетворюється в постійну напругу необхідної величини, і опорна напруга E_2 , яка незалежно від E_G , завжди стабільна і створює напругу відхилення E_3 : $E_3 = E_1 - E_2$.

Відношення між E_G , E_1 , E_2 і E_3 показано на рисунку 3.7.

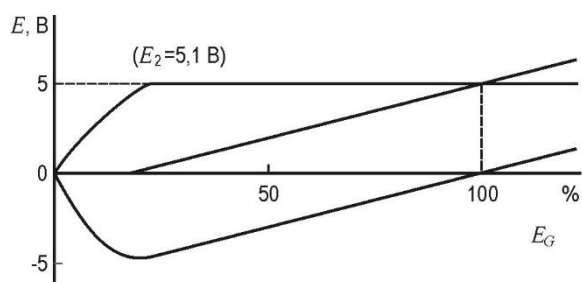


Рисунок 3.7 – Епюри співвідношення напруг

Основні частини (коло посилення відхиленої величини і коливальний контур) складені з гібрида інтегральних схем (ICs). Сигнал відхилення E_3 , посилений операційним підсилювачем, який знаходиться в ланцюзі посилення відхилення, і сигнал відхилення E_3 перетворені в коливальному контурі в одиночний відрегульований в фазовому відношенні імпульс, як показано на рисунку 3.8.

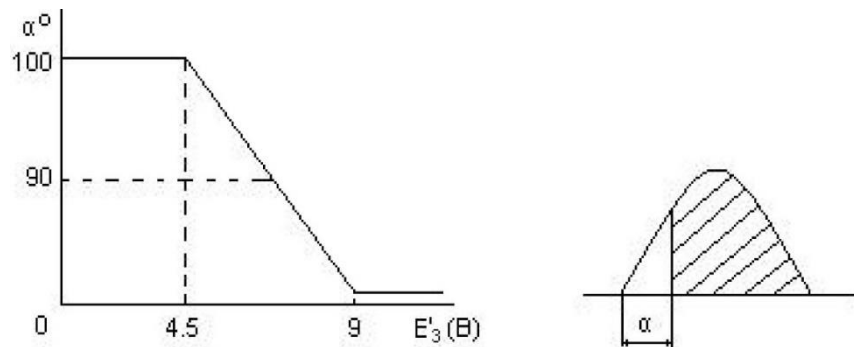


Рисунок 3.8 – Залежність сигналу відхилення E_3 від кута відкриття тиристора α

У підсиленій схемі одиночний імпульс перетворений в широкий імпульс за допомогою допоміжного тиристора і цей сигнал подається до керуючого електрода головного тиристора, щоб управляти його кутом відкриття.

У цьому колі R – змінний резистор, що регулює прирощення АРН.

Демпфіруюче коло запобігає коливанию напруги. Він реагує на зміну сигналу на виході головного тиристора і працює при різкій зміні навантаження. У цьому ланцюзі R_4 і R_{17} – демпфіруючі регульовані резистори.

3.3 Розрахунок провалу напруги під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії

Необхідно з'ясувати значення максимального провалу напруження синхронних генератора при пуску асинхронного коротко замкнутого електродвигуна насоса змащувального масла ГД. Вихідні данні для розрахунку:

Генератор типа HYUNDAI тип 502–8 , потужність 656 кВт; напруження 440В; $x'_d=0,176$ Ом; $x_d=1,976$ Ом; $\tau'_{d0}=0,37$; $K=20$; $t_1=0$;

Параметри електродвигуна ABB M2CA 355 МА потужність 230 кВт:

$U_n=440$ В; $I_n=373$ А; кратність пускового струму $K_n=6,9$;

ККД і номінальний коефіцієнт потужності АД: $\eta = 0,957$; $\cos\varphi = 0,85$;

Опір двигуна при пуску в о. е.:

$$R_{mn} = \frac{\eta_m \cdot \cos\varphi_m \cdot S_z}{k_n \cdot P_{mn}} \cdot \cos\varphi_{mn} \cdot \left(\frac{U_{mn}}{U_z} \right)^2; \quad X_{mn} = R_{mn} \cdot \frac{\sin\varphi_{mn}}{\cos\varphi_{mn}}; \quad (3.18)$$

де k_n - кратність пускового струму, $k_n = 6,9$;

$\cos\varphi_{mn} = 0,3$ - коефіцієнт потужності АД при пуску;

$S_z = 820$ кВА - повна потужність генератора;

$P_{mn} = 230$ кВт - потужність електродвигуна;

$\sin\varphi_{mn} = 0,52$

$$K_1 = \frac{x_d}{x_d + x'_d} = \frac{0,71}{0,71 + 0,176} = 0,8 \quad (3.19)$$

1. З'ясовуємо реактивний опір двигуна

$$X_d = \frac{S_{нг}}{K_{п} \cdot S_{нд}} \left(\frac{U_{нд}}{U_{нг}} \right)^2 = \frac{820 \cdot 10^3}{6,9 \cdot \sqrt{3} \cdot 440 \cdot 373} \left(\frac{440}{440} \right)^2 = 0,42 \quad (3.20)$$

2. Початкове напруження

$$U_{нач} = \frac{1}{1 + x'_d} = \frac{1}{1 + 0,176} = 0,85B \quad (3.21)$$

3. Установлене напруження

$$U_{уст} = \frac{1}{1 + x_d} = \frac{1}{1 + 1,976} = 0,336B \quad (3.22)$$

4. Постійна часу обмотки збудження генератора при замкнутій обмотці статора на опір x_d

$$\tau'_d = \tau_{d0} \frac{x_d + x'_d}{x_d + x_d} = 0,37 \frac{1,13 + 0,176}{1,13 + 1,976} = 0,155 \quad (3.23)$$

$$K_2 = \frac{x_d}{x_d + x_d} = \frac{0,42}{0,42 + 1,976} = 0,17 \quad (3.24)$$

5. Час досягнення мінімального значення напруження

$$t_{\min} = \tau'_d \cdot \ln \left(\frac{U_{нач} - U_{уст}}{K_2 K \tau'_d} + 1 \right) = 0,155 \cdot \ln \left(\frac{0,85 - 0,336}{0,17 \cdot 20 \cdot 0,155} + 1 \right) = 0,1 \quad (3.25)$$

6. Значення мінімального напруження

$$U_{\min} = U_{\text{уст}} + (U_{\text{нач}} - U_{\text{уст}}) \cdot e^{-\frac{t_{\min}}{\tau_d}} + K_2 K [t_{\min} - \tau_d (1 - e^{-\frac{t_{\min}}{\tau_d}})] = \quad (3.26)$$

$$= 0,336 + (0,85 - 0,336) \cdot e^{-\frac{0,1}{0,176}} + 0,17 \cdot 20 [0,1 - 0,155 (1 - e^{-\frac{0,1}{0,176}})] = 0,73 \text{ В}$$

7. Максимальний провал напруги:

$$\Delta U_{\max} = (1 - U_{\min}) \cdot 100 = (1 - 0,73) \cdot 100 = 27\% \quad (3.27)$$

Зміна напруги в мережі, що виникає при пуску потужного асинхронного двигуна, не повинна приводити до зменшення напруги на клеммах приймачів електроенергії більш, ніж на 35%. Ця вимога виконується якщо зміна U на шинах ГРЩ не перевищує 20%. Тому нашому випадку провал пуску брашпиля повинен здійснюватися за допомогою частотно-перетворювального приводу.

3.4 Вибір раціональної структури СЄС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ

Розробка принципової схеми головного розподільного щита.

Передача електроенергії від ГРЩ до споживачів здійснюється за допомогою електричних мереж. На даному судні застосована фідерно-групова система розподілу електроенергії. Найбільш відповідальні та потужні споживачі отримують живлення безпосередньо від ГРЩ, а менш відповідальні від групових розподільних пристроїв, які живляться від ГРЩ.

Відповідно до правил Регістра, до ГРЩ пред'являються такі вимоги :

а) Конструктивні. Всі судові РЩ повинні бути у виконанні, що забезпечує захист від доторку до струмоведучих частин з лицьової і бічної сторін. Комутаційна апаратура відкритими струмоведучими частинами повинна бути встановлена за щитом, а проводи виведені на лицьову сторону. ГРЩ повинний мати генераторні панелі для кожного генератора і окрему панель для валогенератора і, по можливості, для груп механізмів, освітлення, вентиляції. Конструкція РЩ повинна бути жорсткою, кожний прилад або устрій повинні встановлюватися так, щоб їхня

заміна або ремонт могли бути здійснені з мінімальним розбиранням. Всі струмоведучі частини, шайби, болти, гайки повинні бути з матеріалу, що забезпечує надійний електричний контакт, що виключає виникнення корозії. На проводах комутаційних апаратів, апаратури різноманітного призначення, повинні бути табличка з чіткими написами про положення приводу автомата або призначенні апаратури. На передній і задній стороні ГРЩ повинні бути поруччя з ізоляційного матеріалу;

б) Вимоги до схеми ГРЩ. Розташування апаратури на ГРЩ повинно забезпечувати зручність керування і контролю за приладами. На кожній панелі ГРЩ повинні встановлюватися амперметр, вольтметр із перемикачами на 3 фази, автоматичний трьохсмуговий вимикач максимального струму з розчеплювачем миттєвої дії і захистом від перевантаження з витримкою часу (не менш, ніж у 2-х фазах), частотомір, ватметр, апарат дистанційного керування приводом регулятора частоти, реле зворотної потужності, реле нульового захисту. На ГРЩ, якщо передбачена рівнобіжна робота ГА, повинні бути встановлені устрої, що синхронізують. На ГРЩ і АРЩ повинна бути забезпечена можливість виміру розміру опору ізоляції. Для контролю за роботою відповідальних споживачів повинні бути встановлені амперметри. На ГРЩ або АРЩ або поблизу від них повинні бути укріплені їх принципові однолінійні схеми і схеми генерування і розподілу електроенергії. РЩ призначені для розподілу енергії між окремими групами споживачів. На них встановлюють або настановні автоматичні вимикачі, або пакетні вимикачі і плавкі запобіжники.

Споживачі ГРЩ розподілені наступним чином:

Фідерна панель 440 В №1:

1. РЩ сепараторів (1–n) –1
2. РЩ котла–1
3. РЩ вентиляції по палубам–1
4. Валоповоротний пристрій–1
5. РЩ вентилятори мко–1
6. РЩ вентилятори трюмів–1

7. РЩ компресор пускового повітря–1
8. Компресор стислого повітря для атоматіки–1
9. РЩ рульова машина №1–1
10. РЩ лебідки швартові і брашпілі–1
11. РЩ гідрофонів–1
12. Споживачі РЩ 220В
13. РЩ паливних насосів–1
14. РЩО по палубам (1п–1)
15. РЩ НП по палубам (1–п)

Фідерна панель 440 В №2:

16. РЩ насос, сепаратор льяльних вод – 1
17. РЩ сепараторів (1–п) –1
18. РЩО по палубам (1–п) –1
19. РЩ вентилятори МКО –1
20. РЩ вентилятори трюмів–1
21. РЩ компресор пускового повітря –1
22. РЩ лебідки швартові і брашпілі–1
23. РЩ системи кондиціонування–1
24. РЩ камбуза–1
25. РЩ НП (1-п) –1
26. Інші споживачі
27. АРЩ –1
28. Споживачі РЩ 220В

Панель ВГ №1:

Підрулюючий пристрій–1

Панель стартера 440 В №1:

1. Насос прісної води охолодження ГД–1
2. Насос заборотної води охолодження ГД–1
3. Насос заповнення системи охолодження–1
4. Насос передпускового прокачування масла ДГ–1

5. Електротурбонаддув ГД–1

6. Пожежний насос–1

Панель стартера 440 В №2:

7. Насос прісної води охолодження ГД–1

8. Насос забортої води охолодження ГД–1

9. Електротурбонаддув ГД–1

10. Пожежний насос–1

11. Баластний насос–1

12. Насос прісної води ГД–1

13. Насос забортої води ГД–1

Аварійна стартерна панель:

1. Аварійний пожежний насос–1

2. Рульова машина №2 –1

3. Баластний насос1– 1

4. Шлюпочна лебідка–2

5. Трапова лебідка–2

Споживачі РЩ 220В:

1. Електро-радіонавігаційне устаткування–1

2. Сигналізація–1

3. Зовнішнє освітлення–1

4. Освітлення приміщень–1

5. Сигнальні і ходові вогні–1

6. Інші споживачі–1

Споживачі 24В:

1. Велике аварійне освітлення–1

2. Електро-радіо-навігаційне устаткування–1

3. Сигналізація–1

4. Сигнальні і ходові вогні–1

5. Автоматика судна–1

6. Інші споживачі–1

Система розподілу електроенергії по судну.

Розподіл електричної енергії на судах здійснюється за допомогою силової мережі, підключеною до ГРЩ, аварійної мережі, підключеної до АРЩ, і мереж приймачів електроенергії, підключених до розподільного щита. До складу кожної електромережі входять розподільні і спеціалізовані щити і лінії передачі електроенергії.

На судні, що розглядається застосована фідерно-групова система розподілу електроенергії. У цьому випадку безпосередньо від ГРЩ або АРЩ розташовані самостійні лінії живлення (фідери) по всім відповідальним токоприймачам і груповим РЩ (Гр. РЩ). Групові РЩ здійснюють розподіл електроенергії серед групи однакових або близьких за призначенням споживачів. Фідери призначені для передачі електроенергії між двома будь-якими розподільними щитами або між розподільним щитом і приймачем або джерелом електроенергії.

Групові щити кріплять на перегородках або бортових конструкціях. Не допускається установка щитів в місцях, де можливе скупчення кислотного випаровування, вибухонебезпечних газів і т.д. Для скорочення витрати кабелю групові РЩ розташовуються як можна ближче до приймачів електроенергії.

Основні траси кабелів прокладаються по бортах судна з переходом по перегородках і подволоку до щитів і приймачів електроенергії. На судні застосовуємо приховану проводку кабелів в спеціальних каналах, що забезпечують огляд кабельних трас. Кріплення кабелів проводиться за допомогою кабельних підвісів, що прикріплюються до набору корпусу судна. Проходи пучок кабелів через водонепроникні перегородки судна здійснюється за допомогою прохідних кабельних коробок, що заливаються ущільнювальною масою. Для прокладки кабельних трас потрібно вибирати найкоротші шляхи, по можливості, прямолінійні і доступні для огляду.

3.5 Розробка конструкції ГРЩ та вибір комутаційно-захисної апаратури ГРЩ

На підставі номінального струму в якості генераторного автоматичного

вимикача вибираємо селективний автоматичний вимикач типу TERA SAKI AR216S. Далі наведено номінальні дані обраного автоматичного вимикача.

Таблиця 3.2 – Номінальні дані АВ TERA SAKI AR216S

Номінальна напруга, В	450
Номінальний струм, А	1400
Номінальна гранична здатність, що відключає, кА	60
Ударний струм, кА	143
Час замикання, с	65

Передбачається КЗ на шинах ГРЩ у найбільш навантаженому режимі роботи станції, тобто режимі коли працюють три генератори.

Для нашого генератора приймаємо:

Сверхперехідний опір по подовжній осі $X''_d = 0.13 \text{ Ом}$

Активний опір фази статора $r_a = 0.011 \text{ Ом}$

Виходячи з номінального струму генератора рівного 1310 А в якості кабелю з'єднуючого ГРЩ із генератором вибираємо п'ять паралельно прокладені кабелі марки MPRXX-185 перетином 5х3х185 мм². Активний перетин кабелю $r = 0,092 \text{ Ом/км}$, реактивне $x = 0,073 \text{ Ом/км}$. Розрахункову довжину кабелю приймаємо рівної 10 м. У такий спосіб розрахункове значення опору кабелю $r_{\text{каб}}$
 $0,092/(3*100) = 0,0003 \text{ Ом}; x_{\text{каб}} = 0,073/(3*100) = 0,000243 \text{ Ом}. \quad (3.28)$

Приймаємо активний опір автомата рівним $r_{\text{ав}} = 0,045 \text{ мОм}$, реактивне $x_{\text{ав}} = 0,1 \text{ мОм}$.

Розроблення конструкції ГРЩ.

ГРЩ, відповідно до Правил Регістру повинні задовольняти наступним правилам: розташовуватися в одній головній вертикальній протипожежній зоні з генераторами. З передньої сторони щита повинен бути прохід не менше за 800мм при довжині до 3 метрів, та не менше за 1000мм при довжині щита більше за 3-х метрів. З задньої сторони щита повинен бути прохід шириною 800мм. Простір позаду щитів з відкритими частинами, що знаходяться під напруженням,

повинен бути відгороджений та забезпечений дверми.

ГРЩ складається з окремих конструктивно закінчених секцій: генераторних, розподільних та управління.

Генераторні секції призначаються для управління та контролю за роботою генераторів. На кожній секції передбачаються прилади та апаратура, які забезпечують контроль та управління роботою відповідного генератора. Розподільні секції призначені для управління та контролю за споживачами, які одержують живлення від ГРЩ. На розподільні секції встановлені автомати та амперметри для вимірювання навантаження споживачів.

Секції управління призначені для встановлення на них приладів для контролю за включенням генераторів на паралельну роботу, приладів для вимірювання опору ізоляції мережі.

Встановлений на судні ГРЩ, складається з наступних секцій:

1. Генераторна секція ДГ1;
2. Генераторна секція ДГ2;
3. Генераторна секція ДГ3;
4. Генераторна секція ВГ;
5. Секція живлення з берега;
6. Розподільна секція №1;
7. Розподільна секція №2;
8. Розподільна секція №3;
9. Розподільна секція №4;
10. Розподільна секція №5;
11. Секція управління.

Згідно з Правилами Регістру на судні встановлені джерела електроенергії напругенням 440 В і частотою 60 Гц.

Від розподільних секцій №1–4 отримують живлення споживачі напругенням 440 В, розподільна секція №5– живить споживачі напругенням 220 В. Генераторні секції, секція управління та синхронізації розташовані в середній частині ГРЩ, секції розподілу електроенергії по краях ГРЩ.

Лицьові панелі ГРЩ виготовлені з листової сталі з отворами для приладів та апаратури управління. На лицьовій стороні кріпляться таблички з написами та позначеннями, прилади та апарати. Прохід за ГРЩ та простір перед щитом покривається доріжками з гофрованої маслостійкої, діелектрично-міцної гуми. ГРЩ являє собою щити з оболонкою, які забезпечують захист людей від дотику до струмоведущих частин. Збірні шини в ГРЩ сполучені шинними накладками з мідними болтами. Для підвищення пожежної безпеки між секціями ГРЩ встановлені перегородки. Шини секцій покривають компаундом, клеми закривають ізолюючим покриттям. Підведення кабелів по всіх секціях здійснюється знизу. Відстань від настилу до струмоведущих частин повинна бути не менше за 0.2 м.

На секціях ГРЩ встановлені такі прилади:

1. Генераторні секції – вольтметри для вимірювання напруження між фазами АВ; ВС; СА. Амперметри для вимірювання струмів в фазах А; В; С. Лічильники моторесурсів. Сигнальні лампи, що вказують на стан, в якому знаходиться агрегат. Вибір фази, в якій вимірюються струми та напруження, здійснюється селективними перемикачами.

2. Секції розподілу електроенергії 440 В – амперметр для вимірювання струму в фазах А; В; С. Перемикачі вибору ланцюга вимірювання струму. Автоматичні вимикачі АВВ для підключення споживачів до ГРЩ. На секції 3-4 встановлений мегомметр для контролю опору ізоляції мережі 440 В та його перемикач.

3. Секція розподілу електроенергії 220 В – вольтметр для вимірювання напруження в ланцюгу 220 В та його перемикач. Два амперметри для вимірювання струму, що протікає через вторинні обмотки трансформаторів TV1; TV2; TV3, TV4 живлючих секцію 220 В. Мегомметр контролю ізоляції в ланцюгу 220 В та його перемикач. Автоматичні вимикачі серії АВВ для підключення споживачів 220 В до ГРЩ.

4. Секція синхронізації – кіловатметри для вимірювання навантаження генераторів. Вольтметри, що вимірюють напруження мережі підключаемого

генератора. Частотоміри, що показують частоту мережі і частоту підключаємого генератора. Два синхроноскопа: стрілочний та ламповий.

Селективний перемикач вибору підключаємого генератора. Кнопки підключення та відключення генераторних автоматів, рукоятки зміни подачі палива привідним двигунам.

Всі споживачі електроенергії 440 В живляться від чотирьох секцій ГРЩ С1; С2; С3; С4, та однієї секції АРЩ:

Секція С1: баластний насос №3; щит №1.4 – механізмів машинного відділення; щити №3, 4 – гідравліки швартовних лебідок; щит котельних механізмів; щит електромайстерні; щит верхньої палуби; щит вентиляції; щит кондиціонерів; трансформатор 440/230 В №1.

Секція С2: охолоджуючий насос прісної води ГД №2; охолоджуючий насос №2 заборотної води ГД; осушувальний насос №1; баластний насос №1; пожежний насос №1; насос циркуляційний змазки ГД; компресор пускового повітря №1; електропривод стернової машини №1; шпиль носовий №1; масляний насос №1; системи відбору потужності ГД; насос №1 МГК ГРК; щит №1 – вентиляції МВ; трансформатор 440/230 В №2. Від секції С2 живляться: щит №1 – механізмів МВ; щит №1 – гідравліки швартовних лебідок; щит №1 – провізійних камер; щит паливних насосів; щит санітарних механізмів.

Секція С3: щит №2 – механізмів МВ; щит №2 – гідравліки швартовних лебідок; щит - №2 провізійних камер; щит №2 – санітарних механізмів; щит №3 – швартовних лебідок; щит камбузу.

Секція С4: охолоджуючий насос №2 прісної води ГД; баластний насос №2; охолоджуючий насос №2 заборотної води ГД; осушувальний насос №2; насос №2 циркуляційний змазки ГД; компресор пускового повітря №2; електропривід стернової машини №2; пожежний насос №2; шпиль носовий №2; масляний насос №2 системи відбору потужності ГД; насос №2 гідравліки МГК ГРК; щит №3 – механізмів МВ; щит №2 – вентиляції МВ; трансформатор 440/230 №3.

Секція 440В АРЩ: компресор пускового повітря; запасний агрегат стернової машини; пожежний насос №2; осушувальний насос №2; ліфт пасажирський;

трансформатори №1–2 440/230 В.

Секція 220 В ГРЩ: щити освітлення №1–4; щит радіонавігації; щит радіозв'язку; щит грілок; щит камбузу.

Секція 220 в АРЩ: пульт сигнальних вогнів; щит живлення схем автоматики, авральної сигналізації, клінкетних дверей; щити освітлення №1–5; навігаційний прожектор; щит живлення схем автоматики систем; щит навігації; щит радіозв'язку; сигнальний прожектор; електричний тифон. З конструкції ГРЩ видно, що найбільш відповідальні споживачі дубльовані і вони живляться від різних секцій ГРЩ (С2; С4), максимально рознесених по довжині. При знеструмленні ГРЩ запускається АДГ і АРЩ відмикається від ГРЩ. Фідер "Живлення з берега" підключений до секції С4. Секції зв'язані між собою автоматичними вимикачами QS1; QS2; та перемичками. Наявність цих вимикачів дозволяє в потрібні моменти знеструмлювати секції для проведення профілактичних робіт, без порушення режиму роботи електростанції.

3.6 Перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги

Вибір кабелю включає вибір марки, перетин кабелю, перевірку вибраного кабелю на втрату напруги. Перетин кабелю вибирається по розрахунковому струму: Умова вибору: кабель генератора і трансформатора вибирають по номінальному струму:

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H}. \quad (3.29)$$

Робочі струми кабелів, що сполучають окремі споживачі з ГРЩ:

$$I = \frac{P_H \cdot K_t \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H}. \quad (3.30)$$

Робочий струм фідера, що живить декілька приймачів, визначається з врахуванням одночасності їх роботи по формулі:

$$I_{\text{раб}} = K_0 \cdot \sqrt{(I_{1p} \cdot \cos \varphi_1 + I_{2p} \cdot \cos \varphi_2)^2 + (I_{1p} \cdot \sin \varphi_1 + I_{2p} \cdot \sin \varphi_2)^2} \quad (3.31)$$

Як силовий кабель використовуємо судновий електричний кабель типа MPRXCX –негорючий кабель з мідними скрученими багатодротяними жилами з ізоляцією XLPE (поліетилен сітчастої структури), обплетенням з мідного дроту і зовнішньою захисною оболонкою з поліолефіну. Технічні дані: число жил: от 1 до 24:

номінальний перетин жили: от 1,5 до 185 мм²;

номінальна напруга: 0,6/1 кВ

максимальна температура: 75.

Перевірку лінії на втрату напруги виробляємо шляхом порівняння втрати напруги в ній з тією, що допускається Регістром величиною: $\Delta U_{\text{л}} \leq \Delta U_{\text{доп}}$. Правилами регламентуються втрати напруги від ГРЩ до кожного споживача. В даний час діють наступні норми втрат напруги на кабелях:

- від генератора до ГРЩ – не більш 1%;
- освітлення – не більш 5% при $U_{\text{н}} > 30 \text{ В}$ и не более 10% при $U_{\text{н}} \leq 30 \text{ В}$;
- силових споживачів – не більш 7% при тривалому режимі роботи і не більш 10% при короткочасному і повторно-короткочасному режимі роботи;
- щита радіостанції і кабелю для зарядки акумуляторних батарей – не більш 5%.

Втрата напруги в лінії генератора – шина не повинна перевищувати 1%. Втрату напруги в лінії без врахування падіння напруги в обробленні і наконечниках визначуваний по формулі:

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{раб}} \cdot l_{\text{л}}}{U_{\text{н}} \cdot n} \cdot (R_{\text{л}} \cos \varphi + X_{\text{л}} \sin \varphi) \cdot 100, \quad (3.32)$$

де $l_{\text{л}} = 160$ – довжина кабелю, м;

$I_{\text{раб}} = 115,6 \text{ А}$;

n - число паралельних кабелів в лінії;

$R_{\text{л}} = 0,18 \cdot 10^{-3}$, $X_{\text{л}} = 0,073 \cdot 10^{-3}$ – активний і індуктивний опір лінії на одиницю довжини Ом/м.

$$\Delta U_{\text{л}} = \frac{\sqrt{3} \cdot 115,6 \cdot 160}{440 \cdot 1} \cdot (0,18 \cdot 10^{-3} \cdot 0,76 + 0,073 \cdot 10^{-3} \cdot 0,65) \cdot 100 = 0,74\% \quad (3.33)$$

Набутого значення що менше допускається Регістром: $\Delta U_{\text{л}} < \Delta U_{\text{доп}}$.

3.7 Вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління СЕЕС, розробка алгоритмів управління СЕЕС

Система управління електростанцією контролерів РРМ містить набір функцій, необхідний для управління енергоустановками морського базування. Система забезпечує функції управління, контролю і захисту як генераторного агрегату так і електростанції в цілому. Система виробляє вимір всіх необхідних параметрів електростанції з відображенням на LCD дисплеї. Система РРМ розроблена для автоматизації наступних типів електростанцій:

- паралельна робота ДГУ на загальні шини;
- робота ДГУ на секціоновані шини ГРЩ;
- кільцеві шини ГРЩ;
- робота з валогенератором і берегом;
- управління секційними вимикачами;
- управління аварійним/гальмовим ДГУ.

Режими управління електростанцією:

- паралельна робота ДГУ з автоматичним розподілом навантаження
- режим фіксованої потужності
- переведення навантаження ДГУ/Валогенератор/Берег
- робота на роздільні секції ГРЩ з управління секційним вимикачем

Кожен контролер системи має окремий основний дисплей (підключення Com-кабелем) і додатковий виносний дисплей (підключається до основному дисплею інтерфейсом CANbus). Один з каналів CANbus є основним для об'єднання контролерів в систему, другий CANbus автоматично резервує перший.

Контролер РРМ має плату з інтерфейсами для підключення до двигуна з окремим живленням і своїм мікропроцесором. На платі розташовані наступні входи/виходи:

Управління електростанцією. Режими управління електростанцією залежать від складу електростанції (наявність валогенераторов, керованих вимикачів

живлення з берега, секційних вимикачів). Вибір необхідного режиму управління виробляється кнопкою дисплея.

Режими управління.

Система управління електростанцією контролерів RPM використовує як режим не обслуговуваний (безвахтений) – AUT1, так і ручний режим – AUT3.

АВТО: Система виробляє автоматичний пуск/зупинку ДГУ системи залежно від навантаження електростанції відповідно до заданих пріоритетів на запуск.

П-АВТО: Напівавтоматичний режим вимагає мінімального втручання оператора в роботу електростанції – подача команд пуску/зупинці ДГУ, команд управління вимикачами. Автоматичний пуск ДГУ в даному режимі неможливий. Ручний: Ручне управління (управління з ГРЩ) відключає всі функції управління системи. Функції захисту і контролю параметрів залишаються активними.

Налаштування.

Програмування здійснюється за допомогою меню дисплея контролера, або з використанням сервісного програмного забезпечення DEIF USW. Окрім стандартних функцій сервісна програма DEIF USW забезпечує додаткові можливості, наприклад, видає на екран всієї необхідної інформації для пусконаладжувальних робіт, повне управління контролером, збереження і завантаження файлів налаштувань, а також оновлення програмного забезпечення контролера.

Опції контролера RPM:

Для максимально точної відповідності системи RPM завданням автоматизації різних типів електростанцій функціональність системи розділена на опції, які включаються в стандартну систему RPM при замовленні.

Типи контролерів системи.

RPM DG: Контролер дизель генератора

RPM SG: Контролер валогенератора

RPM SC: Контролер живлення з берега

RPM ВТВ: Контролер секційного вимикача

PPM EDG: Контролер аварійної ДГУ

Функція M-logic (Micro PLC).

Функція M-logic – дозволяє створювати прості алгоритми, в основі яких лежать логічні події. Призначення цієї функції – надати операторові додаткові можливості для реалізації алгоритмів управління елементами системи і індикації.

Входи/виходи:

Доступно Pt100 Pt1000 VDO;

Багатофункціональні: 4–20mA; Дискретні; 04–0V; DC;

Дискретні входи 7;

Вхід для виміру зворотів Pick up 1;

Релейні виходи 4;

Підключення CANbus 2.

Управління електростанцією.

Система PPM дозволяє автоматизувати електростанції що складаються максимально з:

- 8 Секційних вимикачів (BTB)
- 16 Дизель-генераторів (DG)
- 1 Аварійного генератора (EDG)
- 2 Валогенераторов (SHAFT)
- 2 Берегових вимикачів (SHORE)

Основні функції.

- можливість синхронного включення будь-якого з вимикачів електростанції.
- пуск/зупинка генераторів по навантаженню.
- призначення пріоритетів на запуск.
- резервний канал зв'язку між контролерами.
- ділення електростанції на секції з індивідуальною функціональністю.
- переведення навантаження/розподіл потужності.
- відключення груп невідповідальних навантажень.
- управління підключенням потужних приймачів.

– мультімайстерна система. Мультімайстерною є побудова системи, яка дозволяє реалізувати незалежне функціонування електростанції від окремого командного контролера.

Режими роботи електростанції.

Система RRM підтримує наступні режими роботи електростанції:

- живлення декількома ДГУ
- живлення від валогенератора
- живлення з берега
- живлення роздільних секцій ГРЩ
- переходи на аварійний/гальмовий ДГУ.

Режими роботи електростанції задаються розробником при конфігурації системи і можуть вибиратися при експлуатації. Шини ГРЩ можуть бути розділені на секції. Система дозволяє реалізувати різні режими управління для кожної секції.

Налаштування системи виробляється за допомогою сервісного програмного забезпечення DEIF USW. Із стандартних елементів створюються декілька однолінійних схем електростанції, які завантажуються в кожен контролер. Далі система починає працювати відповідно до вибраної однолінійної схеми.

Управління підключенням потужних приймачів.

Дана функція призначена для автоматичного створення необхідного резерву потужності на шинах ГРЩ перед підключенням потужного приймача. Система підтримує підключення двох типів потужних приймачів з фіксованою або змінною потужністю. Необхідний резерв потужності задається для кожного приймача і забезпечується запуском додаткового ДГУ. Дана функція дозволяє автоматизувати дії оператора уникнути знеструмлення електростанції при запусках потужних приймачів.

Пуск/зупинка по навантаженню.

Дана функція управляє запуском/зупинкою ДГУ залежно від навантаження на шинах, забезпечуючи роботу генераторів системи з оптимальним навантаженням. Для розрахунків використовується значення резерву потужності на шинах ГРЩ.

Призначення пріоритетів.

Призначення пріоритетів на запуск/зупинку по навантаженню може бути реалізоване наступними способами:

- вручну натисненням кнопки 1-й пріоритет з дисплея;
- автоматично за часом напрацювання;
- оптимізація по витраті палива.

Резервований канал CANbus.

Для підвищення надійності функціонування системи внутрішній канал зв'язку CANbus може бути дублюючий. Також система має аварії, що конфігуруються, по несправності внутрішнього зв'язку.

Приклад схеми автоматизації з різними режимами роботи з одним валогенератором та береговим вимикачем.

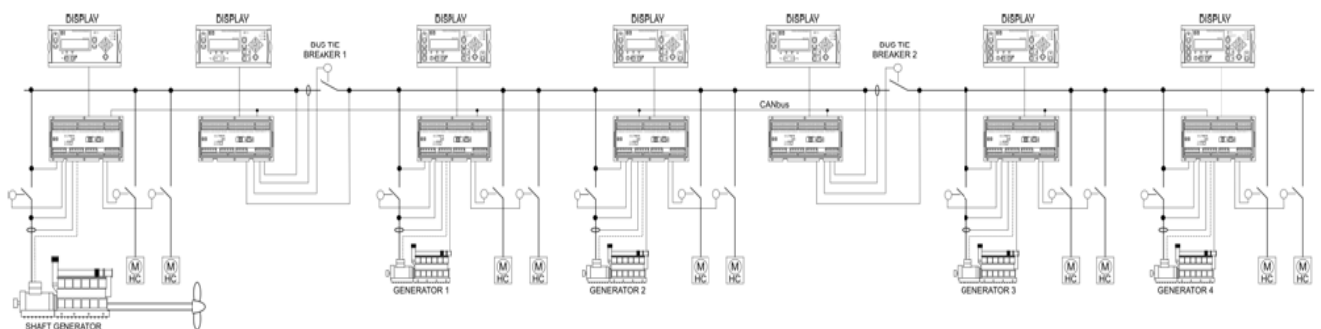


Рисунок 3.9 – Структурна схема АСУ СЕЕС

Алгоритм управління СЕЕС, який представлено на плакаті 4.

3.8 Мережа судового електричного освітлення, судові сигнально відмітні вогні, низьковольтне освітлення

Світлотехнічний розрахунок освітленості судового приміщення.

Суднове електричне освітлення складається з наступних самостійних кіл:

- основного внутрішнього освітлення напругою 220 В перемінного струму;
- великого аварійного освітлення напругою 220 В перемінного струму;

- зовнішнього та трюмного освітлення напругою 220 В перемінного струму;

- малого аварійного освітлення напругою 24 В постійного струму;

- сигнально-розпізнавальні вогні напругою 220 В перемінного струму;

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

- двох районних щитів;

- дванадцяти групових щитів однофазного струму;

- 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 котрих 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, горловинах цистерн та коморі легко запалювальних рідин встановлені вибухобезпечні світильники ВЗГ-100, а в акумуляторній - світильники В4А-60.

У мережі основного освітлення застосовані розподільні коробки типу Т-9-4М, вимикачі типу ВС, 2ВС, Т-5М, Т-5-4М, штепсельні розетки - Р1е, 201е, РШ-2, РШВ2-41.

Мережа великого аварійного освітлення складається з:

- шести групових щитів однофазного струму з автоматами типу АС-25;

- освітлювальної установчої апаратури та з'єднувальних кабелів.

Групові щити великого аварійного освітлення отримують живлення від ГРЩ через щит АДГ напругою 220В перемінного струму.

Світильники великого аварійного освітлення входять до складу

світильників мережі основного освітлення і встановлені: в навігаційній рубці, МВ, ЦПК, приміщенні АДГ - тобто в тих приміщеннях, де у разі виходу з ладу СЕС не повинні уриватися роботи та можливі скупчення людей.

Від мережі великого аварійного освітлення отримують живлення штепсель - трансформатори 220/12В, що застосовуються в ланцюгах районного (переносного) освітлення.

Мережа зовнішнього та трюмного освітлення служить для освітлення проходів на зовнішніх палубах, вантажних палуб, трюмів та забортових просторів і складається з:

- одного районного щита з автоматами НіМС-50;
- п'яти групових щитів однофазного струму
- освітлювальної установчої апаратури та з'єднувальних кабелів.

Мережа зовнішнього та трюмного освітлення отримує живлення від секції 220В ГРЩ. Живлення від ГРЩ подається на районний щит, а від нього на групові щити, через контактори. Вимикання та вмикання зовнішнього трюмного освітлення проводиться централізовано з навігаційної рубки.

Мережа малого аварійного освітлення призначена для мінімального освітлення коридорів, тамбурів, аварійних виходів та деяких суспільних і службових приміщень у разі зникнення напруги в мережі великого аварійного освітлення і складається з:

- двох щитів з контакторами постійного струму;
- дев'яти розподільних коробок серії МК;
- освітлювальної установчої апаратури та з'єднувальних кабелів.

Мережа отримує живлення від мережі АКБ, з'єднаних послідовно. Місткість АКБ підібрана з розрахунку живлення мережі в течії часу не менше ніж за 30 хвилин. Через контактори від АКБ отримують живлення розподільні коробки, які живлять мережу аварійного освітлення, авральну та пожежну сигналізацію, клинкетні двері.

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.

4 АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ

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

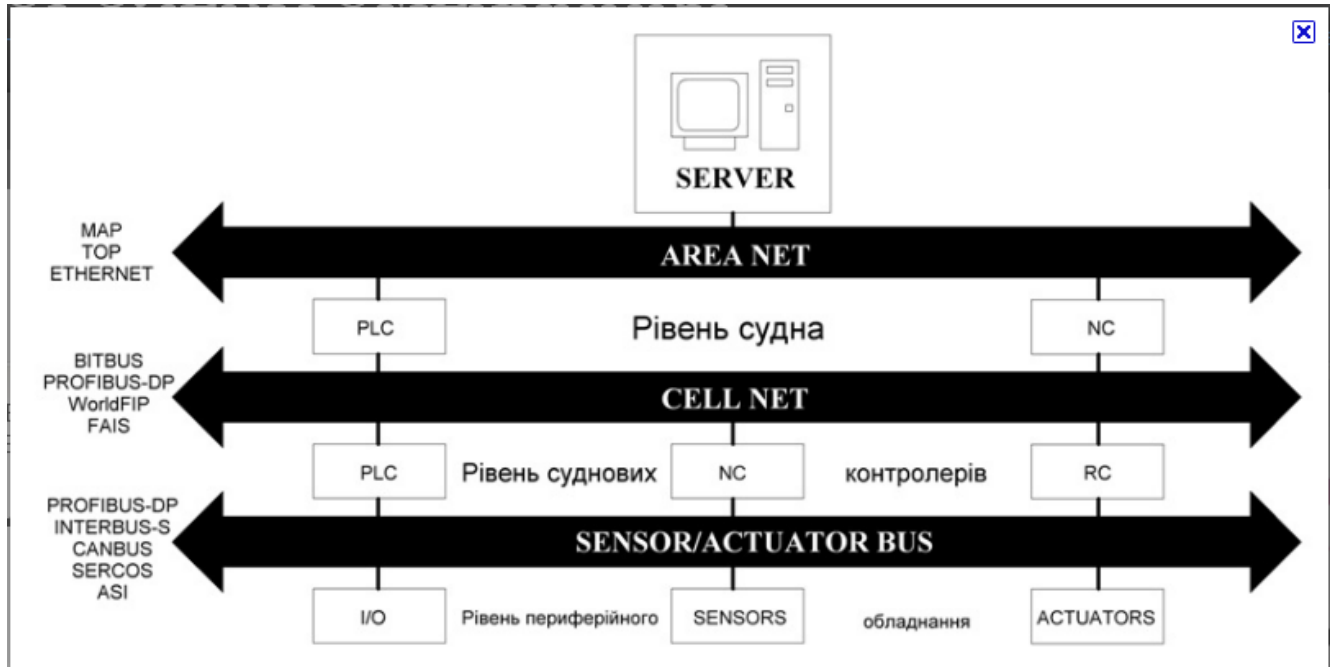


Рисунок 4.1 – Структурна схема суднової комп'ютерної мережі

1. **SERVER** – апаратне забезпечення, виділене і / або спеціалізоване для виконання на ньому сервісного програмного забезпечення (у тому числі серверів тих чи інших завдань). Головний комп'ютер мережі.
2. **AREA NET** – Local area network (LAN) – комп'ютерна мережа, яка з'єднує комп'ютери та пристрої в обмеженому просторі.
3. **PLC** (Programmable Logic Controller) – програмований логічний контролер – електронна складова промислового контролера, спеціалізованого (комп'ютеризованого) пристрою, що використовується для автоматизації технологічних про-цесів.
4. **NC** (Network Computer) – стандарт комп 'ютерної мережі, профіль (NCRef) з підтримкою HTML, Java, HTTP, JPEG, та інших ключових стандартів.
5. **ETHERNET** – пакетна технологія передачі даних в локальній мережі.

6. RC (Resistor-capacitor network) – резистор-конденсатор мережа, використовуватися для фільтрації сигналу, блокуючи певні частоти і передаючи іншим.

7. CELL NET (Cell Network) – технологія передачі осередків або трансляції осередків.

8. SENSOR/ACTUATOR BUS – шина датчиків і виконавчих механізмів – мережеве рішення для розподілених входів і виходів, яке з'єднує компоненти, такі як вакуумні насоси, генератори, манометри, клапани регулювання тиску і так далі.

9. I/O (Input/Output) – Inputs – сигнали або дані, отримані системою, Outputs - сигнали або дані, що відправляються з неї.

10. SENSORS – датчики.

11. ACTUATORS – виконавчі механізми.

12. BITBUS – інтерфейс, спеціально розроблений і оптимізований для зв'язку програмованих контролерів, керуючих комп'ютерів.

13. Profibus DP - Profibus (Decentralized Peripherals) – профіль протоколів суднової мережі Profibus. Дана мережа потрібна для високошвидкісної передачі даних між пристроями. У даній мережі центральні контролери (програмовані логічні контролери та PC) пов'язані з їх розподіленими польовими пристроями через високошвидкісний послідовний зв'язок.

14. WorldFIP (World Factory Instrumentation Protocol) – протокол організований за допомогою централізованого-децентралізованого доступу до шини та для передачі даних використовує режим відправки broadcast-пакетів. Контроль передачі здійснюється центральним вузлом мережі арбітром.

15. FAIS – стандарт зберігання даних.

16. INTERBUS-S – промислова шина. Фізичний рівень Interbus заснований на стандарті RS-485. Мережа Interbus може працювати з пристроями як аналогового, так і цифрового введення виведення.

17. CANbus (Controller Area Network) – мережа промислового призначення для застосування в розподілених системах управління, що працюють в режимі реального часу зі швидкістю передачі до 2 Мбіт/с.

18. ASI (Actuator Sensor Interface – промислова мережа, призначена для передачі переважно дискретних сигналів.

Структура "шина" В будь-якій шинній структурі всі пристрої приєднані до загального середовища передачі даних, або шини. На відміну від "кільця" адресат отримує свій інформаційний пакет без посередників. Процес підключення додаткових вузлів до шини не вимагає апаратних доопрацювань з боку вже працюючих вузлів мережі, як це має місце в разі топології "зірка". Проте шинна топологія вимагає жорсткої регламентації доступу до середовища передачі. Існує два методи регулювання такого доступу. Мною застосовується "плаваючий майстер" (децентралізований контроль шини): завдяки власному інтелекту кожен пристрій само визначає регламент доступу до шини.

Передача даних. Основними гідностями промислових мереж є недорогі лінії і надійність передачі даних. Дані передаються послідовно біт за бітом, як правило, по одинці фізичному каналу (одному провідникові). Такий режим передачі не лише економить кабельне устаткування, але і дозволяє вирішувати завдання по надійній передачі даних на великі відстані. Час передачі, проте, збільшується пропорційно довжині бітового рядка. Інтерфейс Rs-232c – цей широко використовуваний стандартний інтерфейс забезпечує роботу стандартного устаткування передачі даних між модемами, терміналами і комп'ютерами. Електрична система заснована на імпульсах 12В, що кодують послідовності "0" і "1". Механічно цей стандарт визначає 9- і 25-контактні роз'єми. Основні сигнали передаються по лініях "передача/прийм" даних. Швидкість передачі вибирається з діапазону від 50 до 38400 бод., останні сигнальні лінії передають статусну інформацію комутованих пристроїв. Інтерфейс Rs-485 – цей тип інтерфейсу відповідає специфікації симетричної передачі даних, описаної в американському стандарті IEC Rs-485. Цей інтерфейс придатний для високошвидкісної передачі даних. Максимальна довжина варіюється від 1,2 км. на швидкості до 90 кбод і до 200 м-коду – на швидкості до 500 кбод. Поняття "field" визначає область, пов'язану безпосередньо з виробничою зоною, де працюють контроллери, датчики (тиск, температури, рівня і так далі) і виконавчі механізми (клапани, реле і так далі). Завдання "fieldbus" (або польової

шини, або промислової мережі) полягає в організації фізичного і логічного зв'язку датчиків з системним інтелектом, роль якого виконують PLC або промислові комп'ютери так, щоб інформація з цього рівня була доступна загально судновий інформаційній системі.

Промислові мережі повинні повністю задовольняти запитам споживачів після модульності, надійності, захисту від зовнішніх перешкод, простоти в побудові, монтажу і програмування логіки роботи.

Протокол CAN описує 1-й і 2-ой рівень осі-моделі. По своїх характеристиках він задовольняє вимогам завдань реального часу. Реалізований механізм передачі даних дозволяє виявляти і виправляти помилки з хеммінговим відстанню 6, тобто 2 помилкових біта виправляються і 5 помилкових бітів виявляються. Системи на основі CANbus досить легкий конфігуруються і володіють засобами централізованої діагностики.

CANbus – це послідовна шина, механізм роботи якої описується моделлю децентралізованого контролю за доступом до шини, так званою моделлю CSMA/CM. Ця модель є модернізованим варіантом моделі CSMA/CD. Відмінність полягає в механізмі дозволу колізій. У CANbus кожен блок даних містить додатковий 11-бітовий ідентифікатор, який є, по суті, пріоритетом даного повідомлення. Призначення пріоритетів може відбуватися таким чином: один – для параметра швидкості, інший – для частоти обертання колінчастого валу двигуна і тому подібне. Кожен вузол-приймач в мережі CANbus сам вибирає призначені для нього повідомлення. Можливі колізії, пов'язані з одночасним запитом шини, вирішуються на основі пріоритетності повідомлень; право на роботу з шиною отримує той вузол, який передає повідомлення з найвищим пріоритетом. У кожному повідомленні може бути передано від 0 до 8 біт даних. Великі блоки можна передавати за рахунок використання принципу сегментації. Загальна схема роботи мережі представлена на рисунку 4.2

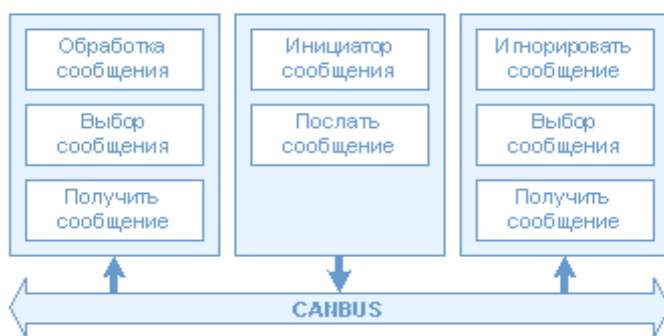


Рисунок 4.2 – Загальна схема роботи мережі CANbus

4.2 Система управління суднової енергетичної установки K-Chief 500

K-Chief 500 надає економічно ефективні рішення, які можуть бути пристосовані до індивідуальних вимог. Система морської комплексної автоматизації K-Chief 500 призначена для задоволення складних вимог верфей та судновласників. Вона налаштовується від 16 до 20 000 каналів. Модульна конструкція дозволяє конфігурувати систему з індивідуальними вимогами, які охоплюють весь діапазон від систем сигналізації низької складності до високо інтегрованих сигналізації та систем моніторингу з контролем процесів та управлінням енергоспоживанням (Power Management System).

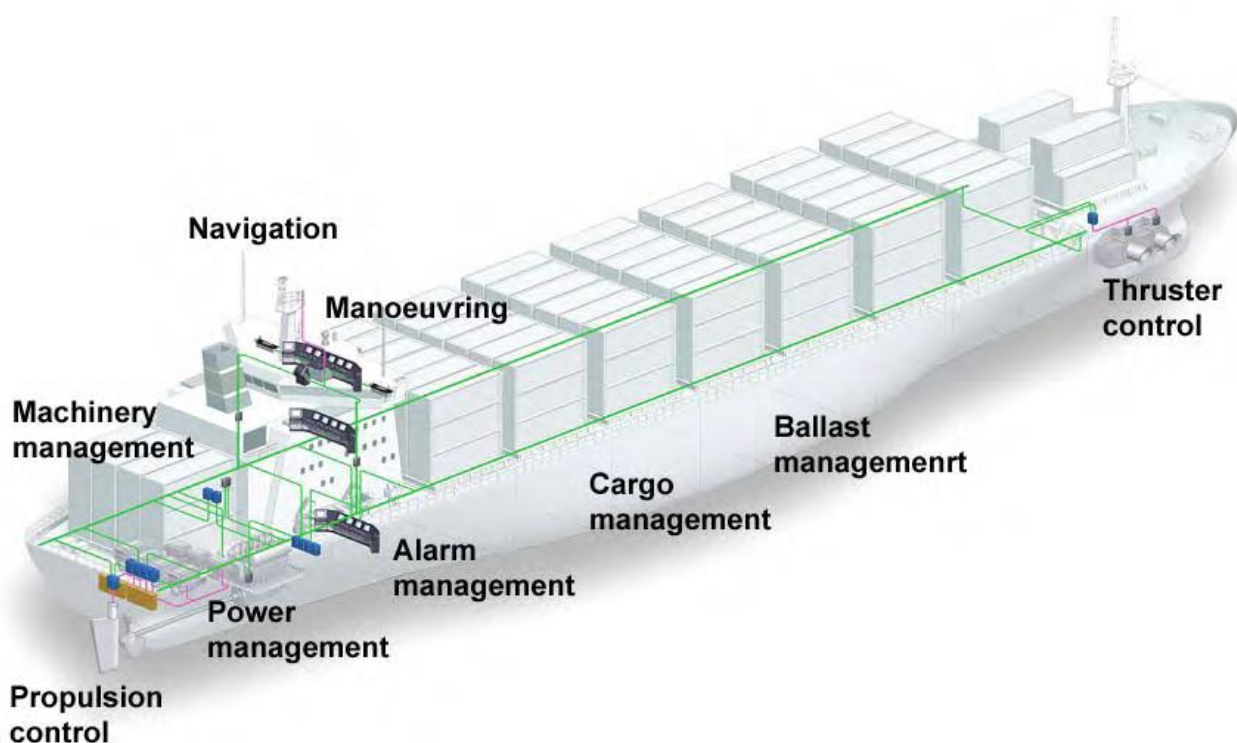


Рисунок 4.3 – Склад автоматизації системи

K-Chief 500 – це автономна система, яка охоплює всі важливі функції на борту судна, а саме:

- сигналізації та системи моніторингу;
- управління допоміжними механізмами;
- управління енергетичним комплексом;
- управління пропульсивною установкою;
- автоматизації баластних операцій;
- автоматизації та управління вантажними операціями;
- HVAC (кондиціювання повітря);
- моніторингу рефрижераторних контейнерів;
- пожежної системи;

Ця система відповідає вимогам ІМО, місцевих морських влад, IACS та класифікаційних товариств. Вона задовольняє вимогам класифікаційних товариств щодо роботи машинного відділення з періодичним обслуговуванням. Система відповідає всім нормам та правилам. Окрім того, всі модулі офіційно затвердженого типу.

Система заснована на єдиній концепції автоматизації, де конфігурація кожного судна побудована з використанням мережі стандартних модулів передачі даних CAN і місцевих мереж (LAN).

Інтерфейс оператора K-Chief 500 складається зі стандартних моніторів та спеціалізованих панелей оператора, однієї стандартної і однієї (або більше) додаткової. Стандартна панель містить трекбол, цифрову клавіатуру, кнопки для сигнальної обробки та передачі команд.

Всі дані, що відображаються на будь-якій Диспетчерській Станції (Operator Station), завжди найсвіжіші, до того ж трафік даних на шині обробки та в локальній мережі зведено до мінімуму, що дозволяє дуже швидкий доступ до даних. Будь-яка тривога або подія виводяться з фіксованим часом з роздільною здатністю 10 мс.

Користувач може імітувати процес, що містить легко читаємо інформацію про двигун та навколишнє обладнання. Управління різними процесами установок

та механізмів здійснюється безпосередньо з будь-якої Диспетчерської Станції. Повний контроль та сигналізація об'єктів забезпечені як в машинному відділенні, так і на постах управління.

Розподілені Одиниці Обробки (The Distributed Processing Units, DPU) призначені для стійкості проти одиничних відмов. Кожен DPU має внутрішню гальванічну ізоляцію з трьома шляхами між силовим, комунікаційним та вхідним/вихідним каналами. Якщо вийде з ладу якась одиниця, то це ніяким чином не вплине на джерело живлення, шину зв'язку і не пошкодить датчики. Вбудована система тестування (BIST) виявить помилки та попередить оператора. Вона також виявить несправність шини обробки, кабелів або підключених датчиків.

Розподілена система K-Chief 500 базується на основі програмного забезпечення DataChief C20. Архітектура системи (рисунок 4.2) заснована на Диспетчерських Станціях та модулях вводу/виводу, що поєднані локальною мережею даних.

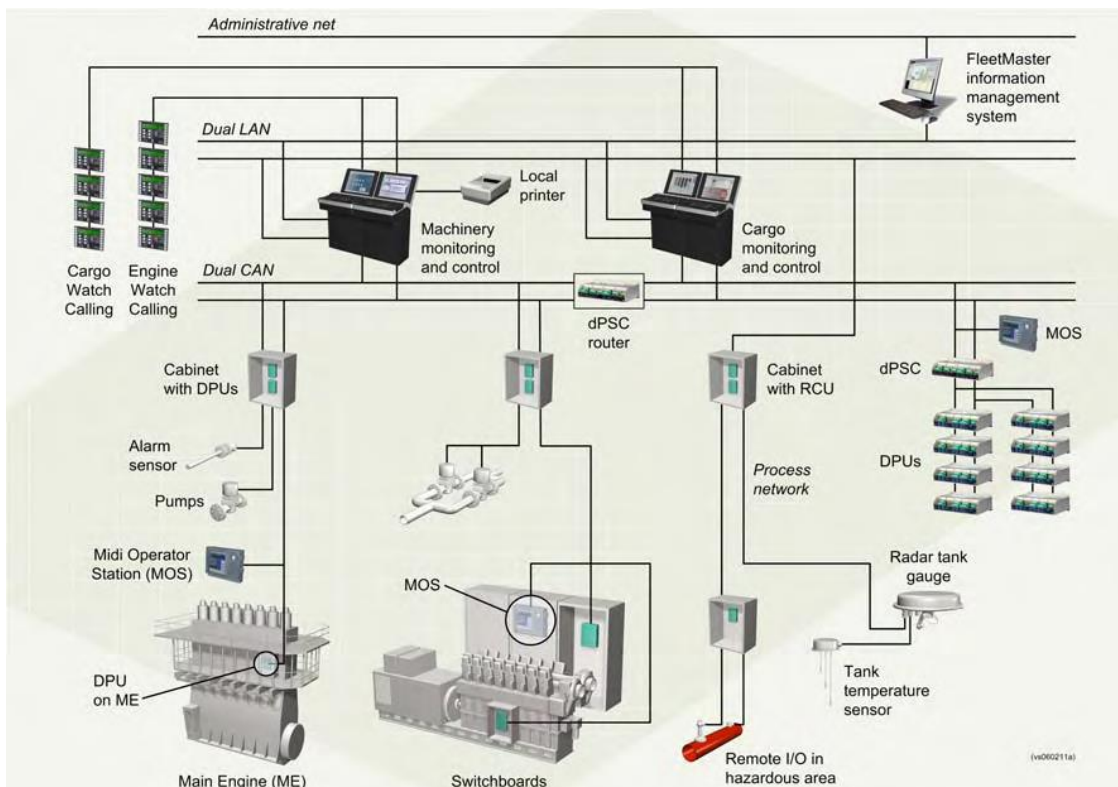


Рисунок 4.4 – Архітектура системи

K-Chief 500 повністю побудована на мікропроцесорній техніці. Вона є децентралізованою в цілях забезпечення безпеки та зручності установки, проте

робота системи є централізованою, що забезпечується використанням Диспетчерських Станцій.

Кожен модуль вводу/виводу має особливу роль і налаштований відповідно до експлуатаційних вимог області конкретного процесу. Завдяки цій гнучкій архітектурі система K-Chef 500 може підключити згодом більше модулів введення/виводу до мережі. Це робиться для контролю процесів додаткових областей, або щоб розширити функціональність.

Серцем системи є сімейство інтелектуальних Розподілених Одиниць Обробки (DPU). Вони обмінюються даними між собою по надлишковій шині обробки високої ємності. Моніторинг та функції автоматизації виконуються DPU, тоді як централізовані Диспетчерські Станції забезпечують людино-машинний інтерфейс (human machine interface, HMI).

Кожна DPU має конкретні можливості за кількістю та типу аналогових або цифрових входних та вихідних (I/O) каналів. Для конфігурації завдання для конкретної одиниці DPU параметри завантажуються в саму одиницю. Це дозволяє їй виконувати функції сигналізації, функції управління, безпеки або будь-яку їх комбінацію, та полегшує відокремлення функцій системи.

Система входів/виходів використовується для налаштування та управління входними та вихідними пристроями. Сигнали введення/виводу до та від обладнання передаються між Диспетчерськими Станціями та пристроями за допомогою використання послідовних ліній, Контрольної Обчислювальної Мережі (Control Area Network, CAN) та Локальної Обчислювальної Мережі (Local Area Network, LAN).

Система K-Chief 500 функціонує на основі цілого ряду Диспетчерських Станцій. Вони, як правило, розташовані в Центральному Пості Управління (Engine Control Room). Додаткові пости можуть бути розміщені в рульовій рубці, приміщенні управління вантажними операціями, судовому офісі або в інших частинах судна. OS, як правило, з'єднані з Розподіленими Одиницями Обробки через подвійну надлишкову Контрольну Обчислювальну Мережу.

Всі Диспетчерські Станції – це персональні комп'ютери, що використовують

Windows. Всі вони працюють в паралелі; жоден не виступає в якості головного. Вони всі з'єднані через подвійну надлишкову локальну обчислювальну мережу LAN. Хоча кожна OS однакова, доступ до життєво важливих функцій може бути налаштований по різному. Наявність контролю визначається широким використанням доступу до програмного забезпечення через пароль. Деякі OS, такі, як одиниці розміщені в судовому офісі, як правило, використовуються тільки для моніторингу. Ці одиниці не дозволяють підтвердження тривоги або виконання команд управління. Для огляду доступні лише всі загальні відомості, такі, як моніторинг тривог, графіки та інше.

Зміна обмеження чи параметру однієї OS буде автоматично оновлювати всі інші пости. Як варіант, всі дії оператора, як, наприклад пуск або стоп насосу, або зміна уставки сигналізації, відзначається їх час.

Всякий раз, коли є значні зміни (постійні або змінні), відповідні DPU оновлюють базу даних в кожній OS. Це означає, що дані, які відображаються на будь-якій OS, завжди є найсвіжішими. Немає потреби робити запити даних щоразу, коли оператор забажає перевірити змінну величину. В результаті цього, трафік даних шини обробки та локальної обчислювальної мережі зведено до мінімуму, що надає дуже швидкий доступ до даних.

Локальна Обчислювальна Мережа, що є частиною системи K-Chief 500, може взаємодіяти з персональними комп'ютерами для дистанційного контролю і навіть з іншими зовнішніми комп'ютерними системами.

Система Виклику Вахти – це розширена судова система сигналізації. Система слідує за сигналізацією вантажу та машинного відділення. Завдяки цій системі можна залишати машинне відділення за умови нормальної роботи без обслуговування. Спеціалізовані панелі сигналізації, що можуть бути розташовані в різних місцях по всьому судну, відображають сигнали та інформацію про тривоги. Система Виклику Вахти (рисунок 4.3) складається з ряду окремих настінних панелей виклику вахти. Вони встановлені в певних місцях на судні. Ці панелі видають сигнал вахтовому і черговому персоналу.

Розширена система тривог відповідає вимогам класифікаційних товариств

щодо роботи безвахтового машинного відділення:

- вибір та індикація вахтового механіка;
- індикація групи тривоги;
- дисплей для детальної інформації щодо тривоги;
- повторювач сигналізації;
- вбудована функція виклику механіка;
- пожежна сигналізація.

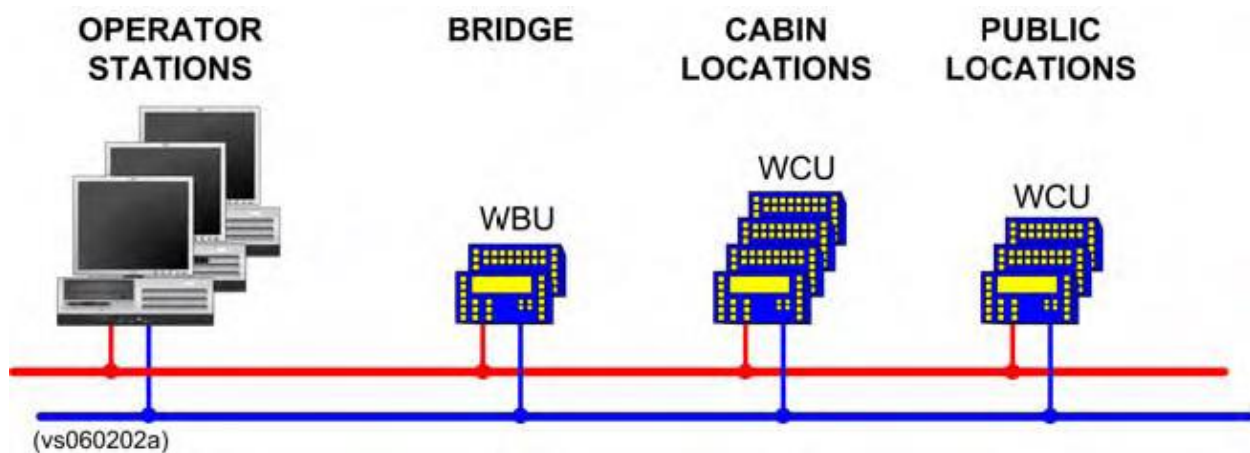


Рисунок 4.5 – Структура системи Виклику Вахти

Ця система контролює сигналізації в ЦПУ. Ці обов'язки покладаються на графічний інтерфейс користувача на OS у відповідному зв'язаному місцеположенні. Система може містити до 28 панелей Виклику Вахти, пов'язаних шиною CAN. Панелі контролюються Диспетчерською Станцією.

Система K-Chief 500 функціонує на основі цілого ряду Диспетчерських Станцій по судну. Сигнали введення/виводу до та від обладнання передаються між OS та пристроями за допомогою використання послідовних ліній, CAN та LAN.

LAN використовується для зв'язку між OS та іншим обладнанням на основі персонального комп'ютера (PC), в той час як CAN зв'язує між собою DPU.

LAN є відкритою мережею, яка використовує міжнародні стандартні протоколи (Ethernet, TCP/IP), що дозволяє підключення та обмін даними з іншими комп'ютерними системами з використанням програм стандартного інтерфейсу.

CAN – високонадійна шина обробки, що використовується в системі K-Chief 500 для зв'язку між Диспетчерськими Станціями та Розподіленими Одиницями Обробки. Система Шлюзів може бути додана до мережі для забезпечення поділу

системи автоматизації де це необхідно, наприклад між різними секціями системи сигналізації та моніторингу. Система Шлюзів також утворюють самостійні сегменти локальних систем, що є частинами цілісної інтегрованої системи. Такими локальними системами можуть бути управління клапанами, управління насосами, керування силовою установкою, контроль пропульсивної установки і т.д. Система Шлюзів не знижує продуктивність системи або обмежує можливості для розташування OS.

Тип послідовного зв'язку, що використовується в системі, залежить від застосування, проте зазвичай використовують стандарти RS-422 та RS-485 з великою кількістю різних протоколів.

Системі K-Chief 500 необхідно 230 V змінного струму для живлення Диспетчерських Станцій та 24 V постійного струму для живлення Розподілених Одиниць Обробки.

Джерело Безперервного Живлення (UPS) використовується для захисту OS та DPU від проблем, пов'язаних із корисною потужністю, низькою якістю, або повною втратою живлення. UPS зберігає електричну енергію в батареях, розміщених в блоках. Це дозволяє UPS постачати вихідну потужність, зберігаючи напругу постійною, і якщо треба ізолювати вихідну до критичного навантаження. Ці дії допомагають утримувати енергетичні лінії від досягнення ними критичних величин, де вони можуть пошкодити як технічні засоби, так і програмне забезпечення, викликаючи безладну роботу устаткування.

В разі, коли основне живлення відрізане, енергія, яка зберігається в UPS, продовжує живлення. UPS із 30-хвилинним резервом зазвичай достатньо для нормальної роботи системи, аж до поки не відновиться основне живлення. Це – вимога класифікаційних товариств.

K-Chief 500 – модульна система, яка дозволяє відповідати індивідуальним вимогам судна, використовуючи стандартні модулі. Різний вибір цих одиниць використовується для налаштування кожної окремої системи. Основні конструктивні блоки K-Chief 500:

- Диспетчерські Станції (OS) – використовуються для отримання тривоги та

забезпечує моніторинг та контроль усієї системи. Вони можуть відображати діаграми процесів, дозволяють управляти Системою Виклику Вахти та друкувати різні записи з журналу. Вони також дозволяють доступ оператора до DPU для інспекції контрольних величин, дистанційне регулювання параметрів роботи устаткування та інше.

- Пости Оператора Midi (MOS) – використовуються для місцевого доступу оператора до DPU для інспекції контрольних величин, місцевого регулювання параметрів устаткування та інше.

- Панелі Оператора – використовуються як панелі статусу та команд Постів Оператора.

- Панелі Виклику Вахти – використовується для індикації тривоги машинного відділення на містку, каюті вахтового механіка та в суспільних приміщеннях поки йде управління з моста, а також дозволяє передавати відповідальність машинної вахти до та від Моста

- Розподілені Одиниці Обробки (DPU) – використовуються для відстеження аналогових та цифрових датчиків та для забезпечення аналогового та цифрового сигналу для різних пристроїв. Доступний ряд різних DPU для відповідності специфічному управлінню та контролюючим додаткам.

Система сигналізації та моніторингу – основна функціональна можливість морської системи автоматизації K-Chief 500. Основною метою її є надання судновим офіцерам всіх основних тривог та інформацію про стан, яку вони вимагають для підтримання безпечної та ефективної експлуатації машинних механізмів та іншого супутнього обладнання.

Деякі з сигналів є умовними та блокуються, коли присутня зазначена умова. Наприклад, коли зупиняється головний двигун, тиск змащувального масла падає, що нормально повинно викликати сигнал тривоги. Оскільки це звичне явище, ця сигналізація блокується. Ця функція запускається шляхом визначення сигналу як сигналу заборони для вказаної тривоги або групи тривог.

Доступні опції. Ця система може поставлятися тільки як система сигналізації та моніторингу, або може бути розширена і включати систему керування

живленням, систему управління та цілий ряд інших функцій, таких як автоматична баластна система, система кондиціонування, система моніторингу рефрижераторів та пожежна система.

Система контролю допоміжних механізмів – невід’ємна частина системи K-Chief 500. З її допомогою можна контролювати велику кількість процесів.

Управління виконується використанням DPU. Взаємодія з оператором виконується через інтерактивні кольорові зображення на OS, або місцево від MOS.

Отримання та накоплення всіх даних, створення умов для тривоги та управління виробничим процесом виконується окремою Розподіленою Одиницею Обробки. Це рішення гарантує, робота буде виконуватись навіть при виходу за ладу Диспетчерських Станцій.

Області застосування:

- система змащення;
- система охолодження морською водою;
- система охолодження прісною водою;
- контроль питної та прісної води;
- контроль стислого повітря;
- паливна система;
- системи охолодження;
- парова система;
- очисна установка;
- кондиціонування повітря (HVAC).

Оброблені дані системи контролю допоміжних механізмів представлені як кольорова графічна інформація на Диспетчерських Станціях.

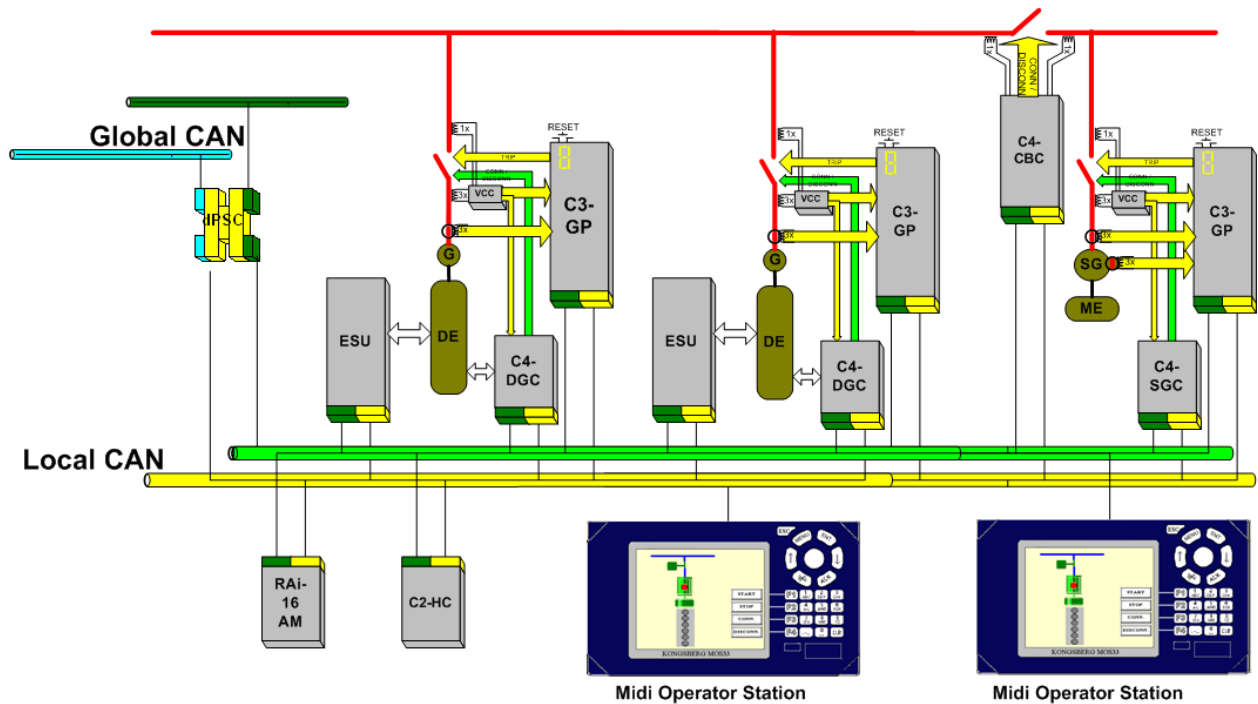


Рисунок 4.6 – Типова конфігурація PMS із захистом генераторів

Основна система складається з однієї Розподіленої Одиниці Обробки на свій підключений генераторний агрегат. Кожна виконує функції керування живленням підключеного генератора. Система підходить для електричних генераторів з приводом дизельного двигуна, парової турбіни або гребного валу. DPU мають різні конфігурації, в залежності від типу приводу. DPU підключені до Диспетчерських Станцій, які дозволяють оператору виконувати ті ж самі функції управління, які можуть бути виконані на місцевому рівні.

Доступні наступні функції:

- моніторинг та управління ДГ
- автоматичний контроль робочих режимів для РЩ;
- автоматичний старт та підключення при знеструмленні;
- підключення автоматичного вимикача та синхронізація;
- безпечний пуск та зупинка дизельного двигуна;
- контроль напруги та частоти мережі;
- розподіл активної та реактивної потужності;
- автоматичне включення резерву;
- відключення не відповідальних споживачів;

- забезпечення пуску споживачів великої потужності;
- функції захисту генератора;

Функція заміни. Будь-яка сигналізація для установок генератора може бути налаштована містити функцію заміни. Коли виходить якийсь сигнал, дизель, що знаходиться в резерві пускається й підключається на шини. Пошкоджений генератор після цього розвантажується та відключається. Після зупинки генератора, дизель може продовжувати працювати, охолоджуватися або безпосередньо зупинитися в залежності від конфігурації.

Автоматичний пуск та підключення після знеструмлення. Коли виникає знеструмлення ГРЩ, запуститься та підключиться на шини перший генератор, що знаходиться в резерві. Якщо пуск або підключення зазнає невдачі, наступний в черзі резервний генератор повторює дії першого. Можна налаштувати систему пускати більше аніж один генератор при знеструмленні.

Пуск та зупинка резервного генератора в залежності від навантаження. Якщо на підключеному до шин генераторі дуже велике навантаження, запускається та підключається на шини ГРЩ перший в черзі резервний генератор. Якщо навантаження понизиться достатньо, щоб дозволити відключити генератор без перенавантаження генераторів, що залишилися, то відключається генератор з найменшими годинами роботи.

Контроль пуску споживачів великої потужності. Коли приходить запит на пуск потужного споживача, PMS перевіряє наявну потужність електростанції.

– Якщо є достатньо потужності та підключено потрібна кількість генераторів, PMS видає «дозвіл пуску» споживачу.

– Якщо потужності електростанції недостатньо, резервний генератор автоматично запуститься та підключиться на шини. При достатній потужності система дозволяє пуск.

– Коли більш ніж один потужний споживач посилає запит на пуск, система в один час дозволяє пуск лише одного. PMS запам'ятовує всі запити та видає дозвіл в послідовності.

Управління дизель генератором (рисунок 4.5). DPU, C4-DGC, управляє

дизель-генератором. Він контролює послідовність пуску та зупинок дизель-генератора, а також автоматичну синхронізацію. Частота ДГ контролюється збільшенням або зменшенням команд до контролера швидкості ДГ.

Коли ДГ підключився на шини ГРЩ, він контролює частоту та активне навантаження згідно підрахованої уставки розподілу навантаження. Він може отримувати вже підраховане навантаження по зворотному зв'язку від блоку СЗ-ГР, або через вимірювання струму та напруги генератора.

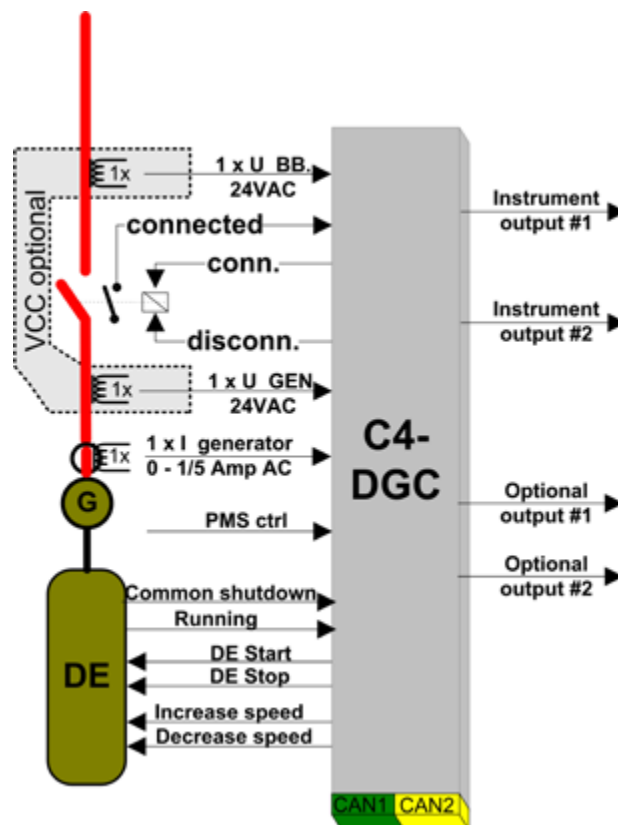


Рисунок 4.7 – Блок управління дизель-генератором

Захист генератора (рисунок 4.8). DPU,СЗ-ГР, забезпечує відключення автомата генератора при будь-якому пошкодженні генератора або розподільного щиту.

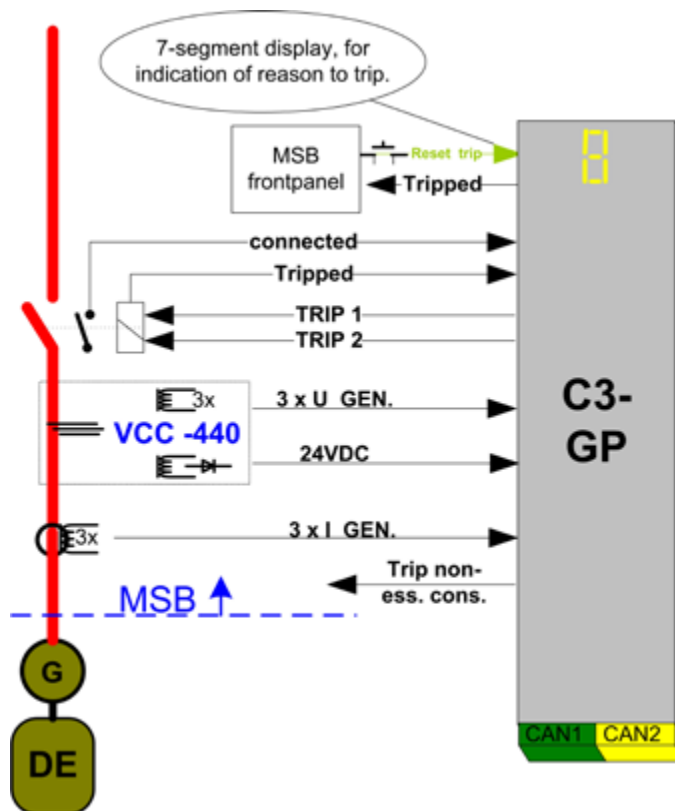


Рисунок 4.8 – Блок захисту генератора

Так як C3-GP має інтерфейс до трифазної змінної напруги, виконуються всі підрахунки генераторного навантаження, такі як $\cos\phi$, повна, активна та реактивна потужність. Всі ці параметри можуть бути відображені на MOS або Дистанційній Диспетчерській Станції (Remote Operator Station, ROS). Частково заснований на цих параметрах автомат генератора відключається при виявленні завищеного струму (три рівні), зворотної потужності, перенавантаження (два рівні), завищеної напруги та завищеної частоти (обидва по два рівні). 7-сегментний дисплей, розміщений на модулі, повідомляє котра з фаз є причиною для відключення по КЗ.

Модуль C3-GP в доповнення забезпечує диференційний захист генератора. Зовнішній струм кожної фази генератора фіксується за допомогою цифрових датчиків. Модуль C3-GP підраховує струмову різницю між показаннями ГРЩ та генератора і відключає автомат. Після знеструмлює генератор, якщо різниця більше встановлена межа (5%).

Різниця підраховується незалежно для всіх трьох фаз.

Система контролю пропульсивної установки спроектований для середньо- та мало-обертових двигунів оснащених гвинтами фіксованого або регулюючого

кроку. Структура системи базується на Розподілених Одиницях Обробки. Вона встановлюється безпосередньо на головному двигуні.

Ця система забезпечує дистанційний контроль та роботу баластних танків, насосів та клапанів з Моста або ЦПУ. Вона забезпечує повний моніторинг, сигналізацію та контрольні засоби роботи елементів баластної системи.

4.3 Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації

Машинні телеграфи – це синхронні прилади передачі кута, що служать для двостороннього зв'язку між командними пунктами і машинними відділеннями судна. Особливостями машинного телеграфу є розвинена система сигналізації і сполучення елементів синхронного зв'язку, що працюють на одну шкалу, у єдиному приладі. На судах, як правило, встановлюють основні і резервний машинні телеграфи. Основний машинний телеграф являє собою автономну установку синхронних приладів передачі кута, що забезпечує передачу наказів з постів керування судном (рубання, місток) у машинні відділення і передачу з машинних відділень у командні пункти відповідей про прийом наказів, а також одержання в спеціальних постах як переданих наказів, так і прийнятих відповідей. На командних пунктах встановлюють датчики-приймачі, у машинні відділення. Керування машинним телеграфом можна здійснювати тільки з одного командного пункту. Для передачі наказів з командного пункту в машинні відділення досить повернути рукоятку датчика в потрібне фіксоване положення, наприклад «Середній уперед», синхронно на той же кут відхилиться і сельсин-приймач.

Одночасно із цим система, що стежить, включить звукові і світлові прилади. У машинних відділеннях, одержавши наказ, передають відповідь по телеграфі на командний пункт. Автоматичне відключення звукових і світлових приладів укаже на те, що наказ прийнятий правильно.

Суднові електричні тахометри.

Електричні тахометри, призначені для виміру частоти обертання гребних валів судна, являють собою автономну систему приладів. На судах звичайно

встановлюють індукційні системи тахометрів постійний і змінний токи. Основними елементами тахометрів постійного струму є датчики – невеликі магнітоелектричні генератори постійного струму і приймачі-показчики – вольтметри магнітоелектричної системи. Шкали вольтметрів отградувані на число обертів гребного вала у хвилину. Стрілки приймачів, названих тахометрами вольтметрового типу, відхиляються по шкалі від нуля в обидва боки – «Назад» і «Вперед».

Датчик приводиться в обертання від гребного вала за допомогою ланцюгової передачі або через зубчасту передачу. При обертанні датчика в ньому індукується ЕДС ($E = C_e n \Phi$), пропорційна частоті обертання якоря генератора. Тому що якор генератора пов'язаний із гребним валом, частота обертання якого вимірюється, те ЕДС і, отже, напруга на затискачах якоря пропорційні частоті обертання гребного вала ($C_e = \text{const}$; $\Phi = \text{const}$). Останню фіксують тахометри. Показання їх будуть правильними тільки в тому випадку, коли число включених тахометрів незмінно. При тимчасовому відключенні тахометра замість нього підключають резистор, опір якого дорівнює опору тахометра. Для кожного гребного вала, як правило, встановлюють один датчик і кілька приймачів-показчиків. Датчики звичайно розміщують у коридорах гребних валів, а приймачі з командних постів (ходове рубання ХР, запасний командний пункт ЗКП), у виконавчих постах (машинні відділення МВ) і в спеціальних постах (штурманське рубання ШР).

Види електричної сигналізації.

Електрична сигналізація на судах є невід'ємною частиною багатьох суднових систем: енергетичної установки, допоміжних механізмів, загальсуднових систем, систем судноводіння і інших. Сигналізація служить для попередження обслуговуючого персоналу про досягнення граничних значень деяких параметрів.

Важко уявити собі на судні пристрій або механізм, що не має світлової або звукової сигналізацію, будь то сепаратор або компресор, масляний насос або насос охолодження, основний або аварійний дизель-генератор, авторулевий або гірокомпас. Крім того, є самостійні незалежні схеми сигналізації, наприклад

авральна, пожежна і інші. У якості викличний, додаткової і дублюючого зв'язку електрична сигналізація входить у телефонні, телеграфні і інші установки.

Різновиду суднової електричної сигналізації, компонування і розташування залежно від типу судна визначаються Правилами класифікації і будівлі морських суден Регістра.

Живлення використання і технічного обслуговування систем суднової електричної сигналізації регламентуються Правилами технічної експлуатації суднових технічних засобів. При великій розмаїтості видів суднової електричної сигналізації можна виділити наступні системи сигналізації.

Авральна сигналізація. Обладнається на судах, на яких оголошення авралу голосом або гучномовцем не може бути чутно одночасно у всіх місцях, де можуть перебувати люди. За допомогою авральної сигналізації повинна бути забезпечена гарна чутність сигналів у всіх місцях, де можуть перебувати люди; звукові прилади повинні встановлюватися в наступних місцях: у машинних приміщеннях; у суспільних приміщеннях, якщо їхня площа перевищує 150м^2 ; у коридорах житлових, службових і суспільних приміщень; на відкритих палубах, у виробничих приміщеннях.

Пожежна сигналізація. Установлюється на пасажирських судах валовою місткістю 100 рег. т і більше; на судах спеціального призначення й промислових; на судах, знаком F, до яких пред'являються підвищені вимоги пожаростійкості палуб, перебирань, шахт, машинно-котельного відділення і інших.

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

Автоматичні сповіщувачі встановлюються у всіх житлових і службових приміщеннях; у коморах 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.

Ручні сповіщувачі встановлюються в коридорах житлових, службових і суспільних приміщень; у вестибюлях; у машинно-котельних відділеннях; у суспільних приміщеннях площею більше 150 м^2 у виробничих приміщеннях; на відкритих палубах, районі розташування вантажних люків.

У системі пожежної сигналізації повинне бути передбачене два види живлення: від суднової мережі й резервне – від акумуляторних батарей.

Система пожежної сигналізації повинна постійно перебувати в дії. Вивід з дії системи (частково або повністю) для усунення несправностей або виконання технічного обслуговування (ТЕ) допускається з дозволу капітана й з попереднім повідомленням вахтового помічника. Один раз на місяць повинні бути піддані перевірки за одному сповіщувачу в кожному промені.

Попереджувальна сигналізація об'ємного пожежогасіння. Обладнається в машинно-котельних відділеннях, трюмах із сухими вантажами, у яких в умовах нормальної експлуатації перебувають або можуть перебувати люди. За допомогою звукового й світлового сигналів виробничий персонал попереджається про пуск у дію системи об'ємного пожежогасіння, ці сигнали подаються автоматично при ручному й дистанційному пуску системи.

Попереджувальна сигналізація об'ємного пожежогасіння харчується від тієї ж акумуляторної батареї, що і пожежна сигналізація. Система повинна постійно перебувати в дії й перевірятися з ведення вахтового помічника капітана.

Аварійно-попереджувальна сигналізація (АПС). Обладнається практично на всіх самохідних судах і призначена для сигналізації стану енергетичної установки, роботи допоміжних механізмів і komponується залежно від типу судна, енергетичної установки, рівня автоматизації і т.д. На автоматизованих судах застосовують узагальнену аварійно-попереджувальну сигналізацію (УАПС), що подає сигнали не тільки в машинному відділенні й у ЦПУ, але і на зовнішніх об'єктах у кермовому рубанні, каюті механіків і інші.

Аварійно-попереджувальна сигналізація перевіряється перед кожним виходом судна в рейс, перед заступленням на вахту й періодично протягом вахти.

Сигналізація про наявність води в л'ялах і стічних колодязях трюмів. Обладнається на різних судах і в обов'язковому порядку на електродах для сигналізації рівня води в колодязях під гребними електродвигунами. Сигналізація повинна постійно перебувати в дії, і перевірка її справності виробляється персоналом вахтової служби не рідше одного разу за вахту, а старшим електромеханіком – щодня.

Сигналізація закриття водонепроникних дверей. Встановлюється на тих судах, на яких Регістром передбачений розподіл приміщень судна на водонепроникні відсіки і є водонепроникні двері. Сигналізація повинна перевірятися одночасно з перевіркою дверей під керівництвом старшого механіка не рідше одного разу в тиждень, а також перед кожним виходом у рейс.

Побутова сигналізація (каютна, медична). Установлюється на тих судах, де вона необхідна, частіше на пасажирські.

Дія побутової сигналізації перевіряється не рідше одного разу на місяць.

Прилади суднової електричної сигналізації по виду можна розділити на три групи: акустичні, оптичні (світлові й візуальні), комбіновані.

Група акустичних приладів складається із дзвінків, ревунів, тріскачок, сирен і їхніх комбінацій. Застосування різних по характері, тембру і силі звуку приладів забезпечує розпізнавання акустичних сигналів і визначення їхнього призначення.

Акустичні прилади, установлені в судових приміщеннях з більшим рівнем шумів, мають дублюючі оптичні сигнали (електролампи), основне призначення яких складається про залучення уваги виробничого персоналу до акустичних сигналів.

Група приладів оптичної сигналізації складається з номерників і сигнальних ламп, а також переривників світлової сигналізації, призначених для подачі миготливих сигналів. З мініатюрних сигнальних лама, наприклад СГ24, компонуються світлові табло мнемосхем аварійно-попереджувальної сигналізації й інші.

Включення і відключення кола живлення приладів електричної сигналізації виконуються замикачами. Всі замикачі, застосовувані на судах, механічної дії і

відрізняються один від іншого тільки кількістю і розмірами контактів. Кожна пара контактів замикача має зовнішню педаль. Застосовуються два типи замикачів – З.М і З.МР. Замикачі типу З.МР мають більші контакти і конструкцію, виконану у вигляді рубильника. Крім того, функції замикачів ланцюгів живлення електричної сигналізації виконують вихідні реле різних сигналізаторів, датчики, кінцеві вимикачі і інші.

Прилади сигналізації по роду електроживлення діляться на прилади постійного і змінного однофазного струму. Конструкція і виконання приладів суднової електричної сигналізації відповідають специфічним судновим умовам. Всі прилади виготовляють із металевих (звичайно силумінових) корпусів і офарблюють фарбою, стійкою до впливу морської води.

4.4 ГМЗЛБ і навігація (технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв, та радіозв'язку)

Морські райони плавання.

Так як різні системи зв'язку, що входять до складу ГМЗЛБ мають свої обмеження, пов'язані із зоною дії і видами послуг, що надаються, вимоги до складу суднового радіообладнання визначається в залежності від районів плавання судна, які характеризуються наступним чином:

Морський район А1 – район в межах зони дії принаймні однієї берегової УКВ радіостанції, що забезпечує безперервне спостереження на 70-му каналі з використанням ЦВВ і можливість радіотелефонного обміну на 16-му каналі УКХ (приблизно 30 морських миль від берегової радіостанції).

Морський район А2 – район, за винятком морського А1, в межах зони дії принаймні однієї берегової ПВ радіостанції, що забезпечує безперервне спостереження на частоті 2187,5 кГц з використанням ЦВВ і можливість радіотелефонного обміну на частоті 2182 кГц (приблизно 150 морських миль від берегової радіостанції).

Морський район А3 – район, за винятком морських районів А1 і А2, в межах зони дії геостаціонарних супутників ИНМАРСАТ (приблизно між 70 N і 70 S).

Морський район А4 – район, що знаходиться за межами морських районів А1, А2 і А3.

Морські райони повинні бути нанесені на навігаційні карти.

У ГМЗЛБ необхідно враховувати морський район, в якому в даний момент знаходиться судно, при подачі виклику лиха, а також при прийомі викликів лиха від інших судів.

Кожне судно повинно бути обладнане радіоапаратурою відповідно до району плавання, а не з якого-небудь іншого критерію (водотоннажність, призначення і т.п.).

У всіх районах ГМЗЛБ повинна бути забезпечена постійна можливість аварійного оповіщення. Для цих цілей ІМО розроблені мінімальні вимоги до складу радіообладнання в залежності від району плавання і його розміщення, а також експлуатаційні вимоги до цього устаткування.

ЦВВ – цифровий виборчий виклик, РЛМВ – радіолокаційний маяк-відповідач, АРБ – аварійний радіобуй, РГВ – розширений груповий виклик, ІБМ – інформація з безпеки мореплавання, ВБПЧ – вузькосмугове буквопечатання.

Примітка:

– обов'язковий до 1.02.1999 р.;

– обов'язковий, якщо район плавання не обслуговується НАВТЕКС.

Кожне судно незалежно від району плавання повинне бути оснащено УКХ-радіоустановкою, здатної передавати і приймати:

– в режимі ЦВВ на частоті 156,525 МГц (канал 70);

– по радіотелефону на частотах 156,3 МГц (канал 6), 156,65 МГц (канал 13) і 156,8 МГц (канал 16);

– нести вахту в режимі ЦВВ на каналі 70.

– радіолокаційним маяком-відповідачем, які працюють в діапазоні 9 ГГц.

– приймачем НАВТЕКС. Якщо район плавання не обслуговується НАВТЕКС, то судно має бути оснащено приймачем РГВ або приймачем ІБМ на КВ.

– аварійним радіобуя АРБ.

– портативними аварійними УКХ радіостанціями.

До 1 лютого 1999 року в судні повинен бути встановлений вахтовий приймач на частоті 2182 кГц і пристрій подачі сигналу тривоги на цій же частоті.

Для суден, що перебувають виключно в районі А1, замість АРБ системи КОСПАС-САРСАТ може бути застосований УКХ радіобуй, що працює на 70-му каналі УКХ. Решта радіоустаткування – те саме, що входить до переліку мінімального складу радіообладнання для всіх районів.

Для судів районів А1 і А2 до обов'язкового переліку додається ПВ радіоустановка, здатна:

- надсилати й отримувати з метою лиха і безпеки: на частоті 2187,5 кГц в режимі ЦВВ, на частоті 2182 кГц в режимі радіотелефону;
- нести вахту на частоті 2187,5 кГц в режимі ЦВВ;
- надсилати й отримувати загальну кореспонденцію по радіотелефону або УБПЧ в ПВ діапазоні.

Для судів районів А1, А2 і А3 до обов'язкового переліку додається наступне радіоустаткування:

- ПВ радіоустановка з перерахованими вище вимогами;
- судова земна супутникова станція ІНМАРСАТ.

Якщо судно не обладнане станцією ІНМАРСАТ, то замість воно обладнується ПВ/КВ радіоустановкою, яка повинна:

- надсилати й отримувати з метою лиха і безпеки на частотах лиха і безпеки в ПВ і КВ діапазонах: в режимі ЦВВ, по радіотелефону, в режимі ВБПЧ;
- нести вахту на частотах 2187,5 кГц, 8414,5 кГц і, принаймні, на ще одній частоті лиха і безпеки під діапазоном 4, 6, 12 або 16 МГц в режимі ЦВВ;
- надсилати й отримувати загальну кореспонденцію по радіотелефону або УБПЧ в ПВ і КВ діапазонах.

До 1 лютого 1999 року в усіх судах повинна бути встановлена вахта в режимі радіотелефону на 16-му каналі УКХ і на частоті 2182 кГц.

Вимоги до джерел живлення

На кожному судні повинен бути передбачений резервний джерело енергії для харчування радіоустановок, що забезпечують зв'язок сигнал лиха в разі виходу з ладу головного і аварійного джерел енергії.

Ємність резервного джерела повинна бути достатньою для одночасної роботи УКХ радіоустановки і, в залежності від морського району, для якого обладнано судно, або ПВ радіоустановки, або ПВ/КВ радіоустановки, або судновий земної станції ІНМАРСАТ, а також будь-який з додаткових навантажень, підключених до резервного джерела живлення, протягом принаймні:

- однієї години на судах, побудованих 1 лютого 1995 року або після цієї дати;
- однієї години на судах, побудованих до 1 лютого 1995 року, якщо аварійне джерело енергії повністю відповідає всім відповідним вимогам частини ХІ «Електричне обладнання» Правил класифікації та побудови морських суден, включаючи вимоги до харчування радіоустановок;
- шести годин на судах, побудованих до 1 лютого 1995 року, якщо аварійне джерело електричної енергії не передбачено або повністю не відповідає всім відповідним вимогам частини ХІ «Електричне обладнання» Правил класифікації та побудови морських суден, включаючи вимоги до харчування радіоустановок.

Якщо в якості резервного джерела енергії використовується акумуляторна батарея, вона повинна мати достатню ємність і повинні бути передбачені кошти для її автоматичної зарядки до мінімально необхідної ємності протягом 10 годин.

Акумулятори.

Для резервного живлення суднового радіобладнання використовуються акумулятори, які поділяються на кислотні та лужні.

Кислотний акумулятор має пластини, виконані зі свинцю. Електролітом служить водний розчин сірчаної кислоти. Щільність електроліту зазвичай коливається від 1,28 В зарядженому стані до 1,18 В розрядженому стані. Напруга одного елемента кислотного акумулятора в кінці зарядки може становити 2,6 – 2,7 В (виробник, як правило, рекомендує, щоб напруга на один елемент перед зняттям з зарядки становило 2,4 В, тобто 28,8 В на батарею). На початку розрядки акумулятора на навантаження напруга знижується до 2 В (24 В на батарею) і

тривалий час залишається на цьому рівні. Ліквідація нижче 1,8 В на елемент (21,6 В на батарею) неприпустима, так як веде до зниження ємності акумулятора.

Лужні акумулятори бувають декількох типів: кадмієво-нікелеві, залізо-нікелеві, срібно-цинкові і т.д. Електролітом лужних акумуляторів служить водний розчин їдкого натрію або їдкого калію.

В процесі роботи акумулятора щільність електроліту не змінюється і становить близько 1,17 – 1,21. Напруга одного елемента лужного акумулятора в кінці зарядки може скласти до 1,4 В на елемент, а при включенні на навантаження номінальну напругу одного елемента становить 1,2 В (24 В на батарею). Ліквідація нижче 1,05 В на елемент (21 В на батарею) неприпустима.

Лужні акумулятори в порівнянні з кислотними мають вищу механічну міцність, стійкістю до короткочасних коротких замикань і мають більший термін служби. Однак лужні акумулятори дорожче кислотних.

Акумулятори характеризуються ємністю, яка виражається в ампер-годинах. Якщо акумулятор має ємність 100 Ач, це означає, що при споживанні радіостанцією струму в 20 Ампер він забезпечить роботу радіостанції протягом 5 годин. Ємність акумулятора в значній мірі залежить від температури навколишнього середовища. Наприклад, якщо ємність кислотного акумулятора складає 100 Ач при температурі +25 градусів Цельсія, при температурі -15 градусів Цельсія вона становитиме 50 Ач.

При експлуатації акумуляторів слід дотримуватися таких вимог:

- містити акумулятори в зарядженому стані; не допускати їх повної розрядки;
- не допускати перезарядки акумуляторів, так як це веде до збільшення газовиділення, зростання температури і виведення з ладу елементів;
- не допускати відкритий вогонь в акумуляторної, так як виділяється акумуляторами газ є вибухонебезпечним;
- рівень електроліту повинен бути на 1 см вище пластин;
- використовувати тільки дистильовану воду;
- гайки на сполучних клемах повинні бути затягнуті, металеві частини змащені вазеліном.

Контроль за напругою акумуляторів здійснюється за допомогою вольтметра, розташованого на зарядному пристрої або пульті дистанційного управління.

Технічне обслуговування радіобладнання в ГМЗЛБ.

Працездатність радіобладнання повинна забезпечуватися за допомогою таких способів:

- дублювання обладнання;
- берегове технічне обслуговування і ремонт;
- кваліфіковане технічне обслуговування та ремонт в морі.

На судах, що здійснюють рейси в морських районах А1 і А2 працездатність обладнання повинна забезпечуватися одним з перерахованих вище способів, а на судах, що здійснюють рейси в морських районах А3 і А4 – поєднанням принаймні двох з перерахованих вище способів.

Дублювання обладнання означає, що на борту судна додатково потрібно встановити наступний радіобладнання:

- при плаванні судна в морському районі А3 – УКХ-магнітола, а також чи ПВ/КВ-магнітола або суднова земна станція ІНМАРСАТ;
- при плаванні судна в морських районах А3 і А4 – УКХ-магнітола і ПВ/КВ-магнітола. Для суден, що здійснюють епізодичні рейси в морському районі А4 мають в якості основної ПВ/КВ радіоустановку, додаткова радіоустановка ПВ/КВ може бути замінена СЗС ІНМАРСАТ.

Берегове технічне обслуговування і ремонт передбачає, що повинні бути встановлені прийнятні для адміністрації умови забезпечення адекватної підтримки судна для обслуговування і ремонту радіобладнання. Наприклад, можна застосовувати такі засоби:

- угода з компанією, яка охоплює район плавання судна своїми засобами обслуговування і ремонту за викликом;
- забезпечення можливості для ремонту і обслуговування на головній базі суден, що здійснюють регулярні рейси в даному районі. Переліки обладнання (Форма Р, R або С) повинні включати вказівку на вид умов берегового технічного обслуговування і ремонту.

Якщо працездатність забезпечується кваліфікованим технічним обслуговуванням і ремонтом в морі, на борту судна повинна знаходитися відповідна додаткова технічна документація, інструменти, випробувальне обладнання та запасні частини, обсяг яких повинен відповідати встановленому обладнанню і бути схвалений адміністрацією. Посилання на це схвалення повинна входити до Переліків обладнання (Форма Р, R або С).

Особа, яка виконує функції із забезпечення кваліфікованого технічного обслуговування і ремонту в морі, повинно мати відповідний диплом, передбачений Регламентом радіозв'язку, або мати еквівалентну кваліфікацію для здійснення кваліфікованого технічного обслуговування і ремонту в морі, як це може бути схвалено адміністрацією з урахуванням рекомендацій ІМО по підготовці такого персоналу (Резолюція А.703 (17) Асамблеї ІМО «Підготовка радіоспеціалістів в ГМЗЛБ»).

Детально питання технічного обслуговування радіоустаткування в ГМЗЛБ описані в Резолюції ІМО А.702 (17) «Керівництво з обслуговування та ремонту радіобладнання ГМЗЛБ в морських районах А3 і А4».

Таблиця обладнання ГМЗЛБ. Розрахунок ємності акумулятора.

Живлення УКВ, ПВ/КВ радіоустановок, приймача JRC і супутникових станцій здійснюється за допомогою АРЩ (АДГ) - основне живлення 220В, або ж аварійне живлення від акумуляторів. У разі зникнення живлення від основного генератора повинен автоматично запускатися АДГ. В паузі АДГ апаратура живиться від резервного джерела постійного струму. Перехід на живлення від акумуляторів не повинен супроводжуватися будь-якими перебоями і перериваннями в роботі радіоапаратури.

Живлення портативних УКХ радіостанцій, АРБ і радіолокаційних відповідачів здійснюється від автономних інтегрованих джерел.

Таблиця 4.1 – Радіообладнання та його електричні характеристики

Найменування обладнання	Повна потужність	Струм прийому	Середній струм
JSS-2150 MF/HF	15А	3,8А	9,8А
JHS-770S VHF/DSC №1	5А	0,3А	2,9А
JHS-770S VHF/DSC №2	5А	0,3А	2,9А
JUE-95LT INMARSAT MINI C LRIT	5А	1,6А	3,2А
IRIDIUM PILOT 20	0,1А	0,5А	0,3А
Аварійне освітлення	-	-	2,5А
Загальний споживаний струм			21,6А

Середній споживаний струм розраховується за формулою:

$I = 0,5 I_{tx} + I_{rx}$, де I_{tx} і I_{rx} – струми в режимі передачі на повній потужності і прийому відповідно.

Далі визначаємо необхідну ємність акумулятора в амперах-годинах:

$$1 \text{ ч} * 30,1 \text{ А} + 1 \text{ ч} * 6,4 \text{ А} + 1 \text{ ч} * 15,9 = 52,4 \text{ А}$$

Для обладнання ГМЗЛБ досить буде акумулятора ємністю 80А/год.

5. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

5.1 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

Судно-контейнеровоз «Kota Kaaya» стоїть в порту Кланг (Малайзія) біля причалу № 3 спеціалізованого перевантажувального комплексу для контейнерів. Отримано повідомлення про інцидент зі зрідженим газом на сусідньому судні-контейнеровозі: при проведенні вантажних робіт в результаті зісковзування і падіння на палубу судна багатоелементного газового контейнера стався розлив зрідженого сірководню, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Із зруйнованого БЕГК вилилося 5 т СДОР, характер розливу - «вільно».

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби - день, 11.00, температура повітря 10^0 , швидкість вітру 6 м/с, вітер - зустрічний, суцільна хмарність.

Відстань до аварійного судна - 0,4 км. Характер місцевості - територія порту.

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

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 диплому «Цивільна оборона»).

1) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря.

За заданими метеорологічними умовами (час доби - день, швидкість вітру 6 м/с, суцільна хмарність) за допомогою таблиці 5.1 визначаємо: на момент виникнення надзвичайної ситуації ступінь вертикальної стійкості повітря ступень вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

Таблиця 5.1 - Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

Швидкість вітру, м/с	Час доби					
	день			ніч		
	Наявність хмарності					
	відсутня	середня	суцільна	відсутня	середня	суцільна
> 4.0	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія

2) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

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

При розливі токсичних рідин первинна хмара не утворюється, тому еквівалентна кількість Q_{E1} (т) речовини у первинній хмарі

$$Q_{E1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0, \quad (5.1)$$

де K_1 – коефіцієнт, залежний від умов зберігання СДОР (табл. 8.2);

K_3 – коефіцієнт, рівний відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсози СДОР (табл. 5.2);

K_5 – коефіцієнт, враховуючий рівень вертикальної стійкості повітря (для інверсії приймається рівним 1, для ізотермії – 0,23, для конвекції – 0,08);

K_7^1 – коефіцієнт, враховуючий вплив температури повітря на швидкість виникнення первинної хмари (табл. 5.2);

Q_0 – кількість виходу (розливу) СДОР.

Таблиця 5.2 - Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найме-нування СДОР	Щільність СДОР, т/ м ³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів			
	Газ	Рідина			K1	K2	K3	K7 ^I /K7 ^{II} для температури повітря (°С)
								10
Сірководень	-	0,964	-60,35	16,1	0,27	0,042	0,036	0,9/1

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

$$Q_{E1} = 0,27 \cdot 0,036 \cdot 0,23 \cdot 0,9 \cdot 5,0 = 0,01 \text{ т.}$$

3.1 Площа розливу S_p (м²) СДОР дорівнює

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0/\rho}{h} = \frac{5,0/0,964}{0,05} = 103,7 \text{ (м}^2\text{)}, \quad (5.2)$$

де V_p – об'єм СДОР, що розлився, м³;

Q_0 – кількість СДОР, що розлився при аварії;

ρ – щільність СДОР (табл. 5.2);

h – товщина шару СДОР (для характеру розливу – «вільно»).

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (год.) СДОР

$$T = \frac{h \cdot p}{K_2 K_4 K_7^{II}} + \frac{1}{K_M \cdot V_{II}}, \quad (5.3)$$

де K_2 – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей СДОР (табл. 5.2);

K_4 – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (табл. 5.3);

K_7^{II} – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (табл. 5.2);

K_M – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари СДОР (табл. 5.4);

v_{II} – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря (табл. 5.5).

Таблиця 5.3 - Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру(u), м/с	$1 \leq$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_4	1	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0

Таблиця 5.4 - Значення коефіцієнту K_M залежно від впливу характеру місцевості

Рельєф місцевості, вид рослинності і забудови	Вертикальна стійкість повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
1	2	3	4
Територія порту	0,2	0,2	0,3

Таблиця 5.5 - Швидкість (км/год.) перенесення v_{II} переднього фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру

Ступень вертикальної стійкості повітря	Швидкість вітру (u), м/с									
	$1 \leq$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Інверсія	5	10	16	21	-	-	-	-	-	-
Ізотермія	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59
Конвекція	7	14	21	28						

Данні для розрахунків						
h	p	K_2	K_4	K_7^{II}	K_M	V_{II}
0,05	0,964	0,042	2,67	1	0,2	35

$$T = \frac{0,05 \cdot 0,964}{0,042 \cdot 2,67 \cdot 1} + \frac{1}{0,2 \cdot 35} = 0,57 \text{ год} = 34 \text{ хв.},$$

Розраховуємо еквівалентну кількість СДОР Q_{E2} (т) у вторинній хмарі

$$Q_{E2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7'' \cdot \frac{Q_0}{h \cdot \rho}, \quad (5.4)$$

де $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_7''$ – коефіцієнти в формулах

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

Данні для розрахунків									
K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7''	Q_0	ρ	h
0,27	0,042	0,036	2,67	0,23	1	1	5	0,964	0,05

$$Q_{E2} = (1 - 0,27) \cdot 0,042 \cdot 0,036 \cdot 2,67 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{5}{0,05 \cdot 0,964} = 0,07 \text{ (т)}, \quad (5.5)$$

4) Визначення глибини і площі зони зараження

Глибину зони зараження первинною (вторинною) хмарою СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті визначаємо за допомогою таблиці 6.6.

Таблиця 5.6 - Глибина (км) зони зараження

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДОР, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20

Первинна хмара $Q_{E1} = 0,01$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с глибина зони зараження буде дорівнювати: $\Gamma_1 = 0,15$ км.

Для $Q_{E2} = 0,07$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою СДОР: $\Gamma_2 = 0,4$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 0,4 + 0,5 \cdot 0,15 = 0,48 \text{ км}, \quad (5.6)$$

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

Визначаємо гранично можливе значення глибини перенесення повітряних мас

Γ_{Π} (км):

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi}, \quad (5.7)$$

Де N – час від початку аварії;

V_{Π} – швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря при даній швидкості повітря і степені вертикальної стійкості повітря, км/г (таблиця 5.5)

Данні для розрахунку	
N	V_{Π}
1	35

$$\Gamma_{\Pi} = 1 \cdot 35 = 35 \text{ км.} \quad (5.8)$$

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 0,48 \text{ км.} \quad (5.9)$$

Визначаємо площу зони можливого зараження S_b (км²) хмарою СДОР:

$$S_b = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 0,48^2 \cdot 45^0 / 360^0 = 0,09 \text{ км}^2, \quad (5.10)$$

де Γ – розрахункова глибина зони зараження; φ^0 – кутовий розмір зони зараження (табл. 6.7).

Таблиця 5.7 - Кутові розміри зони можливого зараження СДОР залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (u), м/с	$\leq 0,5$	0,6 - 1	1,1 - 2	>2
φ , град	360	180	90	45

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_f (км²):

$$S_f = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 0,48^2 \cdot 1^{0,2} = 0,03 \text{ км}^2, \quad (5.11)$$

де K_8 – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря – ізотермії (при інверсії приймається 0,081; при ізотермії – 0,133; при конвекції – 0,235).

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 $\varphi = 45^0$ (табл. 6.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,48$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження – місцем розливу СДОР. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

В районі хімічного зараження виділяють зони смертельної концентрації,

важкого, середнього і легкого ураження.

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ' (км)

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_E}{D_1} \right)^\Psi, \quad (5.12)$$

де λ , Ψ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (табл. 6.8);

$Q_E = Q_{E1} + Q_{E2}$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару;

$D' = 6$ мг.хв/л – летальна токсодоза для СДОР.

Таблиця 5.8 - Коефіцієнти λ і ψ , що залежать від швидкості вітру

Коефіцієнти	Швидкість вітру (u), м/с							
	1 и менше	2	3	4	5	6	7	10
λ	3,73	2,31	1,80	1,52	1,34	1,20	1,11	0,92
ψ	0,606	0,580	0,563	0,551	0,542	0,537	0,531	0,515
Данні для розрахунку								
K_M	Q_E		D'		λ		Ψ	
0,2	0,08		6		1,2		0,537	

$$\Gamma_1 = 1,2 \cdot 0,2 \cdot (0,08/6,0)^{0,537} = 0,02 \text{ км}$$

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

$$\Gamma_{0,4'} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_E}{D_{0,4'}} \right)^\Psi, \quad (5.13)$$

$$\Gamma_{0,41} = 1,2 \cdot 0,2 \cdot (0,08/2,4)^{0,537} = 0,04 \text{ км}$$

де $D_{0,4'}$ мг.хв/л – значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для водню хлористого.

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

$$\Gamma_{0,2'} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_E}{D_{0,2'}} \right)^\Psi, \quad (5.14)$$

$$\Gamma_{0,21} = 1,2 \cdot 0,2 \cdot (0,08/1,2)^{0,537} = 0,06 \text{ км}$$

де $D_{0,2'}$ мг.хв/л – значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для водню хлористого.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахункової глибини зони зараження.

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

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

$$T = \frac{X}{K_M \cdot V_P} \quad (5.15)$$

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

$$T = 0,4 / (0,2 \cdot 35) = 0,057 \text{ г} = 3 \text{ хвилини.}$$

5.2 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті аварійного розливу сірководню показала, що хмара зараженого повітря досягне межі житлової надбудови судна, де укритися екіпаж, через 3 хвилини. В результаті утворення зони хімічного зараження, приміщення надбудови судна, де знаходиться екіпаж судна, потрапляють в зону легких уражень, що у свою чергу є загрозою для життя моряків. Це значною мірою ускладнює можливість проведення ефективних заходів по ліквідації наслідків розливу сірководню.

При досить швидкому підході зараженого повітря до житлової надбудови дія вражаючих концентрацій хмари триватиме 31 хвилину. Сила вітру 6 м/с забезпечує збереження вражаючих концентрацій на глибині до 0,48 км.

Для зменшення людських втрат пропонується виконати наступні заходи:

- оголосити судову тривогу та проінформувати людей про хімічну загрозу;
- якнайскоріше прибрати усіх людей з палуби всередину надбудови судна;
- по можливості максимально герметизувати усі приміщення в надбудові судна, в яких укритися екіпаж;

- використати наявні на судні дихальні апарати, при цьому забезпечити контроль часу знаходження людей в апаратах (захисна дія дихальних апаратів обмежена часом у 30 хв.);

- по можливості розгорнути судно за вітром, щоб хмара зараженого повітря рухалася в бік від надбудови судна;

- встановити контроль концентрації СДОР на відкритому повітрі і в повітрі приміщень судна;

- підготувати екіпаж до можливої евакуації.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

6.1 Безпека людини на морі. Особливості забезпечення боротьби за живучість контейнеровоза

Живучість судна - здатність судна при отриманні пошкоджень зберігати свої експлуатаційні та морехідні якості. Живучість судна забезпечується:

- непотоплюваністю;
- пожежобезпечністю;
- живучістю технічних засобів;
- підготовленістю екіпажу до боротьби за живучість судна;
- комплекс запобіжних заходів щодо забезпечення живучості судна.

Непотоплюваність судна - його здатність витримувати аварійні пошкодження, що призводять до затоплення одного або декількох відсіків, зберігаючи при цьому достатній запас плавучості і остійності.

Пожежобезпечністю судна називається його здатність протистояти виникненню і поширенню вибухів і пожеж та їх впливу на судно і вантаж.

Плавучість - здатність судна підтримувати вертикальне рівновагу в заданому положенні відносно поверхні води.

Остійність - здатність судна, виведеного зі стану рівноваги впливом зовнішніх сил, знову до нього повертатися припинення цього впливу.

Боротьба за живучість судна включає в себе такі розділи:

- система управління безпекою;
- організація дій екіпажу при надзвичайних ситуаціях на судні;
- навчання і підготовка екіпажу до боротьби за живучість судна;
- боротьба за непотоплюваність судна;
- пожежна безпека судна;
- запобігання забруднення моря;
- дії екіпажу при нападі піратів;
- нелегали на судні.

Безпека судна забезпечується його живучістю, тобто здатністю протистояти аварійним пошкодженням, відновлюючи і підтримуючи при цьому в можливій мірі

свою здатність використання за призначенням.

Елементами живучості судна є: пожежовибухобезпека; непотоплюваність; живучість технічних засобів.

Живучість судна забезпечується: конструктивними заходами при його проектуванні, будівництві, модернізації та переобладнанні; організаційно-технічними заходами, що виконуються при експлуатації судна; діями членів екіпажу по боротьбі за живучість пошкодженого судна.

Організація боротьби за живучість судна передбачає чіткий розподіл обов'язків і найбільш раціональне використання всього особового складу, технічних засобів та аварійно-рятувального майна при отриманні судном аварійних пошкоджень.

В основу організації боротьби за живучість судна повинен бути покладений принцип максимальної централізації керівництва, що поєднується з ініціативними, оперативними і рішучими діями особового складу.

Організація забезпечення живучості судна, способи боротьби з пожежами, надходженням забортної води, ліквідації пошкоджень технічних засобів, а також порядок проведення попереджувальних заходів щодо запобігання аварійних ситуацій на судні визначаються нормативними правовими актами, обов'язковими для виконання екіпажами всіх судів, незалежно від їх призначення (класу). Загальне керівництво боротьбою за живучість судна здійснює капітан. Безпосереднє керівництво по локалізації районів пошкоджень, поширення вогню покладається на старшого помічника капітана, а по боротьбі за непотоплюваність судна - на старшого механіка. При відсутності на судні капітана або старшого помічника капітана боротьбу за живучість судна очолює вахтовий помічник капітана (змінний помічник капітана). Трюми контейнеровоза спроектовані таким чином, щоб максимально використовувати їх місткість на кратне число контейнерів. Тому коефіцієнт проникності таких трюмів при затопленні невеликий.

6.2 Охорона праці. Правила техніки безпеки при експлуатації та ремонту судного електрообладнання та судових електричних мереж.

Всі особи електротехнічного персоналу, а також члени машинної команди, які

виконують обов'язки з обслуговування електроустаткування на судах, де електротехнічний персонал штатним розписом не передбачено, повинні щорічно проходити перевірку знань правил електробезпеки.

Всі члени суднової команди, які безпосередньо обслуговують електрообладнання або виробляють його ремонт, зобов'язані:

- а) знати справжній розділ Правил;
- б) знати заходи попередження нещасних випадків, які можуть статися при обслуговуванні електрообладнання;
- в) вміти практично надати першу допомогу потерпілому у випадках ураження електричним струмом;
- г) вміти користуватися засобами гасіння пожежі електрообладнання.

Старший електромеханік (електромеханік) або особа, яка його замінює, зобов'язаний:

- а) систематично контролювати правильність обслуговування суднового електрообладнання, систем і приладів з дотриманням правил електробезпеки;
- б) проводити технічне навчання з особами неелектротехнічного персоналу (палубної командою, працівниками харчоблоку та ін.) по влаштуванню обслуговується ними обладнання в обсязі, достатньому для грамотного і безпечного його обслуговування;
- в) контролювати дотримання правил електробезпеки усіма членами екіпажу та вживати заходів щодо усунення порушень. Якщо сам електромеханік не може вжити заходів щодо усунення порушень, він зобов'язаний негайно повідомити про порушення старшому механіку, а в разі його відсутності - капітану судна;
- г) передбачати додаткові заходи, що підвищують електробезпека, з урахуванням особливостей електрообладнання судна.

Практиканти училищ і морехідних шкіл, які не досягли 18-річного віку, допускаються до виконання робіт з електроустаткування під особисту відповідальність і при постійному нагляді електромеханіка судна і тільки при знятій напрузі.

У безпосередній близькості від головного розподільного щита повинні бути

вивішені Правила першої допомоги постраждалим від електричного струму, Правила гасіння пожежі електрообладнання і принципова схема розподілу електроенергії на судні.

При всіх оглядах електрообладнання особливу увагу слід звертати на наявність несправностей, що створюють небезпеку для життя людей. Такі несправності слід негайно усунути або огородити небезпечні місця, вивісивши попереджувальний плакат: "Стій! Небезпечно для життя!".

Засоби захисту, що застосовуються в суднових електротехнічних установках, повинні використовуватися відповідно до вимог Правил застосування та випробування засобів захисту, які застосовуються в суднових електроустановках.

Всі засоби захисту перед їх застосуванням повинні бути ретельно оглянуті, очищені і перевірені на відсутність зовнішніх пошкоджень, відповідність їх напрузі і придатність до використання за термінами періодичних випробувань.

Відповідальність за наявність, придатність, правильне зберігання і правильне використання засобів захисту покладається на старшого електромеханіка (першого електромеханіка), а при відсутності на судні посади першого електромеханіка - на старшого механіка.

Електротехнічний персонал повинен контролювати справність захисних заземлень при оглядах і технічному обслуговуванні відповідного електрообладнання, а у переносного електрообладнання - також перед видачею його для використання.

Заземлення підлягають всі металеві корпуси електрообладнання.

Захисне заземлення не потрібне для наступних видів електрообладнання:

стаціонарних електроприймачів, що живляться напругою до 42 В;

пересувних, переносних і ручних електроприймачів, що живляться змінним струмом напругою до 12 В і постійним струмом напругою до 24 В.

Електротехнічний персонал повинен стежити, щоб всі переносне, пересувне і ручне електрообладнання, що працює при напрузі вище 24 В постійного і 12 В змінного струму, а також стаціонарна освітлювальна арматура, яка не може бути заземлена безпосередньо у місця установки, мали заземлення, здійснюване через одну з вільних жил кабелю живлення, якщо корпус цих виробів виконаний не з

ізоляційного матеріалу.

Справність захисних заземлень переносного електрообладнання повинна перевірятися кожен раз перед видачею його для роботи.

Забороняється електротехнічного персоналу встановлювати будь-які запобіжники або вимикачі в розрив кола заземлюючих проводів або шин.

Електротехнічний персонал судна зобов'язаний постійно стежити за справністю заземлення оболонок кабелів, металевих частин електрообладнання і кожухів.

Електротехнічний персонал судна зобов'язаний систематично перевіряти і постійно підтримувати в межах норми опір ізоляції суднової мережі, окремих ділянок мережі і електрообладнання.

Все електровимірювальні прилади суднової електроенергетичної системи повинні бути перевірені і опломбовані відповідними контрольними організаціями.

Що вийшли з ладу електровимірювальні прилади повинні бути негайно зняті і замінені справними.

Всі переносні і стаціонарні контрольно-вимірювальні прилади повинні проходити перевірку у встановлені терміни:

а) щитові і переносні прилади електровимірювань постійного і змінного струму - один раз в два роки;

б) контрольні прилади електровимірювань - один раз на рік.

Приміщеннями з малим об'ємом називаються приміщення, в яких при виконанні робіт є можливість мимовільного торкання перегородок або подволока.

Забороняється залишати неізольованими кінці проводів після зняття електричних машин або електричної апаратури для ремонту.

Забороняється застосовувати при огляді, ремонті, збирання та розбирання електрообладнання та апаратури інструмент з струмопровідними ручками або з пошкодженою їх ізоляцією.

Забороняється установка запобіжників, вимикачів або вилок до пожежонебезпечних і вибухонебезпечних приміщеннях і місцях судна.

Примітка. Пожежонебезпечним називається приміщення, де знаходяться пожежонебезпечні речовини, які здатні викликати неконтрольоване горіння.

Вибухонебезпечним називається приміщення, де можливе утворення вибухонебезпечного середовища або зберігаються вибухові речовини.

Під час ремонту механізму з електроприводом його електродвигун повинен бути знеструмлений і на пусковому пристрої повинен бути вивішений попереджувальний плакат "Не вмикати! Працюють люди!".

Аварійні вимикачі електроприводних палубних і промислових механізмів повинні міститися в справному стані.

Члени екіпажу, які виявили несправність в електрообладнанні, повинні негайно повідомити про це до відома електромеханіка або вахтового механіка.

При проведенні робіт профілактичних і по відновленню опору ізоляції електрообладнання із застосуванням миючих рідин, розчинників і лакофарбових матеріалів необхідно користуватися відповідними інструкціями. При відсутності інструкцій з безпечного виконання зазначених робіт виробництво їх забороняється.

Приміщення і палуби на суднах за ступенем небезпеки ураження електричним струмом визначаються двома наступними категоріями:

- приміщення і палуби з підвищеною небезпекою;
- особливо небезпечні приміщення та відкриті палуби.

До приміщень і палуб з підвищеною небезпекою відносяться: спеціальні електричні приміщення, приміщення аварійних дизель-генераторів, закриті кермові і штурманські приміщення, приміщення корабельних автоматичних телефонних станцій, комори: шкіперські, запчастин, майстерень, ліхтарні, малярні, а також тамбури і коридори, що примикають до цих приміщень; медичні, житлові, громадські та службові приміщення, а також належні до них коридори, вестибюлі, тамбури і трапи.

До особливо небезпечних приміщень і палуб відносяться: приміщення і простору, в яких електрообладнання повинно працювати під водою; відкриті палуби, що заливаються водою; рефрижераторні трюми, склади і комори; машинні і котельні приміщення; приміщення холодильних машин; агрегатні приміщення для палубних механізмів і підрулюючих пристроїв; насосні відділення; акумуляторні приміщення; морозильні відділення; приміщення рибоборощняних установок; румпельне

відділення; приміщення установок електролову; шахти гідроакустичної апаратури; лазні, душові, пральні, посудомийні, приміщення заготівельні по обробці продуктів промислу; умивальні, туалетні, сушильні, камбузи і провізійні комори.

6.3 Протипожежний захист судна. Методи та принципи гасіння пожеж електрообладнання на судах.

Електроустановки є потенційно небезпечними місцями для виникнення пожеж, так як вони містять велику кількість горючих матеріалів і речовин (ізоляційні матеріали, масла та ін.) і потенційні джерела займання (коротке замикання, скачки напруги, перевантаження, іскри та ін.). Таке поєднання пожежонебезпечних факторів призводить до того, що найсуворіше дотримання норм безпеки не може повністю усунути можливість виникнення пожежі.

Основними причинами виникнення вогнищ горіння або задимлення в електроустановках є:

- аварійні ситуації, пов'язані з перевантаженням в електромережі при відсутності захисту необхідного рівня;
- коротке замикання через пошкодження обладнання або ліній електропередач;
- несправності технологічного обладнання;
- пошкодження допоміжних електромереж;
- порушення правил експлуатації і людський фактор.

Додатковим фактором небезпеки при пожежі в електроустановках є висока напруга-найчастіше аварійні умови не дозволяють зняти напругу на охопленій вогнем ділянці, тим більше що ситуація вимагає екстрених заходів і швидких рішень. Саме тому кожному співробітнику, задіяному в роботі на такому обладнанні, необхідно точно знати - як і чим слід гасити вогнище загоряння в електроустановках до 1000 В.

Промислові електроустановки в більшості випадків мають автоматичні засоби пожежогасіння, початківці роботу при перевищенні заданих температурних параметрів в приміщенні, аварійному відключенні електроживлення обладнання та інших факторах. При відсутності такої системи виник осередок загоряння або задимлення необхідно ліквідувати своїми засобами і силами до приїзду фахівців Державної служби з надзвичайних ситуацій України.

Гасіння пожежі в електроустановці до 1000В?

Правила пожежної безпеки України регламентують використання первинних засобів пожежогасіння на електроустановках. Згідно цих правил для гасіння електроустановок не знаходяться під напругою можна використовувати пісок, воду і вогнегасники всіх марок. Якщо електроустановка знаходиться під напругою до 1000В - дозволено використовувати для придушення вогнищ загоряння або задимлення тільки вогнегасники порошкового, аерозольного або вуглекислотного типів з дотриманням всіх правил безпеки.

Гасити електрообладнання під напругою можна з дотриманням всіх правил безпеки. Електрообладнання під напругою дозволено використовувати для придушення вогнищ загоряння або задимлення тільки вогнегасники порошкового, аерозольного або вуглекислотного типів. При гасінні електрообладнання під напругою людина, що здійснює гасіння вогню, надягає діелектричні чоботи і рукавички. Відстань від насадки (розтруба) вогнегасника до струмоведучих частин електроустановки має бути не менше 1 м.

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

Порядок збору сміття, що утворюється на борту судна, повинен ґрунтуватися на розгляді того, що може і що не може викидатися в морі по шляху проходження. Для зменшення або уникнення необхідності сортування після збору рекомендується, щоб були обладнані маркіровані сміттєприймачі трьох категорій для прийому сміття у міру його . Ці окремі сміттєприймачі (наприклад, ящики, мішки або відра) приймають

- 1) пластмасу і пластмасу, змішану із сміттям, що не пластмасою;
- 2) харчові відходи (які включають матеріали, забруднені такими відходами);
- 3) інше сміття, яке можна видаляти в морі.

Мусороприймачі для сміття кожною з трьох категорій повинні бути маркіровані і розрізнятися за кольором, характеру напису, формі, розмірам або

розташуванню. Ці сміттєприймники повинні розміщуватися у відповідних приміщеннях по всьому судну (наприклад, машинне відділення, житлова палуба, кают-компанія, камбуз і інші житлові або робочі приміщення), а всіх членів екіпажа і пасажирів слід інформувати, яке сміття можна і який не можна викидати в них. Повинні призначатися обов'язки по збору або видаленню сміття з цих сміттєприймників і переміщення його у відповідне місце для обробки або зберігання. Використання такої системи полегшить подальшу обробку на борту судна і зменшить кількість сміття, яке повинне зберігатися на борту судна для видалення в порту.

Пластмаса і пластмаса, змішана сміттям, що не є пластмасою.

Сміття з пластмаси повинне залишатися на борту судна до скидання його в портові приймальні споруди, якщо він не переробляється в золу шляхом спалювання.

Деякі уряди мають правила, контролюючи захворювання людей, рослин і тварин, які можуть викликатися харчовими відходами і матеріалами, пов'язаними з ними (наприклад, упаковка для харчових продуктів і посуд, що витрачається). Ці правила можуть наказувати спалювання, стерилізацію або іншу спеціальну обробку сміття для знищення можливих паразитів і хвороботворних організмів. Таке сміття слід тримати окремо від іншого сміття і бажано зберігати для видалення в порту відповідно до законів приймаючої країни. Відносно такого сміття урядам нагадується їх обов'язок забезпечувати наявність достатніх приймальних споруд. Повинні прийматися запобіжні засоби для забезпечення того, щоб пластмаса, забруднена харчовими відходами (наприклад, пластмасова обгортка для харчових продуктів), не викидалася в морі з іншими харчовими відходами.

Сміття цієї категорії включає, але не обмежується цим, вироби з паперу, дрантя, скло, метал, пляшки, обшивальних і пакувальних матеріали сепарацій. Для суден може представлятися бажаним відокремлювати сепараційний, обшивальний і пакувальний матеріал, який триматиметься на плаву, оскільки цей матеріал має інший допуск по скиданню, ніж інший мусор цієї категорії. Таке сміття слід тримати окремо від іншого сміття і бажано зберегти для видалення в порту.

Додаткові сміттєприймники, які можуть бути корисними

Для прийому і зберігання скла, металу, пластмаси, паперу або інших предметів, які можуть піддаватися рециркуляції, можуть передбачатися окремі ящики або мішки. Для заохочення членів екіпажу у видаленні таких предметів в наявні сміттєприймальники надходження, що отримуються в результаті їх переробки, можуть додаватися до судового фонду культурно-побутових потреб.

Обривки синтетичних риболовних сітей і лінів, що утворюються в результаті ремонту або експлуатації риболовецьких снастей, не можуть викидатися в морі. Такий матеріал можна спалювати, пресувати або зберігати разом з іншими відходами з пластмаси або бажано тримати його окремо від інших видів сміття, якщо він має сильний запах або великий об'єм.

Нефтесодержаще дрантя і забруднене дрантя слід тримати на борту і видаляти в портові приймальні споруди або спалювати.

Залежно від таких чинників, як тип судна, район плавання, склад екіпажу і т.і. судна можуть обладнатися сміттєспалювачі, пресувачі, подрібненнями або іншими пристосуваннями для переробки сміття на борту судна. При виборі відповідного порядку переробки слід керуватися наступним.

Використання сміттєспалювачі, пресувачі, подрібнень і інших подібних пристосувань має ряд переваг, таких як забезпечення можливості скидання певного сміття в морі, що інакше не може вирішуватися; зниження вимог до приміщень на борту судна для зберігання сміття; полегшення вивантаження сміття в порту; підвищення ступеня засвоєння сміття, що скидається в морське середовище.

Слід мати на увазі, що спеціальні правила спалювання можуть властиві деяким портам і можуть діяти в деяких особливих районах. Унаслідок того, що спалювання побічних продуктів може надавати небажану дію на навколишнє середовище і здоров'я людини, особливі запобіжні засоби необхідно дотримувати при спалюванні наступних предметів: небезпечних; деяких видів.

Судна, що експлуатуються головним чином в "особливих районах" або в межах 3 морських миль від найближчого берега, повинні або зберігати спресований, або неспресований матеріал для вивантаження в портові приймальні споруди, або спалювати його і зберігати утворювані золу і шлак. Ці умови, по яких скидання

взагалі не вирішується, є найстрогішими. Тип судна і очікуваний об'є і вид утворюваного сміття визначає придатність варіантів пресування, спалювання або зберігання.

Прессователі полегшують зберігання сміття, його переміщення в портові приймальні споруди і видалення в морі, якщо дозволяють допуски по скиданню. У останньому випадку спресоване сміття, крім того, легше затопити, що знижує ступінь завдання збитку естетиці прибережних вод і пляжів.

Судна, що експлуатуються головним чином за межами 3 морських миль від найближчого берега, заохочуються встановлювати і використовувати подрібнення для помелу харчових відходів так, щоб утворювані частинки проходили через гуркіт з отворами не більше 25 мм. Хоча крупніші харчові відходи можуть скидатися за межами 12 морських миль, рекомендується використовувати подрібнення навіть за межами цієї зони, оскільки вони сприяють швидшому засвоєнню відходів морським середовищем. Оскільки харчові відходи, що подрібнюються разом з пластмасою, не можуть скидатися в морі, харчові відходи до помелу повинні звільнятися від всіх матеріалів з пластмаси.

Сміття, що збирається житлових і робочих приміщень судна, повинне доставлятися до встановлених місць обробки і зберігання. Для сміття, яке повинне повертатися в порт і там віддаватися, може бути потрібним тривале зберігання залежно від тривалості рейса або порядку вивантаження (наприклад, передача сміття на судно, що знаходиться поблизу берега, для спалювання або подальшого переміщення на берег). У всіх випадках сміття слід зберігати у такий спосіб, при якому не виникає загрози здоров'ю людини і безпеці. При виборі порядку зберігання сміття повинні враховуватися наступні моменти:

Харчові відходи і пов'язане з ними сміття, які повертаються в порт і в яких можуть перевозитися хвороботворні організми і паразити, слід зберігати в резервуарах, що щільно закриваються, або містити окремо від сміття, в якому немає таких харчових відходів.

У приміщеннях, де зберігається сміття, слід регулярно проводити дезінфекцію, а також виконувати лікувально-профілактичні заходи щодо боротьби з паразитами.

Видалення суднового сміття повинне здійснюватися методами, відповідними правилам, що стисло висловлюються в таблиці 6.1. При видаленні вантажу слід враховувати нижче приведені моменти.

Таблиця 6.1 – Правила скидання сміття

Тип сміття	Все судна, за винятком платформ		Морські платформи
	За межами особливих районів	В особливих районах	
Пластики - включають синтетичні троси і риболовні сіті і пластмасові мішки для сміття	Скидання заборонене	Скидання заборонене	Скидання заборонене
Що володіють плавучістю сепараційні, обшивальні і пакувальні матеріали	> 25 миль від берега	Скидання заборонене	Скидання заборонене
Папір, дрантя, скло, метал, пляшки, череп'я і аналогічні покидьки	> 12 миль	Скидання заборонене	Скидання заборонене
Подрібнений або розмолотий всяке інше сміття, включаючи папір, дрантя, скло і т.п.	> 3 миль	Скидання заборонене	Скидання заборонене
Не подрібнені або нерозмолоті харчові відходи	> 12 миль	> 12 миль	Скидання заборонене
Подрібнені або розмолоті харчові відходи	> 3 миль	> 12 миль	> 12 миль

Морські платформи і пов'язані з ними судна включають всі стаціонарні або плавучі платформи, зайняті розвідкою або розробкою мінеральних ресурсів морського дна а також всі судна, ошвартовані таких платформ або що знаходяться в межах 500 метрів від них.

Якщо сміття змішане з іншими шкідливими речовинами, видалення або скидання яких підпадає під другі вимоги, то застосовуються строгіші вимоги після видалення.

Пов'язані з вантажем плавучі відходи, що не є пластмасою або регульовані іншим чином відповідно до Додатків до Конвенції МАРПОЛ, можна скидати за межами 25 морських миль від найближчого берега. Пов'язані з вантажем відходи, які здатні тонути і не є пластмасою або не регулюються іншим чином, можна скидати за межами 12 морських миль від найближчого берега. Велика частина пов'язаних з вантажем відходів може утворюватися під час вантаження і вивантаження, зазвичай на причалі. Рекомендується докладати всі зусилля до того, щоб доставляти ці відходи до найближчої системи портових приймальних споруд до відходу судна.

ВИСНОВКИ

В ході дипломної роботи було здійснено:

- аналіз вимог до механізму та електроприводу автоматичної швартовної лебідки;
- розрахунки для визначення необхідної потужності електропривода;
- вибір перетворювача частоти фірми Mitsubishi Electric FR-A740-01800-EC;
- розробка схеми управління мікроконтролера Alpha 2 фірми Mitsubishi Electric.

Розрахунок та проектування суднової електроенергетичної системи містить:

- розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна;
- аналіз раціональної структури СЕЕС;
- створення однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ;
- обрання комутаційно-захисної апаратури ГРЩ;
- обрання системи збудження генераторів;
- розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії;
- перевірку кабелю віддаленого електропривода на втрату напруги.

Спроектована СЕЕС повністю відповідає вимогам Регістру.

У роботі надано опис суднової енергетичної установки K-chief 500, наведені технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судном, розроблено технологію та інструкцію по експлуатації суднового електрообладнання і засобів автоматизації, розглянуті питання охорони праці та цивільного захисту судна.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Воскобович В.Ю., Королева Т.Н., Павлова В.А. Электроэнергетические установки и силовая электроника транспортных средств. / Под ред. Ю.А. Лукомского. // Учебное издание. – СПб.: «Элмор», 2001. - 384с.
2. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины. Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 1990. – 342 с.
3. Тимофеев Ю.К. Системы управления судовыми энергетическими процессами. Учеб. для вузов, - СПб.: Судостроение, 1994. – 257 с.
4. Бурков А.Т. Электронная техника и преобразователи: Учебное пособие. – М.: Транспорт, 2001. – 464с.
5. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.: ил.
6. Водовозов А.М. Микроконтроллеры для систем автоматики: Учебное пособие. – Вологда: ВоГТУ, 2002. – 123 с.
7. Судовые электроприводы: Справочник /А.П. Богословский, Е.М. Певзнер, И.Р. Фрейдзон, А.Г. Яуре – 2-е изд., переаб. и дополн. в двух томах. – Л.: Судостроение 1983. Т1 – 322 с., Т2 – 384 с., ил.
8. Фрейдзон И.Р. Судовые автоматизированные электроприводы и системы: Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1988. – 472 с.: ил.
9. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін.; За ред.. М.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. – К.: Либідь, 2005. – 680 с.
10. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Том 1-3. НД N 2-020101-056. – СПб.: 2010. – Т.1 – 506 с., Т.2 – 724с., Т.3 – 69 с.
11. Российский морской регистр судоходства. Правила по оборудованию морских судов. НД N 2-020101-057. – СПб.: 2010. – 437 с.

12. Правила технической эксплуатации морских и речных судов. КНД31.2.002.01-96. Утверждено приказом Государственного департамента морского и речного транспорта Украины от 02.09.96. Приказ №270.
13. РД5.6168–92. Методы расчетов электрических нагрузок. – 18 с.
14. Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Теория электропривода: Учебник для вузов. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 1994. – 496 с.
15. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. / Под общ. ред. И. П. Копылова и Б. К. Клокова. – М.: Энергоатомиздат. Т. 1. – 1988. – 456 с.
16. Фираго Б.И., Павлячик Л.Б. Регулируемый электропривод переменного тока. – Мн.: ЗАО «Техноперспектива», 2006. – 336 с.
17. Правила технической эксплуатации морских и речных судов. КНД31.2.002.01-96. Утверждено приказом Государственного департамента морского и речного транспорта Украины от 02.09.96. Приказ №270.
18. Клевцов А.В. Преобразователи частоты для электропривода переменного тока. Практическое пособие для инженеров. – Тула: Гриф и К, 2008. – 224 с.
19. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации: учеб. пособие для вузов / М.П. Белов, О.И. Зементов, А.Е. Козярук и др.; под ред. В.А. Новикова, Л.М. Чернигова. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 368 с.
20. Энергосберегающий асинхронный электропривод: Учеб. пособие для вузов/ И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков; Под ред. И.Я. Браславского. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 256 с.
21. Системы управления электроприводов: Учебник для вузов/ В.М. Терехов, О.И. Осипов; Под ред. В.М. Терехова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 304 с.
22. С. Рама Редди. Основы силовой электроники. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.

23. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 272 с.
24. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебник для вузов /М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – 2-е изд.. стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 576 с.
25. Моделювання електроприводів: Навч. Посібник /Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз. Я.С. Паранчук. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 404 с.
26. Онищенко Г.Б. Электрический привод: учебник для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 288 с.
27. Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник / И. Х. Евзеров, А. С. Горобец, Б. И. Мошкович и др.; Под ред. В. М. Перельмутера. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 319 с.
28. Муха Н.И. Теория электропривода. Методические указания по курсовому проектированию. – Одесса: ОНМА, 2010. – 117 с.
29. Методичні вказівки для виконання дипломної роботи бакалавра / Укл. В. А. Голіков, М. О. Колегаєв, С. В. Сагін, Д. Г. Парменова, В. П. Кардаш, Ю. І. Петров, А. С. Шальов. – Одеса : НУ «ОМА», 2020. – 54 с.
30. Безопасность жизнедеятельности: методические указания к выполнению раздела дипломной работы бакалавра / Сост. Н. Г. Басанец, Д.Г. Парменова. Одесса: ОНМА, 2012. 20 с.
31. Безпека та охорона на морі : навчальний посібник / М. О. Колегаєв, Д. Г. Парменова, М. А. Мамкічев, Г. В. Ніколаєва, О. М. Розлуцький, Г. Г. Роман, А. П. Сваричевська, Д. Д. Осадчук. За редакцією професора М. О. Колегаєва. – Одеса: Національний університет «Одеська морська академія»; Фенікс.– 2020. – 590 с.
32. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі 1974 року / International Convention for the Safety of Life at Sea, 1974 (SOLAS 1974) з

поправками. Міністерство інфраструктури України: веб-сайт. URL:
https://docs.google.com/viewer?embedded=true&url=https://mtu.gov.ua/files/
%D0%86MO%20act%208%2007%2018.docx

33. Колегаєв М. А., Іванов Б. Н., Басанец Н. Г. Безопасность жизнедеятельности и выживание на море: учебное пособие. 2-е изд. Одесса: ОНМА, 2008. 354 с.
34. Іванов Б. М., Колегаєв М. О., Касилов Ю. І., Іванов О. І. Основи охорони праці на морському транспорті: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Одеса: КОМПАС, 2003. 416 с.
35. Безпека та охорона на морі : навчальний п осібник / М. О. Колегаєв, Д. Г. Парменова, М. А. Мамкічев, Г. В. Ніколаєва, О. М. Розлуцький, Г. Г. Роман, А. П. Сваричевська, Д. Д. Осадчук. За редакцією професора М. О. Колегаєва. – Одеса: Національний університет «Одеська морська академія»; Фенікс.– 2020. – 590 с
36. Парменова Д.Г., Крайнова В.І. Безпека людини та охорона навколишнього середовища. Електробезпека на борту судна: методичні вказівки до виконання практичних робіт / Укл. Д. Г. Парменова, В. І. Крайнова. Одеса: НУ«ОМА», 2017. 41 с
37. Міжнародний кодекс по системах пожежної безпеки (International Code for Fire Safety Systems (FSS Code)) (MSC.98(73)) з поправками. Міністерство інфраструктури України: веб-сайт. URL: <https://drive.google.com/file/d/17F5HNPpALJ2J7DaaXQgbgROdqmP3JKjE/view>.
38. Басанец Н. Г., Колегаєв М. А., Ляшенко А. Б. Технические средства и организация противопожарной защиты судов: учебное пособие. Одесса: ОНМУ, ОНМА, 2011. 368 с.
39. Міжнародний кодекс по управлінню безпечною експлуатацією суден та запобіганням забруднення / International Management Code for the Safe Operation of Ships and for Pollution Prevention (International Safety Management (ISM) Code) (Резолюція А.741(18) 04.11.1993) з поправками. Міністерство інфраструктури України: веб-сайт. URL:

<https://docs.google.com/viewer?embedded=true&url=https://mtu.gov.ua/files/%D0%86MO%20act%208%2007%2018.docx>

40. Міжнародна конвенція по запобіганню забрудненню з суден 1973 року змінена Протоколом 1978, International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL) з поправками. Міністерство інфраструктури України: веб-сайт. URL: <https://docs.google.com/viewer?embedded=true&url=https://mtu.gov.ua/files/%D0%86MO%20act%208%2007%2018.docx>
41. Калугин В.Н., Корнилов Э.В., Кулешов И.Н. Технологии обработки мусора на судах, инсинераторы: учебное пособие. Одесса: Негоциант, 2006. 52 с.
42. Правила по запобіганню забруднення з суден. Бюлетень №1 змін і доповнень. Офіційне видання. Київ: Регістр судноплавства України, 2014. 52 с. 44.
43. Правила по запобіганню забруднення з суден. Офіційне видання. Київ: Регістр судноплавства України, 2011. 288 с.
44. Резолюція МЕРС.220(63) «Керівництво 2012 року щодо розробки планів управління ліквідацію сміття». Прийнята 2 березня 2012 року.