

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

Кафедра: «Електрообладнання та автоматики суден»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

на тему: «Електрообладнання, електронна апаратура та системи управління
балкером водотоннажністю 21600 тон»

Виконав: студент 3 курсу, шифр _____
спеціальності:

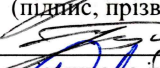
271 – Річковий та морський транспорт
(шифр і назва спеціальності)

Спеціалізація: «Експлуатація суднового
електрообладнання і засобів автоматики»

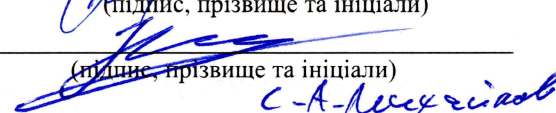
Бессараб Євген Федорович 
(підпис, прізвище та ініціали)

допущений до захисту 14.12.21
(дата)

Завідувач кафедри  Гвоздева І.М.
(підпис, прізвище та ініціали)

Керівник  Гвоздева І.М.
(підпис, прізвище та ініціали)

Нормоконтролер  Гвоздева І.М.
(підпис, прізвище та ініціали)

Рецензент 
(підпис, прізвище та ініціали)

Одеса – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки

Спеціалізація: Експлуатація суднового електрообладнання і засобів
автоматики

Кафедра «Електрообладнання та автоматики суден»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ЕО і АС

 Гвоздева І.М.

« 15 » 06 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу бакалавра

Бесараб Євген Федорович

1. Тема: «Електрообладнання, електронна апаратура та системи управління балкером водотоннажністю 21600 тон»

затверджена наказом ректора академії від «15» 06 2021 р. № 818

2. Термін здачі курсантом закінченої роботи до 20.06.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: технічна документація судна – балкера водотоннажністю 21600 тон.

4. Змістовна частина розділів дипломної роботи ступеню вищої освіти «бакалавр», спеціальність 271 «Річковий та морський транспорт», спеціалізація «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики»:

4.1. Технічно-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна:

- опис корпусу судна та рушія, головної енергетичної установки, вантажного комплексу, допоміжних механізмів і систем;

- вибір та обґрунтування основних параметрів СЕЕС.

4.2. Судновий електропривод та система його управління (суднова електромеханічна система):

- аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки (наприклад, ДАУ ГД, ДАУ ДГ, системи управління допоміжними механізмами та загально-судновими системами, тощо);

- технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації та внутрішнього зв'язку;

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

4.5. Питання цивільного захисту та охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу:

- принципова схема силової частини електроприводу та його системи управління;

- однолінійна схема ГРЩ і АРЩ;

- система збудження СГ;

- структурна або функціональна схема АСУ СЕЕС, алгоритм управління, тощо;

- принципова або структурна схема системи управління технічним об'єктом, граф-схема алгоритму функціонування.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис і дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Безпека та виживання на морі	Тарасова О.Т.	25.11.2021	30.11.2021
Цивільний захист	Гвоздева І.М.	10.12.2021	13.12.2021

Дата видачі завдання: « » 2021 р.

Керівник _____

Гвоздева І.М.

Завдання прийняв до виконання _____

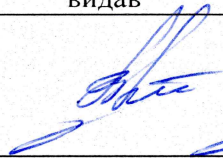
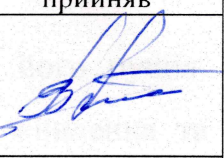
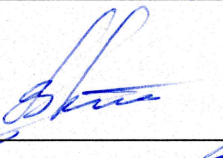
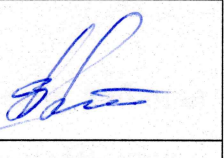
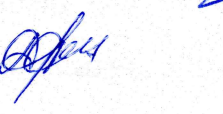
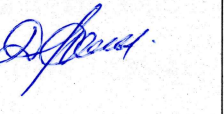
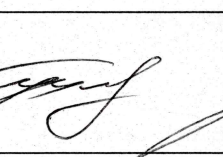
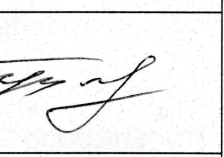
Бесараб Є.Ф.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

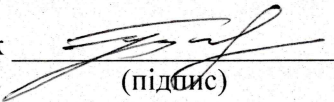
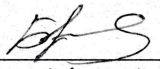
№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання	Примітки
1.	Отримання завдання на дипломну роботу	17.05.2021	
1	Розрахунок потужності та вибір електродвигуна баластного насоса Вибір комутаційно-захисної апаратури та засобів електромагнітної сумісності електроприводу. Розробка інструкції з експлуатації електроприводу баластного насосу	17.05.2021	виконано
2	Суднова електроенергетична система: розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості, потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів СЕЕС; розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ; вибір генераторних автоматів; вибір системи збудження синхронних генераторів; перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електроприводу на втрату напруги; вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка функціональної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС; загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення.	18.05.2021 02.06.2021	виконано
3	Аналіз систем та пристроїв управління судном: технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем; аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки; ГМЗСБ і навігація.	2.06.2021 10.06.2021	виконано
4	Цивільний захист та охорона праці	26.11-31.11	виконано
5	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини роботи.	2.12.2021- 13.12.2021	виконано
6	Проходження перевірки та виявлення збігів у дипломній роботі здобувача	17.12.2021	виконано

Студент  Бесараб Є.Ф.Керівник  Гвоздева І.М.

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

Розділ	Консультант	Підпис і дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
II (САЕП)	Кеменко ВВ		
III (САЕЕС)	Кеменко ВВ		
V. 1 (БЖ)	Тарасюк Д.Т.		
V. 2 (ЦЗ)	Гвоздева ІМ		

7. Дата видачі завдання 17.05.2021 р.

Керівник  (підпис) Завдання прийняв до виконання  (підпис)

РЕФЕРАТ

Електрообладнання, електронна апаратура та системи управління балкером
водотоннажністю 21600 тон

У дипломній роботі наведено загальний опис судна та його рушія. Розглянутий електропривод баластного насосу, вибрана схема живлення та управління електроприводу.

Розглянута суднова електроенергетична система. Розрахована таблиця навантаження для основних характерних режимів роботи судна. Підібрані основні та аварійний генераторні агрегати. Виконані розрахунки струмів короткого замикання та провалу напруги. Розроблена система розподілення електроенергії. Вибрані засоби автоматизації СЕЕС.

Наведені технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем, системи контролю, сигналізації та внутрішнього зв'язку. Розглянуті питання охорони праці та цивільного захисту.

В дипломній роботі наведені такі схеми: принципова схема силової частини електроприводу баластного насосу, його система управління; однолінійна схема ГРЩ та АРЩ; система збудження генераторів, функціональна схема автоматизації суднової електростанції, принципова схема системи управління провізійним краном.

СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД; БАЛАСТНИЙ НАСОС, СУДНОВА
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ; ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОР, ГОЛОВНИЙ ТА АВАРІЙНИЙ
РОЗПОДІЛЬНІ ЩИТИ; АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ; ПРОВІЗІЙНИЙ КРАН

ABSTRACT

Electrical equipment, electronic hardware and control systems of bulker of 21600 tons water tonnage.

In bachelor's degree work a general description of the vessel and its engine are described. The electric drive of ballast pump is considered and the power circuitry and control system of electric drive is selected.

Ship's electric power system is considered. The load table for the typical operating modes of the vessel is calculated. The main and emergency generating sets are selected. The calculations of short-circuit currents and voltage failure for the selection of equipment and protective equipment of the SEES are performed. The system of electricity distribution is developed. The means of automation of the SEES are selected.

The technical characteristics and design features of the ship computer network of information and control systems, control systems, signaling and internal communications are presented. The issues of labor protection and civil protection are considered.

In diploma work there are following scheme: a schematic diagram of the power of the electric drive of ballast pump and its control system; single-line diagram of MDB and EDB; system of excitation of generators, functional scheme of automation of a ship's power plant, schematic diagram of the control system of the provisioning crane.

SHIP ELECTRIC DRIVE; BALLAST PUMP, SHIP POWER STATION; DIESEL-GENERATOR, MAIN AND EMERGENCY DISTRIBUTION BOARDS; CONTROL ALGORITHM; PROVISIONING CRANE

ЗМІСТ

ВСТУП.....	10
ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	11
1 ТЕХНІЧНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА	12
1.1 Стислий опис корпусу судна та рушія, головної енергетичної установки, вантажного комплексу, допоміжних механізмів і систем	12
1.2 Обґрунтування основних параметрів суднової електроенергетичної системи та вибір її типу	13
2. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДА БАЛАСТНОГО НАСОСУ	17
2.1. Розрахунок потужності та вибір електродвигуна баластного насоса	17
2.2 Вибір схеми живлення та управління	19
2.3. Вибір комутаційно-захисної апаратури та засобів електромагнітної сумісності електроприводу	20
2.4 Інструкція з експлуатації електроприводу баластного насосу.....	24
3 РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ	27
3.1 Розрахунок потужності СЕЕС і вибір потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів суднової електростанції	27
3.2 Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії	32
3.3 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійних схем ГРЩ та АРЩ	33
3.4 Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів	38
3.5 Вибір апаратів, приладів, приборів ГРЩ та фідерів, що відходять від ГРЩ	42
3.6 Вибір системи збудження синхронних генераторів	44
3.7 Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії	49

3.8 Перевірка кабелю живлення одного з найбільш віддаленого електроприводу на втрату напруги	50
3.9 Вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, розробка алгоритмів управління СЕЕС	51
3.10 Загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення, суднових сигнально-розпізнавальних вогнів, низьковольтного освітлення	54
4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ	56
4.1. Технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі, інформаційних і управляючих систем	56
4.2. Аналіз роботи системи автоматичного управління вантажопідйомним механізмом провізійного крану	58
4.3. Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації, та внутрішнього зв'язку	63
4.4. Технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіонавігаційних пристроїв та радіозв'язку	70
5 ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ	73
5.1 Дії членів екіпажу при отриманні команди «Шлюпочна тривога» та процедури при посадці в колективні рятувальні засоби	73
5.2 Правила техніки безпеки при пересуванні по судну. Організаційно-технічні заходи попередження травмування	77
5.3 Організація контролю за пожежною безпекою судна	81
5.4 Запобігання забрудненню моря шкідливими речовинами, які перевозяться в упаковці, вантажних контейнерах, знімних танках. Вимоги до пакування та маркування	84
5.5 Питання цивільного захисту	85
ВИСНОВКИ.....	94
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	95
ДОДАТКИ	97

ВСТУП

Удосконалення суднових енергетичних систем і всього суднового електроустаткування спрямовано на підвищення ефективності та екологічності функціонування суднових механізмів і систем. Поліпшення експлуатаційних характеристик суднових механізмів та систем, збільшення періоду між ремонтними роботами та профілактичними оглядами устаткування, зменшення можливості виникнення аварійних ситуацій здійснюється шляхом поліпшення алгоритмів контролю за роботою устаткування й автоматизації процесу управління його роботою. Системи автоматичного управління виконують повністю функції автоматичного регулювання та контролю діагностичних параметрів, діагностування стану технічних засобів за участю людини - оператора або без його особистої участі.

На сучасних судах кількість споживачів електроенергії суднової електростанції безупинно збільшується, потужності споживачів зростають, відповідно зростає напруженість процесів в суднових електричних станціях. Удосконалення електроустаткування суднових електростанцій здійснюється за рахунок впровадження нових інформаційних технологій у напрямках розширення застосування їх комплексної автоматизації шляхом підвищення якості генерованої електричної енергії; вдосконалення конструкцій суднових машин та приладів. Широке застосування на морському флоті отримали цифрові, зокрема мікропроцесорні, системи управління. Вони дозволяють значно удосконалити алгоритми управління, підвищити експлуатаційних показники автоматизованих суднових електроприводів, а також надійність роботи суднових механізмів.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АВ – автоматичний вимикач,
АД – асинхронний двигун,
АДГ – аварійний дизель-генератор,
АПС – аварійно-попереджувальна сигналізація,
АРН – автоматичний регулятор напруги,
АРЩ – аварійний розподільний щит,
ВМ – виконавчий механізм,
ГРЩ – головний розподільний щит,
ГА – генераторні агрегати,
ГД – головний двигун,
ДГ – дизель – генератор,
ЕП – електропривод,
КВП – контрольно-вимірювальні прилади,
КЗ – коротке замикання,
ККД – коефіцієнт корисної дії,
МВ – машинне відділення,
МКВ – машинно-котельне відділення,
ПЛК – програмований логічний контролер,
РЩ – розподільний щит,
СГ – синхронний генератор,
СЕЕС – суднова електроенергетична система,
СУ – система управління,
СЕУ – суднова енергетична установка,
ТО – технічне обслуговування,
ЦП – центральний процесор,
ЦПУ – центральний пункт управління,
ЩЖБ – щит живлення з берега.

1 ТЕХНІЧНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА

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

Архітектурно - конструктивний тип судна: однопалубне, з баком, надбудовою, а також з крейсерською кормою. Судно призначено для перевезення навалювальних і насипних вантажів: вугілля, різних руд, залізної - рудних концентратів, апатитів, зерна, цементу. Місткість судна складає 34.845t вантажу. Район плавання – необмежений, швидкість судна в повному вантажі при 85 % експлуатаційної потужності ГД – 14,4 вузлів.

Загальна характеристика судна

Тип – Балкер;

Довжина судна – 177.00 м

Ширина – 30.00 м

Осадка с порожнем – 9.80м

Осадка у вантажу – 14.05 м

Тоннажність у повному вантажу – 34.845 т

Швидкість у повному вантажу – 14.4 вузлів

Район плавання – необмежений

Кількість трюмів – 5.

Енергетична установка:

Виробник – MAKITA-MITSUBISHI MAN B&W

Тип – 6S46ME-B8.5

Потужність – 5720kW

Частота обертання валу – 110 об/хв

Тип передачі на гребний вал – пряма

Керування двигуном – із ходової рубки і ЦПУ

Кількість гвинтів – 1

Тип – гребний гвинт фіксованого кроку

Діаметр – 5.600 м

Рульова машина:

Виробник – MITSUBISHI

Тип – SFC-50

Обертаючий момент – 520 кН·м

Максимальний робочий тиск – 21.1 МПа

Потужність – 7.5 кВт

Допоміжний котел:

Виробник – OSAKA BOILER MFG. CO.,LTD

Тип – VERTICAL, SMOKE TUBE, COMPOSITE

Модель – OVS2-80/72-22

Паропродуктивність – 725 кг/год

Тиск пару – 0.59 МПа

Тип горілки – MJ II-90-3

Використання пального за 1 годину - 66 кг

Діаметр котла – 2200 мм

Висота котла – 5534 мм

1.2 Обґрунтування основних параметрів суднової електроенергетичної системи та вибір її типу

Вибираємо суднову електроенергетичну систему (СЕЕС) трифазного змінного струму для встановлення на розглядаємому судні. Це рішення зумовлене тим, що застосування електродвигунів змінного струму у складі суднових електроприводів має ряд переваг в порівнянні з електроприводами постійним струмом.

Розподіл електричної енергії на судні здійснюється за допомогою силової мережі, підключеної до ГРЩ (MSB) яка отримує живлення від основних дизель-генераторів. Аварійна мережа підключена до АРЩ (ESB) і отримує живлення від аварійного дизель-генератора. Основні і резервні джерела електроенергії, ГРЩ розміщуємо в машинному відділенні, аварійний генератор і АРЩ – на головній палубі у кормовій частини надбудови.

На судні заплановано застосування фідерно-групової системи розподілу електроенергії. У цьому випадку безпосередньо до ГРЩ (MSB) чи АРЩ (ESB) підключені самостійні лінії живлення (фідери), що підходять до всіх відповідальних струмо-отримувачів і групових РЩ (DB). Групові РЩ (DB) здійснюють розподіл електроенергії серед групи однакових або близьких за призначенням споживачів. Фідери призначені для передачі електроенергії між двома будь-якими розподільними щитами чи між розподільним щитом і приймачем або джерелом електроенергії. Для скорочення витрати кабелю групові РЩ (DB) розташовуються, як можна ближче до приймачів електроенергії.

Основні траси кабелів прокладені по бортах судна з переходом по перегородках до щитів і приймачів електроенергії. На судні застосовано прихована проводка кабелів в спеціальних каналах, що забезпечують огляд кабельних трас. Кріплення кабелів проводиться за допомогою кабельних підвісів, що прикріплюються до набору корпусу судна. Проходи пучків кабелів через водонепроникні перегородки судна здійснюється за допомогою прохідних кабельних коробок, що заливаються ущільнювальною масою. Для прокладки кабельних трас вибрано найкоротші шляхи, по можливості, прямолінійні і доступні для огляду.

Всі технічні рішення, які застосовані при розробці суднової СЕЕС, відповідають вимогам Правил Регістру [1, 2].

Параметри обраної електростанції:

Рід струму – змінний, 3 фази, 60 Гц

Напруга силової мережі – змінний, 440 В

Напруга мережі освітлення – змінний, 220 В

Напруга постійного струму – 24 В.

В якості основних джерел електроенергії застосовані:

Дизель-Генератор:

Виробник –YANMAR CO.,LTD

Модель – 6EY18ALW

Циліндрів - 6

Швидкість/ потужність – 900 об/хв / 550kW (748 кс)

Генераторний Агрегат:

Кількість генераторних агрегатів – 3 шт.

Виробник – TAIYO ELECTRIC CO.,LTD

Модель - DRIP-PROOF BRUSHLESS FE 547A-8

Потужність – 625kVA (500kW)

Напруга – 450V 60Hz

Фаз – 3

Швидкість 900 об/хв

В якості аварійного джерела електроенергії застосовується наступне обладнання.

Аварійний дизельний генераторний агрегат:

Виробник – MITSUI E&S POWER SYSEMS, INC.

Модель – TD914L06M

Циліндрів - 6

Швидкість/ потужність – 1800 об/хв / 99kW(135 кс)

Аварійний генераторний агрегат:

Виробник – CUMMINS GENERATOR TECHNOLOGIES

Модель - DRIP-PROOF BRUSHLESS UC.M274CI

Потужність – 80kVA (64kW)

Напруга – 450V 60Hz

Фаз – 3

Швидкість - 1800 об/хв

Детальніше о виборі та обґрунтуванні основних параметрів СЕЕС буде розглянуто в розділі 3 даної дипломної роботи.

2. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДА БАЛАСТНОГО НАСОСУ

2.1. Розрахунок потужності та вибір електродвигуна баластного насоса

Кожне судно повинно бути обладнане баластними насосами, які входять до складу суднової баластної системи, відповідно до норм, встановлених Міжнародною конвенцією СОЛАС International Convention for the Safety of Life at Sea - SOLAS).

Баластні системи призначені для прийому в цистерни водяного баласту, перекачування та видалення його з судна з метою зміни осадки та стійкості судна, вирівнювання або створення в необхідних випадках штучних крену (кренова система) та диферента (диферентна система) при виконанні вантажно-розвантажувальних робіт, плавання у льодах та в аварійних ситуаціях, а також у зв'язку з витрачанням запасів палива та води.

У загальному вигляді баластні системи призначені для забезпечення нормальної експлуатації транспортних суден, зокрема зміни посадки (крену, диферента, опади) порожнього судна та метацентричної висоти судна з вантажем.

Для підвищення надійності баластної системи до її складу входять два баластних насоса. Продуктивність баластних насосів вибирається таким чином, щоб забезпечити подачу води з заданим тиском. Продуктивність кожного баластного насоса повинна бути не менше 80% від загальної необхідної подачі води, поділеній на мінімально необхідне число баластних насосів. Однак продуктивність повинна бути не менше 25 куб / год., при цьому насос повинен забезпечити необхідний тиск води. В якості баластних насосів використовуються високонапорні відцентрові насоси.

В даному розділі розрахуємо потужність електричного асинхронного двигуна електроприводу баластного насоса [3–6]. Потужність на валу електродвигуна, яка необхідна для обертання центробіжного насоса,

визначається роботою, яка витрачається на підняття рідини та розраховується за формулою:

$$P_{ДВК} = \frac{k_{зап} \cdot Q \cdot \gamma \cdot (H_{ст} + \sum H_M) \cdot 10^{-3}}{\eta_{об} \cdot \eta_{нас}} = \frac{k_{зап} \cdot Q \cdot p_{наг} \cdot 10^{-3}}{\eta_{об} \cdot \eta_{нас}} \quad (2.1)$$

де $P_{ДВК}$ – корисна потужність на валу електродвигуна, кВт; $k_{зап} = 1,05 \div 1,15$ – коефіцієнт запасу; $H_{ст}$ – статична складова напору, м; $\sum H_M$ – втрати напору в трубопроводі і місцевих опорах напору, м; Q – подача, м³/с; γ – удільна вага рідини, Н/м³; $p_{наг}$ – тиск нагнітання, Н/м²; $\eta_{об} = 0,94$ – коефіцієнт, враховуючий втрати через нещільності; $\eta_{нас}$ – ККД насоса.

Баластний насос, який розглядається в роботі, має наступні параметри: $\eta_{нас} = 0,70$; $\eta_{об} = 0,94$; $Q = 200$ м³/ч; $p_{наг} = 600 \cdot 10^3$ Па.

Перерахуємо Q в м³/с:

$$Q = 200/3600 = 0,0556 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Корисна механічна потужність насоса визначається за формулою

$$N_K = Q \cdot p_{наг} \cdot 10^{-3} = 0,0556 \cdot 600 \cdot 10^3 = 33,36 \text{ кВт}.$$

Підставимо обрані параметри насоса у формулу (2.1):

$$P_{ДВК} = \frac{1,15 \cdot 0,0556 \cdot 600 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}}{0,94 \cdot 0,7} = 58,3 \text{ [кВт]}. \quad (2.2)$$

Тип електродвигуна вибирають у залежності від роду струму на судні і типу насоса. Асинхронний електродвигуни з короткозамкненим ротором змінного струму в більшості випадків цілком задовольняють усім вимогам, які пред'являються до електроприводів центробіжних насосів. З урахуванням співвідношення $P_{ЕЛД} = P_{ДВК} / \eta_{ДВ} = 58,3 / 0,95 = 61,4 \approx 63$ кВт, де $\eta_{ДВ}$ – ККД електродвигуна. Вибираємо електродвигун фірми AZCUE [3] типу: 280SA, параметри якого наведені у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Паспортні дані асинхронного короткозамкненого електродвигуна

Типорозмір електродвигуна	Потужність, кВт	Дані при номінальній потужності				I_n/I	M_n/M	$M_{\max}/M_n$	Маса, кг
		Частота обертання, об/м	Струм статора при напрузі 440 В, А	ККД	$\cos \varphi$				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
280SA	63	1765	102	0,95	0,84	7,4	2,8	3,0	395

2.2 Вибір схеми живлення та управління

Схему живлення та управління обираймо згідно вимог Регістра до даного типу суднових механізмів [1, 2], параметрів суднової силової мережі живлення та відповідно до знаку автоматизації судна.

Для забезпечення необхідного рівня надійності на судні встановлено два баластних насоса, тобто обидва насоси дублюють один одного. Алгоритм роботи схеми управління баластним насосом відповідає наступній послідовності: насоси вручну включаються в автоматичний режим та один з двох запускається, на наступному кроці система автоматики контролює роботу насосу, а інший знаходиться в режимі очікування. В аварійних випадках, наприклад, коли зникає живлення, спрацьовує тепловий захист і автоматика включає резервний насос, а той, котрий зупинився, видає аварійний сигнал. Аналогічний алгоритм управління застосовується для другого насосу [3–6]. Принципова схема живлення та управління електропривода баластного насоса наведена в Додатку А.

2.3. Вибір комутаційно-захисної апаратури та засобів електромагнітної сумісності електроприводу

У відповідності з технічними даними електродвигуна (Табл. 2.1) вибираємо автоматичний вимикач, що підключає електропривод баластного насосу до мережі трифазного змінного струму. За даними [7] обираємо автоматичний вимикач фірми ABB T_{max} T1, основні характеристики якого:

Характеристика спрацьовування: C.

Кількість полюсів: 3.

Номінальний струм: 160 А.

Номінальна гранична відключаюча здатність при КЗ: 25 кА.

Максимальна робоча напруга: 690 В ~.

Номінальна частота: 50..60 Гц.

Номінальна включаюча здатність при КЗ: 52,5 кА.

Час відключення: 7,5 мс.

Напруга випробування ізоляції (номінальна частота, 1 хвилина): 3 кВ.

Клас обмеження: III.

Ступінь забруднення: 2.

Зносостійкість електрична / механічна: 10000 / 20000n.

Ступінь захисту корпус / затискачі: IP4x / IP2x.

Тип затиску: Циліндрична двунаправлена клема із захистом від неправильного монтажу, стійка до ударної дії.

Маса одного полюса: 0,4.

Обираємо кабель живлення насосу. Для того, щоб обрати потрібний кабель необхідно врахувати значення його струму. Після цього кабель вибирається із спеціальних таблиць та каталогів: це залежить від того, що цей кабель буде з'єднувати, як буде змінюватись струм, який протікає через нього.

Розрахований електропривод баластного насосу отримує живлення від ГРЩ.

Для розрахунку струму кабелю живлення використаємо наступну формулу:

$$I_K = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} U_H \cdot \cos \varphi_H \cdot \eta_H} \quad (2.3)$$

де P_H – номінальна потужність електродвигуна насосу; U_H – напруга живлення електродвигуна; $\cos \varphi_H$ – коефіцієнт потужності приймача; η_H – коефіцієнт корисної дії приймача.

$$I_K = \frac{63 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 440 \cdot 0,84 \cdot 0,95} = 104 \text{ A}.$$

Згідно наведеному значенню струму току вибираємо потрібний кабель марки MPRX 3x50 мм². Основні характеристики кабелю [8]:

- площа поперечного перерізу 50 мм²;
- номінальна напруга до 600 В, частота 60 Гц;
- номінальний струм до 126 А, частота 60 Гц;
- електричний опір ізоляції при температурі +20°C, не менш, ніж 100 МОм/км;
- тривало допустима температура на токоведучій жилі, не більш, ніж +65°C;
- мінімальний строк роботи 25 років.

Основні вимоги до суднового електропривода наступні:

- від шин ГРЩ повинні одержувати живлення електроприводи рульового, якірного пристроїв, пожежних і осушувальних насосів, компресорів і т.д.
- для електроприводів механізмів, робота яких за певних умов може призвести до ушкоджень електроустаткування і загрожувати безпеці людей необхідно передбачити ручні пристрої безпеки, що забезпечують відключення електроприводів;
- комутаційна апаратура керування в ланцюгах електроприводів, що не є одночасно захисним пристроєм від струмів короткого замикання повинна витримувати струм КЗ, який може протікати в місці його установки протягом часу, необхідного для спрацювання захисту;

– опір ізоляції кабельної мережі живлення окремого електропривода під час огляду повинно бути не нижче 1 МОм.

Розрахуємо втрату напруги

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} I_a \cdot l \cdot 100}{\gamma \cdot S \cdot U} \quad (2.4)$$

де I_a – активна складова струму, γ - провідність струмопровідних частин і дорівнює 48 м/Ом*мм² при $t = 65^\circ\text{C}$.

$$I_a = I_K \cdot \cos \varphi = 104 \cdot 0,84 = 87,36 \text{ A} \quad (2.5)$$

Підставив I_a до формули (2.4), маємо:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 87,36 \cdot 20 \cdot 100}{48 \cdot 50 \cdot 440} = 0,27 \%$$

Таким чином, втрата напруги не перевищую припустимих значень і кабель вибрано у відповідності з вимогами [1, 2].

Електроприводи під час роботи піддаються шкідливим впливам (завадам), які можуть привести до порушень (збоїв) в їх роботі, а в деяких випадках – і до аварійних ситуацій. Завади – це електромагнітні величини, джерелами яких можуть бути різні суднові електротехнічні або електронні пристрої та фізичні процеси, наприклад: іскрові розряди при замиканні і розмиканні контактів електричних апаратів, комутаційні процеси в напівпровідникових перетворювачах, грозові розряди в атмосфері і багато інших процесів. Найбільш сильно завади впливають на пристрої електроприводів. У той же час і самі електроприводи можуть бути джерелами таких завад, роблячи шкідливий вплив на інші пристрої і системи і порушуючи тим самим їх нормальне функціонування. З одного боку електроприводи повинні мати завадостійкість, а з іншого боку – не повинні бути джерелами завад. Ці якості відповідають поняттю “електромагнітна сумісність”, тобто здатність електроприводів функціонувати в умовах реальної електромагнітної обстановки, зберігаючи свою працездатність і не створюючи перешкод в роботі інших пристроїв, для

цього встановлюють фільтри, які подавляють завади, на лініях силового живлення та інформаційних каналах.

Фільтри являють собою пристрої, що забезпечують затухання завад, що надходять по провідникам. Параметри фільтрів вибираються таким чином, щоб вони зменшували рівень перешкоди і не спотворювали корисний електричний сигнал. Основними елементами фільтрів є конденсатори і котушки індуктивності.

Екранування елементів електроприводу дозволяє послаблювати вплив на них зовнішніх електромагнітних полів і зменшити вплив завад, які виходять від них. Екрануванням можуть піддаватися електротехнічні установки та їх частини, силові та інформаційні лінії, а в ряді випадків – і приміщення в цілому. В якості екранів використовуються: фольга, металеві пластини, стрічки, обплетення, сітки і ряд інших виробів і матеріалів. За умовами забезпечення безпеки корпуси приладів і екрани приміщень заземляються в певних точках.

Гальванічна розв'язка дозволяє усунути взаємний вплив електричних ланцюгів (в першу чергу силових) та інформаційних каналів всередині пристроїв. В якості елементів, що забезпечують гальванічну розв'язку, використовуються електромагнітні реле, трансформатори, оптико-електронні прилади, спеціальні роздільні схеми. Обмежувачами перенапруг є спеціальні пристрої, які призначені для захисту від перенапруг, викликаних розрядами статичної електрики, комутаційними процесами та іншими причинами. У їх якості можуть використовуватися лавинні діоди, варистори, газонаповнені і повітряні розрядники та їх комбінації.

2.4 Інструкція з експлуатації електроприводу баластного насосу

1). Експлуатація баластного насосу повинна здійснюватися відповідно до нормативних документів по безпечній експлуатації насосів, зокрема, технічного опису та інструкції по експлуатації та ін.

2). Електрообладнання насосу повинно бути заземлено. Металеві оболонки кабелю повинні входити в безперервний ланцюг, надійно з'єднаний з корпусом судна [1, 2]. Заземляти треба оболонки на обох кінцях кабелів.

3). Судновий електромеханік повинен перевіряти заземлення електричного обладнання, його ступінь захисту від небажаного впливу навколишнього середовища, а також наявність на кріпильних болтах і шпильках електричного обладнання пристосувань проти відгвинчування.

4). Усі струмопровідні частини електроприводу баластного насосу повинні бути захищені таким чином, щоб була усунена можливість дотику до них обслуговуючого персоналу. Температура окремих частин не повинна бути вище норм, вказаних в Правилах Регістру [1, 2].

5). Електропривод баластного насосу повинен бути обладнаний засобами аварійної сигналізації і блокування, що забезпечують його безаварійну роботу.

6). При автоматичному відключенні автоматів на розподільчих пристроях дозволяється повторне одноразове включення. При подальшому відключенні слід знайти і усунути причину несправності.

7). Електромеханік повинен проводити роботи з монтажу і ремонту електроустаткування при знятій напрузі на розподільному щиті. У місцях включення напруги повинен бути вивішений плакат “Не включати, працюють люди”. Під час демонтажу електричної частини завжди потрібно маркувати кінці, під час розбирання механічної частини приводу – ставити мітки.

8). Забороняється проводити будь-якого роду виправлення, ремонт та чищення рухомих частин під час руху судна. В період ремонту і при налагодженні необхідно користуватися тільки ручним керуванням.

9). Судновий електромеханік повинен систематично стежити за станом ізоляції електроприводу баластного насосу. Перевірку опору ізоляції силових ланцюгів змінного струму треба виробляти пофазно.

10). Судновий електромеханік повинен перевіряти контакти електричного обладнання на наявність обгорілих та зношених контактів, ослаблених контактних з'єднань, пошкоджених обмоток котушок і проводів внутрішнього монтажу та ін.

11). Необхідно періодично перевіряти щільність контактних з'єднань елементів електрообладнання насосу в місцях підведення кабелів.

12). На розподільчих пристроях необхідно забезпечити вільний доступ до автоматів, електровимірювальних приладів, шунтів, трансформаторів, резисторів і інших елементів для огляду і заміни. Кришки апаратів повинні легко зніматися, відкриватися і встановлюватися без замикань струмоведучих частин [1].

13). Перед кожним виходом в море електромеханік повинен забезпечити виконання наступних робіт:

- перевіряти стан електродвигунів, пускової апаратури, дистанційних та місцевих постів управління, блокувань, засобів захисту та сигналізації;
- з відома вахтового механіка необхідно перевірити електроприводи в дії на холостому ходу і під навантаженням (при можливості), в тому числі роботу систем управління, захисту, блокування, сигналізації і вимикачів безпеки, з усіх посад управління і систем автозапуску резервних механізмів;
- перевіряти справність захисних заземлень;
- виміряти опір ізоляції.

Всі несправності, виявлені при перевірці електроприводів, підлягають негайному усуненню. Електроприводи резервних механізмів повинні перебувати в стані постійної готовності.

14). При щоденному огляді електроприводів баластних насосів необхідно:

- зробити зовнішній огляд електричних машин, звертаючи увагу на їх справність;
- переконатися у відсутності пилу, вологи, масла і палива на зовнішніх поверхнях електричних машин;
- переконатися в тому, що вентиляційні канали (при їх наявності) відкриті при працюючому електроприводі;
- виміряти навантаження електроприводів по щитовим приладам;
- переконатися у відсутності неприпустимою вібрації і сторонніх шумів, а також підвищеної температури працюючих електроприводів;
- перевірити справність захисних заземлень;
- перевірити готовність до дії електроприводів, що знаходяться в резерві.

3 РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Розрахунок потужності СЕЕС і вибір потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів суднової електростанції

Судно є автономним спорудженням, тому в будь-яких можливих випадках, у яких воно може опинитися, судно повинно обходитися своїми пристроями та засобами. Дуже важливим є забезпечення безперебійного постачання електроенергією деяких механізмів і систем, перерва в роботі котрих неприпустима. Постачання споживачів електроенергією є основною вимогою до СЕЕС.

Рід струму вибираємо змінний, тому що в даний час більшість споживачів працюють на змінному струмі. Електроустаткування на змінному струмі більш надійно в роботі і просте в конструкції, а отже й в обслуговуванні. Пускова апаратура значно простіша і більш надійна ніж апаратура постійного струму. Вага і вартість електрообладнання (ЕО) змінного струму також менші. Частота змінного струму в розробляємій СЕЕС дорівнює 60 Гц. Споживачі, для роботи яких потрібний струм підвищеної частоти, живляться через перетворювачі частоти.

При виборі потужності генераторних агрегатів суднової електростанції основні складнощі обумовлюються визначенням споживаних потужностей великої кількості споживачів електроенергії, що працюють з різним навантаженням в різних режимах роботи судна. Навантаження суднових електростанцій мають особливості для кожного з режимів роботи в залежності від типу і призначення судна. Величини навантажень електростанцій залежать від типу судна, потужності і типу енергетичної установки, водотоннажності, призначення та району плавання судна.

Досвід експлуатації показує, що характер зміни навантажень СЕЕС відноситься до категорії випадкових процесів, тому для їх визначення необхідно використовувати так звані випадкові методи. На сьогоднішній

день найбільш розповсюдженим є табличний метод, що вважається порівняно простим і універсальним. У табличному методі випадковість споживання враховується за допомогою коефіцієнтів завантаження й одночасності, які характеризують споживання електричної енергії. Однак правильний вибір цих коефіцієнтів є досить складною задачею.

У аналітичному способі метод розрахунку потужності СЕЕС ґрунтується на статистичному аналізі реальних навантажень СЕЕС і основних споживачів електроенергії на різних типах морських транспортних суден у нормальних експлуатаційних умовах. При цьому основними розрахунками режиму роботи СЕЕС для суден будь-якого типу з дизельною енергетичною установкою (ЕУ) вважаються розрахунки ходового режиму та стоянкового режиму судна без вантажних операцій судновими засобами, що досягають у сумі по тривалості 90% часу експлуатованого періоду суден. Інші розрахункові режими роботи СЕЕС (маневровий, стоянковий та ін.) є похідними від основних. В даній роботі застосований табличний метод розрахунку.

При виборі кількості генераторних агрегатів (ГА) та їх потужності потрібно виконати такі умови:

1) Завантаження генераторів в тривалих експлуатаційних режимах (стоянковий, ходовий) потрібно дорівнювати 70-90 % від номінального навантаження, в короточасних режимах (швартування, аварійний режим, зйомка з якоря) бути не нижче 50% для дизель-генераторів і не нижче 30-40 % для турбогенераторів (вказані значення завантаження забезпечують економічну роботу генераторів). Завантаження дизель-генераторів нижче 50% від номінального не рекомендується з причин прискореного зносу деталей і підвищеної витрати палива.

2) З метою підвищення живучості суднової електроенергетичної системи треба встановлювати у її складі не менш двох генераторних агрегатів. Потужність цих ГА повинна бути такою, щоб при зупинці одного з них вона була достатньою для живлення пристроїв і систем, необхідних для

забезпечення нормальних експлуатаційних умов руху і безпеки судна і мінімально необхідних умов перебування на ньому. Крім того, ГА, що залишилися, повинні забезпечити роботу пристроїв і систем, необхідних для пуску головного двигуна (ГД) при неробочому стані судна.

3) Усі можливі варіанти комплектації СЕЕС повинні задовольняти вимогам до основних джерел електроенергії на морських судах, які зазначені у Міжнародній конвенції по охороні людського життя на морі 1974 року, Публікації Міжнародної електротехнічної комісії (електричні установки на судах) і Правилах класифікації і будівництва морських суден Регістра [1,2].

4) Сумарна потужність і миттєва перевантажувальна здатність СЕЕС при виході з ладу кожного з наявних ГА повинні забезпечити пуск самого потужного електродвигуна з найбільш важким режимом пуску без порушення стійкості СЕЕС та інших споживачів електроенергії.

5) Генераторні агрегати повинні допускати можливість роботи з перевантаженням не менш 10% від номінальної потужності протягом не менш 1 години.

Відповідно до вимог Регістра [1] потужність АДГ повинна бути достатньою для забезпечення наступних споживачів електроенергії:

1) аварійне освітлення в усіх коридорах, трапах і виходах із службових приміщень, а також у кабінах пасажирських ліфтів і їхніх шахтах, машинних приміщеннях, приміщеннях ГА, усіх постів керування, а також ГРЩ і АРЩ, приміщеннях АДГ, рульової рубки, штурманської рубки і радіорубки, приміщеннях рульового приводу, у пожежного та аварійного осушувальних насосів, приміщеннях гірокомпаса, медичних приміщеннях, шлюпкових палуб і позабортних просторів;

2) сигнально-відмітних ліхтарів, ліхтарів сигналу "Не можу управлятися" та ін.;

3) засобів внутрішнього зв'язку та оповіщення, а також аварійної сигналізації;

- 4) радіо і навігаційного устаткування;
- 5) системи сигналізації виявлення пожежі;
- 6) ламп денної сигналізації, звукових сигнальних засобів;
- 7) одного з пожежних насосів і піногенераторів;
- 8) живлення РУ.

Розрахунок навантажень для різних режимів роботи судна наведено у таблиці навантажень (Додаток Б). У Таблиці 3.1 наведені підсумкові дані цих розрахунків.

Таблиця 3.1 – Підсумкова таблиця навантажень

Найменування режиму роботи	Сумарна споживана потужність*		
	P, кВт	Q, кВар	S, кВа
Ходовий	380	204	432
Стоянковий	679	409	793
Маневровий	457	246	519
Аварійний	54	30	62

Для приймачів, у яких відсутні паспортні дані, для величин к.к.д. і $\cos \varphi$, прийняті середньостатистичні значення для електродвигунів відповідної потужності й частоти обертання. Дані розрахунку (таблиця навантаження) необхідної потужності основних джерел електроенергії наведені в додатку Б. Коефіцієнт одночасності для безупинно й періодично працюючих приймачів враховує ймовірність не збігу за часом максимального споживання електроенергії всіх працюючих приймачів.

У даному випадку: у ходовому режимі $\cos \varphi_{cp} > 0,8$; у маневровому режимі $\cos \varphi_{cp} > 0,8$; у стоянковому режимі $\cos \varphi_{cp} > 0,8$; у аварійному режимі $\cos \varphi_{cp} > 0,8$. З цього виходить що генератори потрібно обирати по активній потужності. Враховуючи вище приведені вимоги до вибору

генераторів, вибираємо варіант комплектації СЕЕС, яка передбачає установку трьох синхронних генераторів фірми HAKODATE DOCK CO. LTD типу FE 547A-8 потужністю 625 кВА та одного аварійного генератора UC7.M274C1 потужністю 80 кВА (Табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Паспортні данні синхронних генераторів

Генератор	Тип	Потужність кВА	Об/хв	Напру- га	Струм А	Часто- та	Cos(φ)
Основний	FE 547A-8	625	900	450	802	60	0,8
Аварійний	UC7.M274C1	80	1800	450	103	60	0,8

Складемо таблицю для активної потужності всіх режимів, з наведенням кількості працюючих генераторів із врахуванням навантаження суднової СЕЕС (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Режим роботи СЕЕС та кількість працюючих генераторів

Режим роботи СЕЕС	Активна споживана потужність	Кількість генераторів
Ходовий	380 кВт	1х500 кВт
Маневровий	457 кВт	2х500 кВт
Стоянковий	679 кВт	2х500 кВт
Аварійний	54 кВт	1х64 кВт

3.2 Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії

Значення напруги акумуляторних батарей залежить від напруги приймачів, які отримують від них електроенергію. Більшість батарей мають напругу 6,12 В або 24 В. Додатково до аварійного дизель-генератору встановлена батарея короткочасного аварійного живлення напругою 220 В (яка дорівнює напрузі електромережі аварійного освітлення і ходових сигнально-відмінних вогнів). Таким чином, основним параметром для вибору акумуляторної батареї є значення ємності з урахуванням умов розрядки (струму і часу розрядки, кінцевої напруги). На підставі цього один з розглядаємих варіантів батарей складається з лужних акумуляторів, інший – з кислотних. Техніко-економічне порівняння зазначених варіантів батарей дає можливість вибрати кращий з них.

Таблиця 3.4 – Вихідні данні для вибору акумуляторних батарей

Приймач електроенергії	Споживна потужність, Вт	Час роботи, ч	Споживний струм, А	Ємність, А·ч
1	2	3	4	5
Освітлення МВ Велике аварійне освітлення Електронавігаційне обладнання	P1	t1	I_1	C_1
	P2	t2	I_2	C_2
	P3	t3	I_3	C_3

1. Сумарне значення ємності, необхідної для роботи приймачів

$$C_{o.n.} = C_1 + C_2 + C_3 \quad (3.1)$$

2. Середнє значення струму розрядки акумуляторної батареї

$$I_{p.б.} = C_{o.n.} / t_p \quad (3.2)$$

3. Струм розрядки

$$I_{p.a.} = I_{p.б.} / n \quad (3.3)$$

n-кількість паралельно з'єднаних акумуляторних батарей

4. Ємність дорівнює

$$C_{н.а.} = C_{о.н.} / n \cdot k_1 \quad (3.4)$$

k_1 – коефіцієнт, враховуючий зниження ємності від короткочасних струмів розрядки

Виходячи із розрахунку обираємо акумуляторні батареї:

Аварійний дизель генератор:

Тип: MF125D31R Герметичні 72АН(DC 12V) * 2pcs

Головні аварійні батареї:

Тип: MSE-200 Герметичні 200АН(DC24V)

Радіонавігаційні батареї:

Тип: MSE-200 Гермктичні 200АН(DC24V)

Вибір перетворювачів залежить від значення, вхідних та вихідних параметрів та схеми використання .

Силові трансформатори: HISANO ELECTRIC WORKS LTD.

Тип: (440/225V ЗРН 45kVA) * 2pcs

Тип: (440/225V ЗРН 15kVA) * 2pcs

Тип: (440/225V ЗРН 7.5kVA) * 1pcs

3.3 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійних схем ГРЩ та АРЩ

Лінії електропередачі, що входять в електричні мережі, підрозділяються на фідери і магістралі. Фідером називають лінію електропередачі, яка включена між двома будь-якими розподільними щитами або між розподільним щитом і приймачем або джерелом електроенергії. Магістраллю називають лінію електропередачі, паралельно до якої по її довжині підключається кілька розподільних щитів або окремих приймачів електроенергії.

У загальному випадку будь-яка електрична мережа може складатися як з фідерів, так і з магістралей. Однак на практиці мережі звичайно

підрозділяють на фідерні і магістральні в залежності від переважної кількості в них одних або інших ліній. При рівній кількості тих і інших мережу називають фідерно-магістральною.

При магістральному розподілі всі приймачі електроенергії одержують живлення від ГРЩ по декількох лініях — магістралям через послідовно включені в них розподільні щити РЩ. У випадку відмови в роботі хоча б однієї з магістралей порушується електропостачання великої кількості приймачів. Припинення живлення одного або декількох приймачів, яке можна чекати при розподілі електроенергії через фідер, майже не має негативного впливу на експлуатацію судна. Припинення живлення значної кількості приймачів при магістральному розподілі електроенергії, як правило, пов'язано з погіршенням експлуатаційних показників судна. У зв'язку з цим на більшості сучасних суден застосовуються СЕЕС з фідерним розподілом електроенергії.

СЕЕС з фідерно-магістральним розподілом електроенергії займає у відношенні безперебійності електропостачання проміжне положення між СЕЕС з фідерним і СЕЕС з магістральним розподілом. Однак, якщо в системі через фідери живляться найбільш відповідальні і потужні приймачі електроенергії, а через магістралі — другорядні, то вона по безперебійності електропостачання наближається до фідерної.

Відповідно до Правил Регістра [1,2] безпосередньо від ГРЩ електростанції повинні одержувати живлення електроприводи кермового і якірного пристроїв, насосів (пожежні, осушувальні і спринклерної системи), компресорів; гірокомпас; щити холодильної установки вантажних трюмів; щити основного освітлення, радіостанції, навігаційних приладів, сигнально-відмітних вогнів; електроприводи механізмів силової (енергетичної) установки; щити швартовних і шлюпкових пристроїв, вентиляції, нагрівальних приладів, пристроїв керування гвинтом регульованого кроку й інші відповідальні приймачі, що встановлені на даному судні.

З вище зазначеного випливає, що Правила Регістра віддають перевагу

СЕЕС з фідерним розподіленням електроенергії. Однак СЕЕС з фідерним розподіленням електроенергії мають ряд недоліків, що виявляються на суднах з високим рівнем електрифікації і великою кількістю приймачів електроенергії (пасажирських, промислових, науково-дослідних і ін.) До числа цих недоліків варто віднести велику довжину ГРЩ, що утрудняє його розміщення. У ряді випадків ГРЩ доводиться виконувати Г-образної або П-образної форми. Недоліком є значна трудомісткість електромонтажних робіт, викликана тим, що фідери, що відходять від ГРЩ, утворюють велику кількість різнотипних кабельних трас, які багаторазово пронизують палуби і перегородки судна в різних напрямках. Траси часто перетинаються. Виконання таких трас потребує заготівлі великої кількості кабелів різних діаметрів і перетинів. Для затягування, укладання і кріплення кабелів у таких криволінійних трасах залучається значна кількість людей, продуктивність праці яких досить низька. Застосування магістралей дає можливість зменшити довжину ГРЩ і скоротити кількість трас, що відходять від них. Траси, як правило, менш криволінійні та рідше перехрещуються.

Електричні ланцюги ліній передачі мереж розподілу електроенергії СЕЕС виконуються цілком ізольованими від корпусу судна. Заземлення нульових точок ланцюгів на корпус судна, а також використання корпусу судна в якості струмопроводу, як правило, не допускається.

Передача електроенергії постійного струму й однофазного змінного струму здійснюється лініями, електричні ланцюги яких є двухпровідними. Вони виконуються за допомогою двох одножильних кабелів або одного двожильного. Передача електроенергії трифазного перемінного струму здійснюється лініями, електричні ланцюги яких трьохпровідні або чотирьохпровідні (три фази і нульовий провід), виконані за допомогою трьохжильних кабелів для фаз і одножильного кабелю для нульового проводу або одного чотирьохжильного кабелю.

Як вказано у розділі 1, на розглядаємому судні застосована радіальна система розподілу електроенергії. Це схема, при якій відповідальні та

потужні споживачі електроенергії одержують живлення безпосередньо від ГРЩ, а інші – від розподільних щитів (РЩ), які, у свою чергу, живляться від ГРЩ. До ГРЩ також підключається автомат АРЩ, до якого підключені особливо відповідальні споживачі та який відключається при втраті напруги на шинах.

Визначаємо фідери групових та одиночних споживачів, які підключаються безпосередньо до ГРЩ:

– АРЩ (резервний пожежний насос, аварійна стернова машина, компресор пускового повітря, витяжний вентилятор приміщення аварійного генератора, витяжний вентилятор приміщення машинного відділення, головний повітряний компресор № 2, насоси циркуляційного масла дизель-генераторів, рульова машина, електронавігаційні прилади, сигнальні та відмітні вогні, сигналізація, зв'язок, прилади управління судном, аварійне освітлення, мале аварійне освітлення);

– РЩ сепараторів (сепаратор палива, сепаратор мастила, сепаратор очищення льяльних вод);

– РЩ гідрофорів (циркуляційний насос гарячої питної води, установка для очищення стічних вод і для господарських потреб, санітарний агрегат питної води, санітарний агрегат миттьової гарячої води);

– РЩ бойлерів (живильний насос допоміжного і утилізації котла, паливо-форсуючий насос допоміжного казана, насос перекачування котельної води і підживлення теплого ящика, схема автоматики МКВ, циркуляційний насос казана утилізації, насос хімічного очищення котла та ін.);

– РЩ вентиляції МВ (вентилятор витяжки з МВ, вентилятор витяжки з ЦПУ, вентилятор вдувної в МВ);

– РЩ вентиляції по палубах (вентилятори загальносуднової вентиляції);

– РЩ кондиціювання (компресорно-конденсатний агрегат кондиціювання повітря, насос охолоджуючої води і кондиціонерів повітря, агрегат системи кондиціювання, кондиціонер для ЦПУ);

– РЩ провізійних камер (компресорно-конденсатний агрегат провізійних камер, насос охолоджуючої води провізійних камер, повітроохолоджувач камер);

– РЩ майстерень (свердлувальний верстат, точільно-шліфувальний верстат, універсально-фрезерний верстат, зварювальний перетворювач, верстат настільно-токарний, кран МВ);

– РЩ сигналізації і зв'язку (радіозв'язок, трансляція);

– РЩ освітлення (основне освітлення, зовнішнє освітлення);

– РЩ навігаційного устаткування (сигнально-відмітні вогні, прожектор навігаційний, штурманське устаткування);

– РЩ побутових споживачів (плита камбузна, котел харчовий, піч хлібопекарська, тістомісилка, пральні машини, шафа холодильна, центрифуга, сушильно-прасувальний каток, картоплечистка);

– РЩ зарядки акумуляторів (випрямляч для зарядки акумуляторних батарей);

– РЩ насосів перекачування палива та мастила (насос перекачування мастила, насос перекачування важкого палива, насос перекачування легкого палива, насос відкачування шлаку).

– РЩ допоміжних механізмів ГД (агрегат охолодження форсунок, насос передпускового прокачування мастила, насос прісної води охолодження допоміжних механізмів);

– РЩ водоопріснювальної установки (насос мінералізатора, водоопріснювальна установка);

– Рульова машина,

– Кран вантажний,

– Пожежний насос,

– Баластний насос,

- Охолоджуючий насос прісної води ГД,
- Охолоджуючий насос заборної води ГД,
- Насос циркуляційного мастила ГД,
- Компресор пускового повітря,
- Осушний насос,
- Валоповоротний пристрій,
- Швартовна лебідка,

ГРЩ розподілений на ділянки, які сполучені між собою автоматичними вимикачами для підвищення живучості ГРЩ у разі аварії на будь якій ділянці. Однолінійна схема ГРЩ наведена у додатку В.

3.4 Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів

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

При виконанні розрахунків струмів короткого замикання приймають наступні основні умови:

- розглядається трифазне глухе коротке замикання;
- віддалення точки короткого замикання на фідерах від розподільних пристроїв приймається рівним 10м;
- опір дуги у точці короткого замикання не враховується;

- максимальна величина струму короткого замикання визначається з урахуванням підживлення точки короткого замикання підключеним еквівалентним навантаженням;
- ураховуються еквівалентні активний і реактивний опір окремих елементів і ділянок кабельної силової мережі;
- опір окремих елементів і ділянок мережі приводяться до відносних базисних одиниць;
- за базисну потужність прийнята сумарна потужність генераторів електричних станцій, працюючих у паралель в даному режимі.

Розрахунок виконується по методиці визначення періодичної складової струму короткого замикання в залежності від усього опору цепі короткого замикання по кривим затухання періодичної складової струму короткого замикання [8].

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

Для обраного генератора приймаємо:

Сверхперехідний опір по подовжній осі $X''_d = 13,1 \%$

Активний опір фази статора $r_a = 1,21 \%$

Виходячи з номінального струму генератора, який дорівнює 802 А в якості кабелю з'єднуючого ГРЩ із генератором вибираємо три паралельно прокладені кабелі марки MV-FHFX/A перетином $3 \times (3 \times 120) \text{ мм}^2$ [9]. Активний перетин кабелю $r = 0,124 \text{ Ом/км}$, реактивне $x = 0,073 \text{ Ом/км}$. Розрахункову довжину кабелю приймаємо рівної 10 м. У такий спосіб розрахункове значення опору кабелю $r_{\text{каб}} = 0,124 / (3 \times 100) = 0,0004 \text{ Ом}$; $x_{\text{каб}} = 0,073 / (3 \times 100) = 0,000243 \text{ Ом}$.

Активний опір автомата дорівнює $r_{\text{ав}} = 0,045 \text{ мОм}$, реактивний – $x_{\text{ав}} = 0,1 \text{ мОм}$. Приймаємо активний опір контактів, що підходять до ГРЩ кабелів рівним $r_{\text{кон}} = 0,045 \text{ мОм}$. Складаємо розрахункову схему (рис. 3.1) для визначення струму КЗ при короткому замиканні на шинах ГРЩ [8] та її схему заміщення (рис. 3.2).

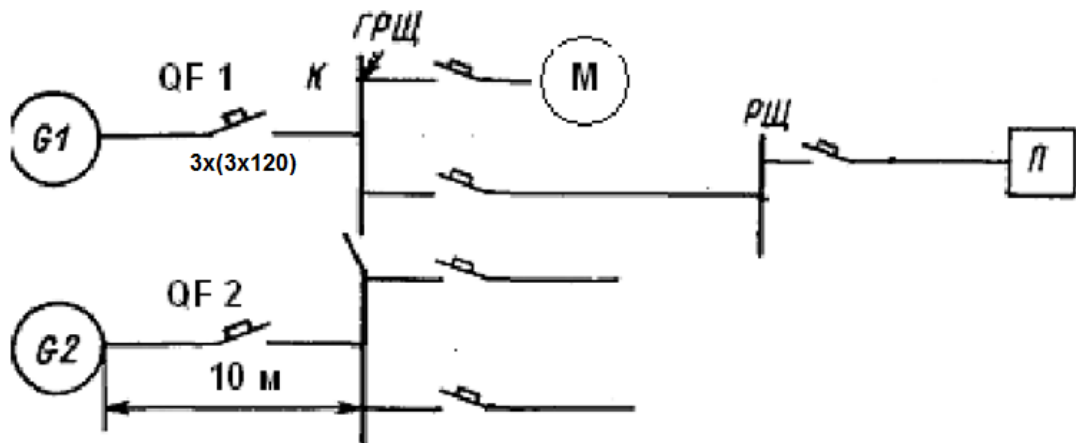


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема для визначення струму КЗ



Рисунок 3.2 – Схема заміщення

Базисну потужність приймаємо рівній сумі потужностей генераторів, базисна напруга – дорівнює номінальній напрузі генераторів (на шинах ГРЩ), тобто

$$S_0 = 625 + 625 = 1250 \text{ кВА}; U_0 = 450 \text{ В}; I_0 = 802 + 802 = 1604 \text{ А.}$$

Визначаємо значення опорів обмоток статора генераторів:

активні

$$r_1 = r_2 = r_a \cdot \frac{S_0 \cdot 1000}{U_0 \cdot U_0} = 0,0121 \cdot \frac{1250 \cdot 1000}{450 \cdot 450} = 0,0747 \text{ Ом}$$

реактивні

$$x_1 = x_2 = x''_d \cdot \frac{S_0}{S_{1,2}} = 0,131 \cdot \frac{1250}{1250} = 0,131, \text{ Ом}$$

Визначаємо опір автоматичних вимикачів, контактів і кабелів.

Активні:

$$r_3 = r_4 = (r_{ав} + r_{каб} + r_{кон}) \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}} \cdot 1000}{U_{\bar{\sigma}} \cdot U_{\bar{\sigma}}} = (0,000045 \cdot 2 + 0,0004) \cdot \frac{1250 \cdot 1000}{450 \cdot 450} = 0,003, \text{ Ом}$$

Реактивне:

$$x_3 = x_4 = (x_{ав} + x_{каб}) \cdot \frac{S_{\bar{\sigma}} \cdot 1000}{U_{\bar{\sigma}} \cdot U_{\bar{\sigma}}} = (0,0001 + 0,00024) \cdot \frac{1250 \cdot 1000}{450 \cdot 450} = 0,0022, \text{ Ом}$$

Визначаємо опір генераторних гілок.

$$\text{Активні: } r_5 = r_6 = r_1 + r_3 = r_2 + r_4 = 0,0747 + 0,003 = 0,0777, \text{ Ом}$$

$$\text{Реактивні: } x_5 = x_6 = x_1 + x_3 = x_2 + x_4 = 0,131 + 0,0022 = 0,1332, \text{ Ом}$$

Для визначення еквівалентного опору двох генераторних віток скористаємося комплексною формою їхнього вираження:

$$Z_5 = Z_6 = r_5 + jx_5 = r_6 + jx_6 = 0,0777 + j0,1332;$$

$$Z_7 = \frac{Z_5 \cdot Z_6}{Z_5 + Z_6} = \frac{(0,0777 + j0,1332) \cdot (0,0777 + j0,1332)}{(0,0777 + j0,1332) + (0,0777 + j0,1332)} = 0,0389 + j0,0666$$

$$r_7 = 0,0389 \text{ Ом}; x_7 = 0,0666 \text{ Ом}.$$

$$Z_7 = \sqrt{r_7^2 + x_7^2} = \sqrt{0,0389^2 + 0,0666^2} = 0,0771 \text{ Ом}.$$

Отримані опори r_7 , x_7 , Z_7 є результуючими при короткому замиканні на шинах ГРЩ.

По розрахункових кривих відповідно $Z_7 = 0,0771$ визначаємо $I_0 = 0,6$; $I_{0,01} = 0,62$; $I_{\infty} = 0,74$. Відношенню $x_7/r_7 = 0,0666/0,0389 = 1,712$ відповідає ударний коефіцієнт 1,16. Ударний струм генератора розраховується по формулі:

$$i_{уд,г} = \sqrt{2} \cdot I_0 (I_{0,01} + I_0 (\kappa_{уд} - 1)) = 1,4 \cdot 1604 (0,62 + 0,6(1,16 - 1)) = 1624,2 \text{ А}.$$

При коротком замыкании в точке K_1 , $\Delta U = 0$; $I_d = (0,9 - 0)/0,335 = 2,68$;

$$i_{уд,д} = \sqrt{2} \cdot 1604 \cdot 2,68 = 6079,3 \text{ А}$$

$$i_{уд} = i_{уд,г} + i_{уд,д} = 1624,2 + 6079,3 = 7703,5 \text{ А}$$

На підставі номінального струму генератора в якості генераторного автоматичного вимикача вибираємо селективний автоматичний вимикач фірми TERASAKI типу AGR-22BS-PR [10].

Номінальні дані обраного автоматичного вимикача:

Номінальна напруга	450 В
Номінальний струм	922 А
Ударний струм:	65 кА
Час замикання:	75 мс
Номінальна гранична здатність, що відключає	40 ка
Ударний струм	84 кА
Час замикання	80 мс
Час спрацьовування на струм до 36 кА	70 мс
Час спрацьовування на струм понад 36 кА	30 мс

На підставі отриманого значення ударного струму КЗ можна зробити висновки про те, що обрані генераторні автоматичні вимикачі цілком відповідають вимогам по динамічній стійкості, тому що отримане розрахунковим шляхом значення ударний струм короткого замикання менше ударного струму автоматичного вимикача [6].

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

Генераторні агрегати СЕЕС можна класифікувати за наступними признаками: по типу приводного двигуна - (дизель генератор (ДГ), турбогенератор (ТГ), газо-турбогенератор та вало-генератор), за призначенням - (основні, аварійні, резервні), та по роду струму - (постійного або перемінного).

На кожну генераторну панель виносять апарати, прилади та пристрої які захищають генератор, що дозволяють контролювати його роботу,

вирівнювати між генераторами активне і реактивне навантаження. На генераторних панелях допускається також розміщення апаратури і вимірювальних приладів ліній, що живлять споживачі, але за умови збереження зручності експлуатації генераторів.

При виборі приладів необхідно враховувати їх нормальне положення (горизонтальне або вертикальне), клас точності, призначення, виконання і межі виміру (шкалу). Шкала амперметрів, ватметрів повинна становити не менше 120-150% номінального значення вимірюваної величини; шкала вольтметрів - не менше 120% від номінальної напруги. Разом з приладами вибирають відповідні їм додаткові пристрої: трансформатори струму, трансформатори напруги та інші.

Всі електровимірювальні прилади витримують великі короточасні перевантаження, а саме: один удар десятикратним струмом протягом 5с або дев'ять ударів десятикратним струмом тривалістю по 0,5 з інтервалом в одну хвилину. Тому для приладів не небезпечні пускові струми двигунів, струми КЗ в мережі і т.п.

При розробці схеми ГРЩ необхідно також передбачити ряд трансформаторів струму і напруги для зв'язку електростанції з автоматичними пристроями контролю та захисту (ПКЗ) генераторних агрегатів, які захищають ГА від перевантажень шляхом відключення другорядних споживачів, або на генераторний автомат на останньому щаблі; від зворотної потужності, впливаючи безпосередньо на генераторний автомат; від певних відхилень частоти мережі і напруги і т.і. Такі пристрої на сучасних суднах представляють собою електронні блоки, що встановлюються на кожну генераторну секцію окремо.

Також слід відмітити можливість підключення ГРЩ до живлення з берега. Електрозабезпечення в такому разі у 2 рази економніше ніж електроенергія, яку виробляє генератор. Такий метод дуже зручний та знаходить широке використання серед усіх суден. Також живлення

споживачів з берегу зменшує річні витрати моторесурсу привідних двигунів електростанції, таку можливість представляє більшість портів [5].

Трансформатори напруги обираємо типу НМ-45У-А. Основні дані: $S = 45 \text{ кВА}$; $U_1 = 450 \text{ В}$; $U_2 = 230 \text{ В}$.

Всі електровимірювальні прилади витримують великі короточасні навантаження: один удар десятиразовим струмом протягом 5 с, або десять ударів по 0,5 с. Для контролю опору ізоляції передбачено та встановлено сигналізуючий мегаомметр типу МІ733, робоча напруга якого 220/440 В.

Вольтметри вибираємо електромагнітної системи фірми-виробника TOYO KEIKI з межами виміру 0 – 450 В, клас точності – 2.5 і 0 – 250 В, клас точності – 2.5.

Амперметри вибираємо електромагнітної системи фірми-виробника TOYO KEIKI з межами виміру 0 – 450 А і класом точності 2.5.

Частотоміри вибираємо феромагнітної системи фірми-виробника TOYO KEIKI з межами виміру 45 – 55 Гц, клас точності 2.5.

Ватметри вибираємо феромагнітної системи фірми-виробника TOYO KEIKI, клас точності 2.5 з межами виміру 150 – 800 кВт.

Мегометр вибираємо фірми-виробника TOYO KEIKI магнітоелектричної системи з межами виміру 0-5 МОм і номінальним напругою 0 – 450 В, клас точності 2.5.

3.6 Вибір системи збудження синхронних генераторів

Генератори фірми HAKODATE DOCK CO. LTD типу FE 547A-8 є синхронними безщітковими генераторами повністю закритого типу з повітряним охолодженням [11, 12]. Генератори обладнані системою збудження ТАІУО з вмонтованим електронним регулятором напруги (рис. 3.3).

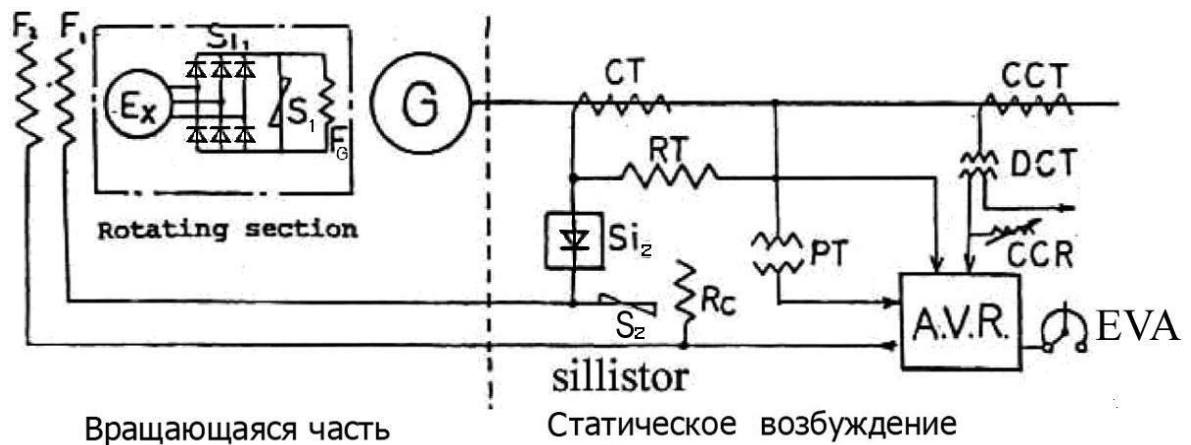


Рисунок 3.3 – Функціональна схема системи збудження:

На рисунку 3.3 застосовані наступні позначення:

F1 — основна обмотка збудження збудника;

F2 — управляюча обмотка збудження (від АРН);

Ex — збудник змінного струму;

Si1 — випрямляч, що обертається;

Si2 — кремнієвий випрямляч;

G — синхронний генератор;

CCT — трансформатор струму для компенсації зрівняльного струму;

DCT — диференціальний трансформатор струму;

CT — трансформатор струму;

S1, S2 — захист від перевантаження;

RT — реактор;

Rc — розрядний опір;

PT — силовий трансформатор;

CCR — компенсаційний опір реактивного струму;

AVR — автоматичний регулятор напруги;

EVA — реостат уставки напруги;

F — роторна обмотка збудження синхронного генератора.

З рисунка 3.3 видно, що вихідний струм якоря із збудником змінного струму, розташованого на валу ротора генератора, призначений для того, щоб

порушувати обмотку збудження F системи синхронного генератора, через випрямляч, розташований на кінці валу генератора, що обертається [11]. Збудник змінного струму має два окремі обмотки збудження: F1 і F2. Струм проходить через реактор RT і трансформатор струму СТ, при цьому він підсумовується і випрямляється. Випрямлений струм тече через першу обмотку збудження F1, яка служить для основного збудження збудника, тоді як струм, що виходить з автоматичного регулятора напруги тече через обмотку управління F2 і призначений для більш точного регулювання.

Принцип дії системи збудження ТАІУО наступний. Статичне збудження системи складається з реактора, RT, трансформатора струму, СТ, силіконового випрямляча Si, силового трансформатора РТ і тиристорного автоматичного регулятора напруги. Вихідний струм якоря із збудником змінного струму, розташованого на валу ротора генератора, служить для збудження обмотки статора F генератора через випрямляч, розташований на роторі генератора, що обертається. Збудник змінного струму має два окремі обмотки збудження: F1 - основну і F2 - обмотку управління.

Перша обмотка збудження живиться постійним струмом, який створюється в результаті підсумовування струму, що протікає через реактор, і струму трансформатора так само, як і в синхронних генераторах змінного струму, що самозбуджуються.

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

Реактор і трансформатор струму набудовані так, щоб забезпечувати струм збудження, порівнюючи їх з необхідними значеннями, а також, щоб підтримувати необхідну напругу на клеммах генератора і компенсувати падіння напруги при зміні струму навантаження. В результаті АРН живить управляючу обмотку F2, забезпечуючи диференціальне управління обмотки збудження. Тому напруга на клеммах генератора залишається стабільною.

Схема АРН (рис. 3.4) включає наступні ланцюги: вимірювання відхилення регульованої величини, посилення цього відхилення і джерела

імпульсів. Вони змонтовані на одній друкарській платні, яка знаходиться в окремій коробці разом з вимірювальним трансформатором РТ1 і головним тиристором.

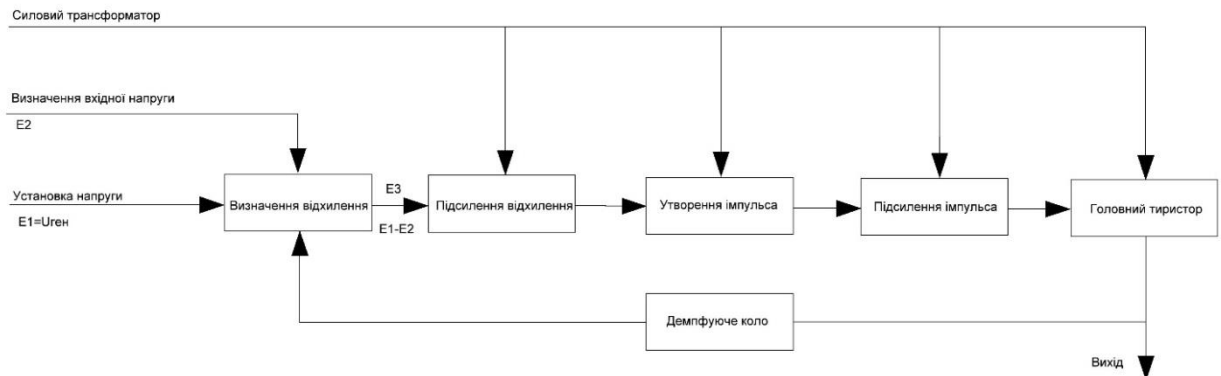


Рисунок 3.4 – Блок-схема АРН

У ланцюзі вимірювання відхилення поступає напруга $E1$, яка пропорційна напрузі генератора EG і яка перетвориться в постійну напругу необхідної величини, і опорна напруга $E2$, яка незалежно від EG , завжди постійна і створює напругу відхилення $E3$: $E3 = E1 - E2$ [11].

Відношення між EG , $E1$, $E2$ і $E3$ показана на рисунку 3.5.

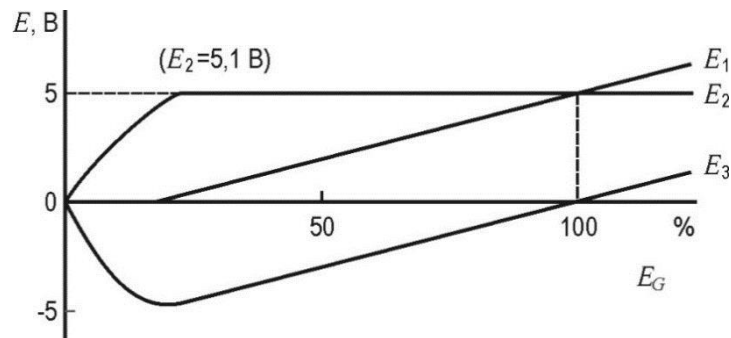


Рисунок 3.5 – Епюри співвідношення напруги

Основні частини (ланцюг посилення величини, що відхилилася, і коливальний контур) складені з гібрида інтегральних схем (ICs). Сигнал відхилення $E3$, посилений операційним підсилювачем, який знаходиться в ланцюгу посилення відхилення, і сигнал відхилення $E'3$ перетворені в коливальному контурі в одиночний відрегульований у фазовому відношенні імпульс, як показано на рисунку 3.6 [11].

У підсилювальній схемі одиночний імпульс перетворюється в широкий імпульс за допомогою допоміжного тиристора і цей сигнал подається до управляючого електроду головного тиристора, щоб управляти його кутом відкриття. У зазначеному ланцюзі R — змінний резистор, регулюючий приріст АРН. Демпфуючий ланцюг запобігає коливанням напруги, вона реагує на зміну сигналу на виході головного тиристора і працює при різкій зміні навантаження. В цьому ланцюзі $R4$ і $R17$ — демпфуючі регульовані резистори.

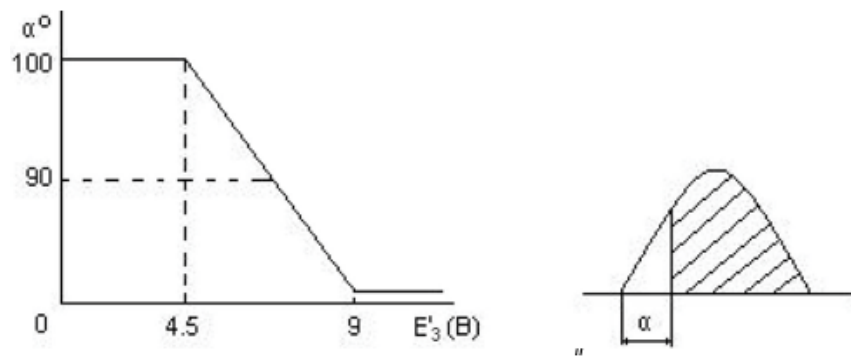


Рисунок 3.6 – Залежність сигналу відхилення $E'3$ від кута відкриття тиристора

Для забезпечення стабільності паралельної роботи генераторів і рівномірного розподілу реактивної потужності, між ними в ЦПР використовуються диференційні струмові трансформатори DCT, які складаються з однієї первинної ССТ і двох вторинних обмоток А і В (А і В з'єднані між собою послідовно і обидві зустрічно обмотці ССТ). DCTs вмикаються тільки при паралельній роботі генераторів, за допомогою АСВ. У цьому випадку, так як вторинні обмотки В1 та В2 з'єднані відповідно, їх струми будуть направлені також відповідно. Струми ж первинних обмоток DCT1 та DCT2 направлені зустрічно, так як їх обмотки з'єднані також зустрічно [11].

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

Особливістю суднових електростанцій є наявність потужних асинхронних короткозамкнених двигунів. Відсутність колектора дає можливість запускати їх без пускових реостатів, використовуючи найпростіші схеми пуску. Однак, пусковий струм в процесі розгону таких двигунів в 5-7 разів перевищує номінальний. Якщо потужність електродвигуна становить, наприклад, 30% від потужності синхронного генератора, то в момент пуску, струм двигуна до номінального струму генератора становитиме 150-200%. При на черку подібних індуктивних струмів синхронні генератори сильно розмагнічуються і на деякий час знижують напругу, що прийнято називати провалом напруги.

Розрахунок провалу напруги генератора виконаємо для випадку підключення найбільш потужного асинхронного двигуна. Виберемо електродвигун приводу вантажного крану з потужністю 130 кВт в якості найбільш потужного споживача.

Розрахунок провалу напруги виконаємо за рекомендацій фірми HYUNDAI, які описані у каталозі [12].

Таблиця 3.5 – Основні технічні дані дизель-генератора та двигуна

Генератор		Двигун	
Тип	FE 547A-8	Потужність	130 кВт
Потужність	625 кВА	ККД	0,81
Коефіцієнт потужності ($\cos \varphi$)	0,8	Коефіцієнт потужності ($\cos \varphi$)	0,88
Напруга	450 В	Номінальний струм	193,84 А
X_d	0,232 у.о	Кратність струму	6,4 (640%)
X''_d	0,131 у.о	Спосіб запуску	Авто-ТР 70%

Розрахуємо початкову потужність при запуску споживача:

$$S_{\text{поч}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{дв}} \cdot I_{\text{ном}} \cdot K_{\text{п}} = \sqrt{3} \cdot 440 \cdot 193,84 \cdot 6,4 \cdot 0,7^2 \\ = 263,424 \text{ кВА} \quad (3.5)$$

Реактивний опір генератора:

$$X_d''' = \frac{X_d' + X_d''}{2} = \frac{0,232 + 0,131}{2} = 0,1815 \quad (3.6)$$

Для обчислення вихідної реактивної потужності скористаємося формулою:

$$XL = \frac{S_{\text{г}}}{S_{\text{поч}}} = \frac{625}{263,424} = 2,373 \quad (3.7)$$

Провал напруги при пуску споживача рівняється:

$$\Delta U = \frac{X_d'''}{X_d''' + XL} \cdot 100 = \frac{0,1815}{0,1815 + 2,373} \cdot 100 = 7,11\% \quad (3.8)$$

Отже провал напруги знаходиться в допустимих нормах: $\Delta U < 15\%$.

3.8 Перевірка кабелю живлення одного с найбільш віддаленого електроприводу на втрату напруги

Для перевірки кабелю на втрату напруги, розглянемо електропривід якірно-швартовної лебідки, як одного с найбільш віддаленого електроприводу. Відповідно до вимог Регістру [1,2], втрата напруги не повинна перевищувати 7 %.

Розрахунковий струм розрахуємо за формулою:

$$I_{\text{дв}} = \frac{P_{\text{дв}} \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{г}} \cdot \cos \varphi} \quad (3.9)$$

де $P_{\text{дв}}$ – номінальна потужність електроприводу якірно-швартовної лебідки;

$U_{\text{дв}}$ – номінальна напруга електродвигуна.

$$I_{\text{дв}} = \frac{45 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 450 \cdot 0,88} = 65,61 \text{ А} \quad (3.10)$$

По розрахунковому струмі виберемо два трижильних кабелі марки НТРҮС-95 з перетином жили 16 мм². Кабелі з'єднуємо паралельно.

Після вибору перетину кабелю необхідно перевірити його на втрату напруги ΔU :

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \frac{r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi}{U_n} \cdot 100 \% \quad (3.11)$$

де L – довжина кабелю від генератора до шин ГРЩ;

r і x – значення активного і реактивного опору кабелю.

Дані обраного кабелю:

$L = 250 \text{ м} = 0,25 \text{ км}$; $\cos \varphi = 0,88$; $\sin \varphi = 0,475$; $r = 0,195 \text{ Ом/км}$; $x = 0,117 \text{ Ом/км}$.

Визначимо втрату напруги ΔU :

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 65,61 \cdot 0,25 \cdot \frac{0,195 \cdot 0,88 + 0,117 \cdot 0,475}{450} \cdot 100 = 1,26 \% \quad (3.12)$$

Отже перевірений нами кабель, який живить електропривод якірно-швартовної лебідки відповідає нормам Регістру [1].

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

Для виконання функцій автоматичного керування електростанцією потрібно вибрати відповідні технічні засоби [13–15]. Для підвищення надійності та безаварійності система повинна бути розподіленою. Система АСУ СЕЕС Hyundai PMS Aconis-2000 цілком відповідає вимогам автоматизації високого рівня.

Система складається з чотирьох мікропроцесорних блоків управління по одному на кожен генератор. Блок управління першого генератору конфігурується як головний. До нього крім генераторів підключено додаткові сигнали від засобів автоматизації електростанції.

Кожен генератор має чотири системи захисту. Диференційний захист, який попереджує коротке замикання між витків генератору або на корпус, здійснюється засобами реле диференційного захисту (РДЗ) DEIF MDR-2. У разі несправності РДЗ дає сигнал на реле гасіння поля (РГП), яке закорочує індукторну обмотку збудження та миттєво усуває струм збудження.

Захист генератору від перенавантаження та короткого замикання у мережі здійснюється у електронному блоці реле струму (РС) APR-1S-AS [13], вбудованому у генераторний автомат. Блок захисту має запрограмовану зворотньо-струменеву характеристику, яку можна налаштувати програмно та за допомогою підстроювальних резисторів. Також до корпусу автоматичного вимикача вбудовано реле напруги (РН), яке автоматично відключає генератор від мережі при зниженні напруги менше 85% номінальної. Включення та відключення автоматичного вимикача здійснюється за допомогою котушки включення (КВ) та котушки відключення (КО).

Регулювання напруги генератору виконує автоматичний регулятор напруги (АРН), встановлений у генераторній секції ГРЩ.

Усі інші функції захисту генераторів та електростанції є вбудованими у БУ PMS Aconis-2000. Найважливішою з них є захист від зворотної потужності, який налаштовано на 10% (150 кВт).

Крім того є захист від підвищеної (115%) та зниженої (85%) напруги, підвищеної (110%) та зниженої (90%) частоти.

При навантаженні більше 100% протягом 5 секунд, підвищеному струмі вище 100% протягом 5 секунд та зниженій частоті мережі нижче 58.5 Гц протягом 5 секунд АСУ СЕЕС активує захист Меєра першого ступеню. Усі автоматичні вимикачі (АВ) споживачів, які підключені до цієї системи, мають вбудовану котушку відключення. Якщо після відключення першого ступеню параметри станції залишаються поза норми, виконується відключення споживачів другого ступеню.

АСУ СЕЕС PMS Aconis-2000 контролює навантаження генераторів. Якщо навантаження генератору більше за 90% протягом 15 секунд

виконується автоматичний запуск, синхронізація та підключення резервного генератору згідно встановленого пріоритету, який обирається на панелі синхронізації ГРЩ.

Регулювання швидкості роботи дизельних двигунів (ДД) виконує регулятор швидкості (РШ) Woodward UG-8, який вимірює швидкість за допомогою механічного давача швидкості (ДШ) [15].

Для розподілення потужності між генераторами та корекції частоти струму, на регулятор швидкості встановлено серводвигун (СД), який під'єднаний до АСУ СЕЕС, а також до панелі синхронізації ГРЩ (для ручної синхронізації).

БУ АСУ СЕЕС усіх генераторів поєднані у мережу автоматизації ARCNET за допомогою шини даних.

Розробимо функціональну схему АСУ СЕЕС та алгоритм її роботи на прикладі запуску генератору після знеструмлення. Внесемо схему до додатку Д.

Розглянемо більш детальніше алгоритм роботи системи на прикладі пуску генератору після повного знеструмлення суднової мережі (блек-аут).

Система перевіряє, чи є у цей момент робочий генератор, який готовий до підключення на шини. Якщо є, то дається команда вмикання генераторного автомату.

За відсутності робочого генератору перевіряється поточний статус генератору, який є першим за пріоритетом резерву. На ГРЩ та локальній панелі керування має бути обраний «Дистанційний» режим. Панель керування дизельного двигуну має надіслати сигнал «Двигун готовий до старту», який визначає відсутність сигналів несправності, відокремлений валоповертаючий пристрій та наявність тиску мастила.

Дали система дає команду на запуск двигуну та очікує збудження та підняття напруги вище 95%. Далі система очікує 30 секунд для стабілізації напруги генератору. Якщо напруга генератору не була стабілізована, або знаходиться поза нормою, система сигналізує про несправність та переходить

до наступного за пріоритетом генератору для пуску. У разі успішної стабілізації напруги дається сигнал на включення генераторного автомату.

У разі наявності зворотного сигналу від автомату система продовжує живлення мережі від цього генератору. У разі відсутності – сигналізує про несправність та переходить до наступного за пріоритетом генератору для пуску.

3.10 Загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення, суднових сигнально-розпізнавальних вогнів, низьковольтного освітлення

Суднове електричне освітлення складається з самостійних ланцюгів, а саме: основного внутрішнього освітлення напругою 220 В змінного струму; великого аварійного освітлення напругою 220 В змінного струму; зовнішнього та трюмного освітлення напругою 220 В змінного струму; малого аварійного освітлення напругою 24 В постійного струму; сигнально-розпізнавальні вогні напругою 220 В перемінного струму.

Мережа основного внутрішнього освітлення отримує живлення від секції 220 В ГРЩ та призначена для загального та місцевого освітлення житлових, суспільних та виробничих приміщень. Живлення від ГРЩ подається на районні секції. Світильники ламп основного освітлення отримують живлення від групових щитів, автомати яких забезпечують підключення та захист від КЗ будь-якої групи. Освітлення кают, кают-компанії, суднової канцелярії, 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.

У мережі основного освітлення застосовані розподільні коробки типу Т-9-4М, вимикачі типу ВС, 2ВС, Т-5М, Т-5-4М, штепсельні розетки - Р1е, 201е. Мережа великого аварійного освітлення складається з:

- шести групових щитів однофазного струму з автоматами;
- 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 перериватися роботи та можливе скупчення людей.

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.

Мережа отримує живлення від мережі акумуляторних батарей, з'єднаних послідовно. Місткість акумуляторних батарей підібрана з розрахунку живлення мережі в інтервалі часу не менше ніж на 30 хвилин. Через контактори від акумуляторних батарей отримують живлення розподільні коробки, які живлять мережу аварійного освітлення, авральну та пожежну сигналізацію. 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. Від акумуляторних батарей також живиться автоматика системи запуску ДГ.

4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ

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

Суднова комп'ютерна мережа призначена для передачі інформації щодо стану виконавчих механізмів (клапанів, засувок, насосів), показників датчиків та систем заміру баластних танків, а також інформації про стан каналів сигналізації та протипожежної системи, а також данні навігаційного обладнання [16, 17]. За допомогою комп'ютерної мережі всі перелічені сигнали об'єднуються і відправляються на комп'ютери, котрі обчислюють ці данні та відображають загальну інформацію про стан роботи всіх автоматизованих механізмів. Основна мета побудови розподілених систем автоматизації – це здешевлення і спрощення технології управління процесами в суднових пристроях та системах за рахунок забезпечення технології наскрізного мережевого доступу від супервізорних комп'ютерів і багатофункціональних контролерів до інтелектуальних пасивних елементів (датчиків, регуляторів та т. і.).

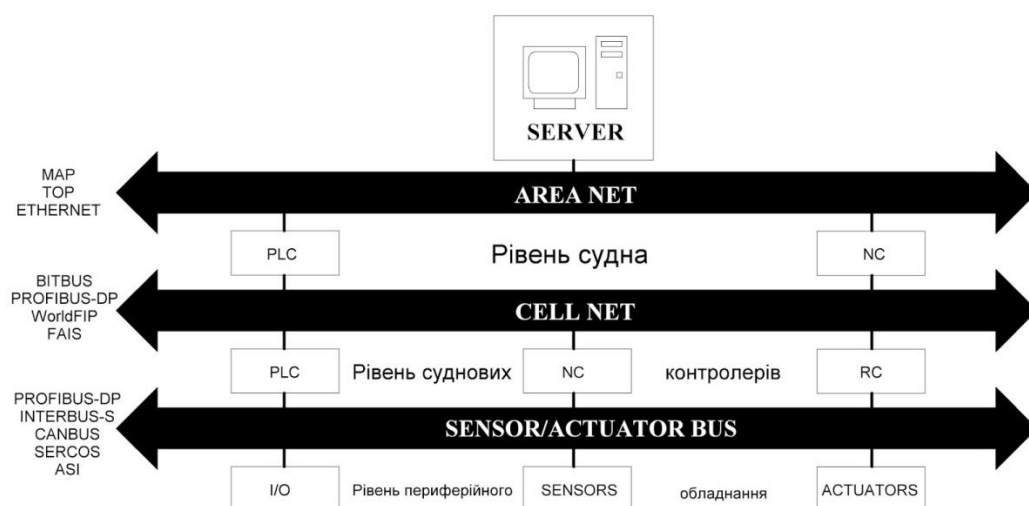


Рисунок 4.1 – Структурна схема суднової комп'ютерної мережі

До складу суднової комп'ютерної мережі (рис. 4.1) входять різноманітні елементи, а саме:

SERVER – апаратне забезпечення, виділене і / або спеціалізоване, призначене для виконання на ньому сервісного програмного забезпечення (у тому числі серверів тих чи інших завдань). SERVER – це головний комп'ютер мережі.

AREA NET – Local area network (LAN) – комп'ютерна мережа, яка з'єднує комп'ютери та пристрої в обмеженому просторі.

PLC (Programmable Logic Controller) – програмований логічний контролер – електронна складова промислового контролера, спеціалізованого (комп'ютеризованого) пристрою, що використовується для автоматизації технологічних процесів.

NC (Network Computer) – стандарт комп'ютерної мережі, профіль (NCRef) з підтримкою HTML, Java, HTTP, JPEG, та інших ключових стандартів.

ETHERNET – пакетна технологія передачі даних в локальній мережі.

RC (Resistor-capacitor network) – резистор-конденсатор мережі, який використовується для фільтрації сигналу, блокуючи певні частоти і передаючи іншим.

SENSOR/ACTUATOR BUS – шина датчиків і виконавчих механізмів – мережа, яка з'єднує окремі пристрої, такі, як вакуумні насоси, генератори, манометри, клапани регулювання тиску і т.д.

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

SENSORS – датчики.

ACTUATORS – виконавчі механізми.

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

Profibus DP – Profibus (Decentralized Peripherals) – профіль протоколів суднової мережі Profibus. Дана мережа здійснює високошвидкісну передачу

даних між пристроями. У розглядаємої мережі центральні контролери (програмовані логічні контролери та РС) пов'язані з їх розподіленими пристроями через високошвидкісний послідовний зв'язок.

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

FAIS – стандарт зберігання даних.

INTERBUS-S – промислова шина. Фізичний рівень Interbus заснований на стандарті RS-485. Мережа Interbus може працювати, як з аналоговими, так і з цифровими пристроями.

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

ASI (Actuator Sensor Interface – промислова мережа, призначена для передачі переважно дискретних сигналів [16,17].

4.2. Аналіз роботи системи автоматичного управління вантажопідйомним механізмом провізійного крану

Система управління електроприводом з асинхронним короткозамкненим електродвигуном суднової провізійної кран-балки наведена у Додатку Д.

Провізійний кран є морським монорельсовим краном, вантажопідйомністю 2 тони. Прилад з двома комплектами електричного кабелю підйомника, призначений для використання на кормі на борту судна. Він в основному використовується для підйому припасів, таких як продукти харчування, овочі і фрукти і т.д., а також для підйому запасних частин в машинному відділенні, таких як поршень і т.д. Об'єктом управління є

підйомний механізм вантажного крану, система управління, яка призначена для захисту крану і забезпечення необхідних витримок часу на розгін, гальмування.

Провізійний кран має структуру типу проміжної балки, Вантажопідйомний механізм встановлений на балку, що рухається, прохідна балка встановлюється на монорельсовій балці. Кран в основному складається з балки, проїзної балки, вантажопідйомного механізму, механізму пересування кран-балки, кабельної котушки та блоку керування. Проміжна балка є основною частиною крану. Два комплекти підйомного механізму є основним підйомним обладнанням крана, відповідно встановленого на обох кінцях. Будь-який з них можна використовувати відповідно до фактичних потреб. Кабельна котушка включає котушку, барабан скидання пружини потужності спіралі та блок зміни струму.

Технічні дані суднового провізійного крану:

Тип вантажного крану: HMCS2-00DYL

Безпечне вагове навантаження: 2 тони

Швидкість підйому підйомного механізму: близько 10 м/хв

Максимальна висота підйому: 24м

Тип підйомного мотору: HFF112M4

Потужність: 4,8 кВт

Швидкість руху механізму переходу : близько 12м/хв

Тип проїзного мотору: HFF90LA

Потужність: 1,5 кВт

Живлення: 440В змін. струму

Виробник: Wuxi Huahai Marine Equipment Factory, зроблено в Китаї.

К електроприводу кранових механізмів висуваються наступні вимоги.

1). Електродвигун крану повинен розвивати максимальний момент не нижче двократного щодо номінального моменту;

2). Для асинхронних електродвигунів з полюсами, які перемикаються, пусковий момент повинен складати $1,5 \div 2,5$ номінального значення при

номінальній напрузі в електромережі, для обмотки з найменшою швидкістю $M_n \geq 1,3M_{НОМ}$.

3). За своєю механічної міцності електродвигуни повинні витримувати, не руйнуючись, збільшення частоти обертання в 3 рази по відношенню до номінальної;

4). Електропривод вантажопідйомного пристрою, що забезпечує кілька швидкостей руху, повинен бути сконструйований так, щоб при перемиканні швидкостей було виключене падіння вантажу або мимовільний рух стріли або крана;

5). Кінцевий вимикач механізму підйому повинен бути встановлений так, щоб після зупинки вантажозахоплювального органа при підйомі без вантажу між ним і упором зазор був не менш, ніж 200 мм;

6). Електродвигун повинен забезпечувати максимальний захист, захист від перевантаження, мінімальний захист і нульове блокування: подача живлення на електродвигуни повинна бути можлива лише після того, як відповідні рукоятки, маховики і важелі постів управління будуть встановлені в нульове положення.

7). У постів управління повинна бути кнопка аварійної зупинки.

8). В головний ланцюг вантажопідйомного механізму повинен бути встановлений вимикач, доступний тільки для уповноважених осіб екіпажу, або повинна бути забезпечена можливість замикання вимикача в відключеному стані.

9). На посту управління рекомендується встановлювати сигналізацію про наявність напруги в мережі живлення, а також візуальну сигналізацію про включення і вимкнення електроприводу.

10). Кожен механізм вантажопідйомного пристрою повинен бути забезпечений гальмом, що забезпечує гальмування з коефіцієнтом запасу: механізму підйому вантажу - 1,5; зміни вильоту стріли - 2,0; повороту і пересування крана - 1,2.

Залежно від технологічного призначення кран-балки і встановлених на механізмах електродвигунів, застосовуються різні системи управління, а саме:

При застосуванні на всіх механізмах одношвидкісних електродвигунів управління здійснюється за схемою з прямим включенням.

При застосуванні на механізмах підйому і пересування талі двошвидкісних електродвигунів управління електродвигунами механізму пересування крана здійснюється від перетворювача частоти.

У схемних рішеннях електроприводу з прямим включенням передбачається тепловий і максимальний струмовий захист всіх електродвигунів. Електроприводи на базі перетворювачів частоти забезпечують такі види захистів:

- захист від перегріву електродвигунів;
- захист від перевантаження двигуна;
- захист від коротких замикань між фазами;
- захист від замикання на землю;
- захист від обриву фази;
- захист від перекидання двигуна;
- захист від перегріву силових елементів перетворювачів.

У всіх системах управління передбачений захист від надмірного зниження напруги живлення і зникнення однієї з фаз.

Управління кран-балкою здійснюється через кабель, на кінці якого під'єднаний блок керування.

Блок-схема алгоритму роботи системи управління електроприводом з асинхронним короткозамкненим електродвигуном суднової провізійної кран-балки (Додаток Д) наведена на рис. 4.2.

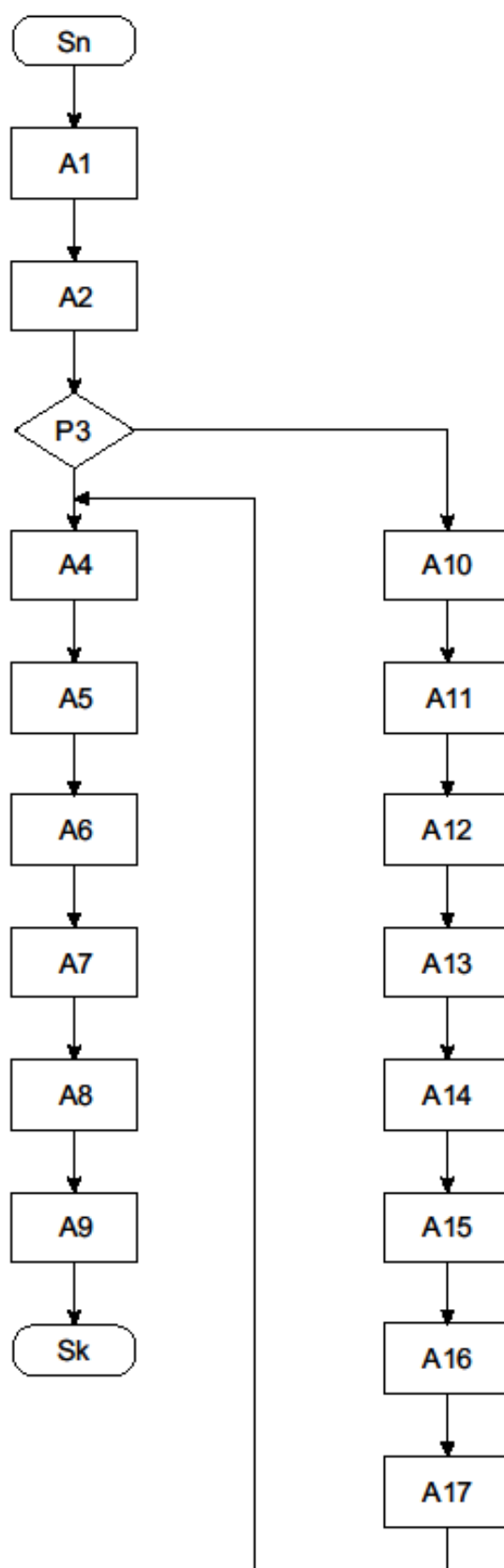


Рисунок 4.2 – Алгоритм роботи системи управління електроприводом провізійної кран-балки

На рисунку 4.2 застосовані наступні позначення:

- S_{II} – початок,
- A_1 – попередній огляд,
- A_2 – живлення увімкнено (головний вимикач),
- P_3 – підйом гаку закінчився?
- A_4 – зняти стопори з крана,
- A_5 – краном можна управляти за допомогою підвісного перемикача,
- A_6 – операція завантаження / розвантаження завершена,
- A_7 – підйом гака до верхньої межі робочого положення підйому,
- A_8 – провести кріплення траверси крана,
- A_9 – живлення вимкнено,
- A_{10} – технічне обслуговування крана,
- A_{11} – включити перемикач на стопор гака (відключити підвісний перемикач),
- A_{12} – підйом гака до верхньої межі за допомогою кнопки стопора гаків,
- A_{13} – стопор гака не використовуватиметься,
- A_{14} – переключити вимикач на інший пульт,
- A_{15} – опустити підйомний гак більш, ніж на 1 м нижче місця зберігання,
- A_{16} – вимкнути перемикач вибору для стопора гака для включення підвісного вимикача,
- A_{17} – закінчити етап обслуговування крана,
- S_K – кінець роботи.

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

Машинний телеграф

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

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

Основні технічні й експлуатаційні характеристики судового машинного телеграфу моделі СМТ-11

Габарити (мм)	192 x 96
Напруга живлення (В, постійний струм)	24
Число функціональних команд	11
Маса (кг)	0,35
Тип сигналізації	світло/звукова
Максимальна довжина інформаційних зв'язків (м)	1000
Робоча температура (°C)	від -10 до +55
Час готовності системи (с)	5

Тахометри гребного валу

Універсальний тахометр "ТА-12М" призначений для цифрового виміру частоти обертання й підрахунку годин роботи контролюваного об'єкта. Пристрій виконаний на базі безконтактного датчику оборотів (тахометричного перетворювача) забезпечує формування імпульсів, частота проходження яких пропорційна частоті проходження тахометричної мітки, установленної на елементі (валу) обертового об'єкта, через область чутливості датчика.

Технічні параметри універсального тахометра "ТА-12М"

Максимальна вимірювана швидкість обертання	9999 об/хв
Максимальна погрішність виміру в діапазоні	$\pm(0,005 \cdot A + 1)$ 1/хв
Споживана потужність одного блоку	не більше 6Вт
Напруга живлення панелі	24В
Робочий діапазон температур навколишнього повітря	-20...60°C
Максимальна вологість навколишнього середовища	80 %
Середній наробіток на відмову	75 000 год
Габаритні розміри настінне виконання	94x94x57 мм
Габаритні розміри пультове виконання	112x11x65 мм

Суднова електрична сигналізація

Блок сигналізації "SES" призначений для прийому й відображення стану дванадцяти дискретних (контактних) сигналів. Як вхідні сигнали можуть використовуватися сухі контакти або транзисторні виходи різних датчиків.

Технічні параметри блоку сигналізації "SES"

Кількість вхідних сигналів	12
Необхідна комутаційна здатність вхідних сигналів	24В/0,1А
Тип вихідного сигналу керуючих виходів	сухий контакт
Комутаційна здатність вихідного сигналу	24В/4А
Максимальна довжина інформаційного кабелю	300 м
Споживана потужність	не більше 6Вт
Напруга живлення	~250В або 24В
Робочий діапазон температур навколишнього повітря	-20...+60°C
Максимальна вологість навколишнього середовища	80 %
Ступінь захисту	IP22
Середній наробіток на відмову	75 000 год

Система сигналізації рульової машини

Система сигналізації рульової машини необхідна на всіх судах і призначена для контролю основних параметрів роботи рульової машини й ланцюгів її живлення. Система складається із щита рульової машини, блоку сигналізації й сигналізаторів нижнього рівня масла. Щит кермової машини забезпечує роботу приводного електродвигуна насоса рульової машини з контролем наявності живлення, наявності живлення системи керування, перевантаження електродвигуна, обриву фази. Інформація про ці параметри, а також про роботу рульової машини й сигнали від сигналізаторів нижнього рівня масла, у вигляді дискретних (контактних) сигналів видається на блок сигналізації, установлений у румпельному або машинному відділенні. Як сигналізатори нижнього рівня масла застосовуються сучасні сигналізатори типу PLCA-50 фірми Bedia (Німеччина). Завдяки використанню блоку сигналізації "SES" реалізується виконавча й аварійно-попереджувальна сигналізація, як у машинному відділенні, так і в рульовій рубці.

Технічні параметри системи сигналізації рульової машини.

Кількість параметрів	6x2
Максимальна довжина інформаційного кабелю	300 м
Споживана потужність	не більше 6Вт
Напруга живлення	~250В, 60Гц, 3ф
Робочий діапазон температур навколишнього повітря	-20...+60°C
Максимальна вологість навколишнього середовища	80 %
Ступінь захисту	IP22, IP44

Службовий внутрішній зв'язок

При відсутності інших видів парного переговорного зв'язку повинен бути передбачений парний телефонний зв'язок між рульовою рубкою і постами керування головними механізмами, між рульовою рубкою і радіорубкою. При наявності на судні закритого або відкритого центрального поста керування повинен бути забезпечений парний переговорний зв'язок між ЦПУ і рульовою рубкою.

З цією метою можуть використовуватися незалежні телефонні парні зв'язки, або парний телефонний зв'язок між рульовою рубкою і центральним постом керування з паралельно підключеними і установленими на місцевих постах керування телефонами.

Крім пристроїв зв'язку, вказаних вище, повинна бути передбачена окрема система телефонного зв'язку рульової рубки з основними службовими приміщеннями і постами. Замість телефонів з цією метою можуть використовуватися двосторонні гучномовні пристрої. Системи службового зв'язку повинні забезпечувати можливість виклику абонента і чітке ведення переговорів в умовах специфічного шуму у містах розташування зв'язку. При установці апаратів службового телефонного

зв'язку в приміщеннях з великою інтенсивністю шуму повинні бути прийняті міри для погашення шуму, або передбачені допоміжні телефонні трубки. Для пристрої зв'язку повинні бути передбачені джерела живлення, які б забезпечували їх роботу при відсутності живлення від загальних джерел живлення. Ушкодження одного апарату не повинно перешкоджати роботі інших апаратів зв'язку. Телефони, які передбачені для переговорів між рульовою рубкою і місцевими постами керування головними механізмами повинні бути обладнані звуковою і світловою сигналізацією.

Аваральна сигналізація

Всі судна повинні мати аваральну сигналізацію, яка передбачує надійну чутність в усі місцях судна. Система аваральної сигналізації повинна живитися від судової мережі, а також від шин аварійного розподільного щита. Звукові пристрої аваральної сигналізації повинні мати яскраві, добре видимі відмітні позначення.

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)

Встановлюється на тих суднах, де вона необхідна, частіше на пасажирських. Дія побутової сигналізації перевіряється не рідше одного разу на місяць. Прилади суднової електричної сигналізації по виду можна розділити на три групи:

- 1) Акустичні;
- 2) оптичні (світлові та візуальні);
- 3) комбіновані.

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

Група приладів оптичної сигналізації складається з сигнальних ламп та переривників світлової сигналізації, призначених для подачі миготливих сигналів. З мініатюрних сигнальних ламп, наприклад СГ24, компонуються світлові табло мнемосхем аварійно-попереджувальної сигналізації та ін.

Прилади сигналізації по роду електроживлення діляться на прилади постійного та змінного однофазного струму. Конструкція та виконання приладів суднової електричної сигналізації відповідають специфічним судновим умовам. Всі прилади виготовляють в металевих корпусах і офарблюють фарбою, стійкою до впливу морської води.

Панель сигнально-розпізнавальних вогнів "СКАЙЛАЙН"

Панель сигнально-відмітних вогнів "СКАЙЛАЙН" призначена для комутації й контролю справності сигнально-розпізнавальних ламп судна.

Технічні параметри панелі сигнально-розпізнавальних вогнів "СКАЙЛАЙН"

Кількість сигнальних вогнів	16x2
Напруга живлення вогнів	~220В/50×60Гц або =24В
Потужність ламп	=24В 20...80Вт
Споживана потужність	не більше 25Вт
Напруга живлення панелі	=24В
Робочий діапазон температур навколишнього повітря	-20...60°C
Максимальна вологість навколишнього середовища	80 %

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

Гірокомпас Raytheon типу STD22. Гірокомпас є одним з технічних засобів навігації, призначений для визначення курсу судна.

Технічні характеристики гірокомпасу Raytheon типу STD22

Встановлена похибка	0.1° х с. широти
Статична похибка	0.1° х с. широти
Динамічна похибка	0.4° х с. широти
Швидкість відстеження курсу	75° / с.
Живлення:	24 В постійного струму 12 - 36 В змінного струму
Споживачі потужності:	60 ... 120 Вт - блок з чутливим елементом 36 Вт - розподільний блок 5 Вт - блок управління 7 Вт - аналоговий ретранслятор
Умови роботи	-10° С ... +55° С

Умови зберігання	-25° C ... +70° C
Допустима бортова та кильова качка	±45°
Вмонтована сигналізація:	збій живлення збій роботи гірокомпасу системна помилка
Тип конструкції гірокомпасу	IP 23
Тип конструкції розподільного блоку	IP 23 / IP 56 Front sided
Тип конструкції блок управління	IP 22

Радіолокатор виробника “ Furuno ” типу FAR-2837S

Імпульсні суднові навігаційні РЛС використовуються в судноводінні для виявлення, визначення координат і параметрів руху різних надводних і берегових об'єктів, берегової лінії та інших перешкод, здатних відбивати енергію зондувальних сигналів убік РЛС.

Технічні характеристики РЛС FURUNO - FAR-2837S

Швидкість обертання	24 об/хв
Вітрове навантаження що до судна	до 100 вузлів
Ширина променя в горизонтальній площині	6.2° (типове значення)
Ширина променя у вертикальній площині	25° (типове значення)
Габаритні розміри	380 мм
Робоча частота	9410±30МГц (X-band)
Пікова вихідна потужність	2.2 кВт
Власні шуми приймача	10 дБ
Джерело живлення	10-32В, 36 Вт

Лаг Consilium Nav. AB – SAL T2

Обладнання для виміру швидкості і пройденої відстані призначено для вироблення і відображення даних про параметри руху судна, використовуючи їх для навігації та маневрування. Лаг повинен вимірювати повздовжню складову швидкості переміщення судна на передньому ході відносно води або ґрунту, а також пройдену відстань в цьому напрямку. Додатково лаг може вимірювати і інші компоненти руху судна.

Ехолот Raytheon - GPS101

Ехолот – це прилад, необхідний для вимірювання глибини, розпізнання рельєфу дна. Для проведення аналізу підводних просторів ехолоти використовують датчики, які посиляють ультразвукові хвилі за допомогою одного або декількох промінів та приймають віддзеркалені сигнали назад. На основі даних про час проходження цих хвиль і виводяться дані про глибину, рельєф і структуру дна, наявності різного роду перешкод на шляху променів, які пізніше ідентифікуються – риба, підводні каміння і т.д.

5 ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1 Дії членів екіпажу при отриманні команди «Шлюпочна тривога» та процедури при посадці в колективні рятувальні засоби

Залишення судна і забезпечення виживання людей. Загальні заходи. Коли судну загрожує загибель і йому потрібна негайна допомога, за розпорядженням капітана подаються установлені сигнали лиха, у тому числі по радіо із зазначенням часу і характеру лиха, місцезнаходження судна і необхідної допомоги [18, 19]. Судно залишається екіпажем і пасажирями за сигналом шлюпочної тривоги. Цей сигнал подається тільки за особистим розпорядженням капітана у випадках, коли судно потопає.

Для рятування людей капітан повинен:

- маневрувати судном так, щоб забезпечити найбільш сприятливі умови для спуску шлюпок та інших рятувальних засобів;
- організувати максимально безпечну в цих умовах посадку пасажирів і членів екіпажу в рятувальні шлюпки і плоти.

Перший помічник капітана, перший штурман, механік і радист залишають судно за розпорядженням капітана. Капітан залишає судно останнім. Капітан повинен пам'ятати, що несвоєчасне залишення судна може бути причиною загибелі людей.

Чіткість організації залишення судна визначається правильністю прийнятої схеми евакуації людей, знанням ними своїх обов'язків за шлюпочною тривоною й умінням їх виконувати, злагодженістю дій екіпажу і пасажирів, готовністю рятувальних засобів до використання.

Забезпечення суден внутрішнього плавання рятувальними засобами здійснюється згідно з Правилами Регістру судноплавства України.

Підготовка екіпажу і пасажирів до залишення судна.

Підготовка кожного члена екіпажу до використання рятувальних засобів повинна включати вивчення принципів виживання після залишення судна, а також закріплення практичних навичок з таких операцій:

- виконання членами екіпажу своїх обов'язків під час шлюпочної тривоги;
- підготовка і спуск на воду рятувальних шлюпок, ходіння на них під веслами, а також використання інших засобів руху;
- використання інших колективних рятувальних засобів;
- правила поведінки під час перебування у рятувальній шлюпці або плоту;
- використання індивідуальних рятувальних засобів;
- використання забортних штормтрапів, запуск двигунів на моторних шлюпках і застосування різного устаткування і постачання рятувальних засобів, включаючи засоби сигналізації і радіозв'язку.

Пасажири мають бути проінструктовані про їх дії під час тривоги. При цьому слід звернути особливу увагу на:

- місця розташування і зміст особистих карточок, схем, малюнків і інструкцій, зазначених в пунктах 4, «Інструкції з боротьби за живучість суден внутрішнього плавання», затвердженої Наказом Міністерства Транспорту та зв'язку України від 04.11.2004 за N 963;
- систему оповіщення за тривогами - сигнали тривоги;
- шляхи евакуації, місця збору і дії пасажирів за тривогами;
- необхідність бути одягненим під час залишення судна в зручний, відповідний до сезону одяг;
- правильне надягання рятувальних жилетів і використання рятувальних кругів;
- додержання порядку на трапах і в проходах;
- необхідність використання штормтрапів для посадки у шлюпки і недоцільність стрибків за борт (особливо без рятувального жилета);

- правила поведінки в шлюпках.

Командир (заступник командира) рятувального засобу повинен мати списки членів команди цього засобу і стежити за тим, щоб вони знали свої обов'язки.

Організація евакуації екіпажу судна.

Маршрути евакуації мають бути позначені знаками-показчиками. Забороняється захаращувати проходи і замикати двері на шляхах евакуації.

Спуск шлюпок повинен виконуватися так швидко, як це можливо. У разі можливості шлюпки приспускаються до палуби, з якої згідно з конструктивними особливостями судна виконується посадка екіпажу.

За командою з головного командного пункту скидаються плоти.

Посадку треба виконувати швидко і безперервно. При цьому слід дотримуватися черговості спуску й інтервалу на трапі, щоб люди, які є вище, не наносили травм і поранень тим, що є нижче.

Екіпаж судна надає допомогу пасажирам під час зайняття ними місць у шлюпках (плотах).

Кожний член екіпажу і пасажир зобов'язані швидко без метушні зайняти своє місце у шлюпці (на плоту) згідно з розкладом чи розпорядженням командира шлюпки (плота) і приступити до виконання своїх обов'язків та розпоряджень командира шлюпки (плота).

Закінчивши посадку у шлюпку (пліт), слід негайно відійти від судна на безпечну відстань (1-2 кабельтови) в сторону носа або корми, вести нагляд за судном і водною поверхнею, щоб у разі потреби надати допомогу людям, які не встигли скористатися рятувальними засобами.

Заходи, що сприяють збереженню життя людей, які покинули судно, що потопає.

Усі члени екіпажів суден мають бути ознайомлені з прийомами особистого виживання в будь-яких умовах і отримати навички з правильного надягання рятувального жилета, стрибків у воду і плавання в рятувальному

жилеті, уміння триматися на воді без рятувального жилета, посадки на рятувальний пліт у рятувальному жилеті з судна та з води, надання допомоги під час посадки на рятувальний засіб, експлуатації устаткування рятувальних засобів (включаючи експлуатацію переносного устаткування), постановки плавучого якоря.

Стрибати у воду під час залишення судна слід лише в крайніх випадках, коли немає можливості скористатися штормтрапами.

У цьому разі перед стрибком треба надіти рятувальний жилет (нагрудник). Стрибок здійснюється ногами вниз, при цьому той, хто рятується, охоплює свої плечі перехрещеними на грудях руками поверх нагрудника, міцно притискаючи і відтягуючи його донизу. Стрибнувши у воду, треба негайно відплисти від судна, поправити одяг, рятувальний нагрудник, нащупати свисток.

Не можна рухатися у воді для зігрівання - це приводить до більш швидкого переохолодження організму. Перебуваючи у воді, слід підтягнути схрещені ноги до живота, а руки притулити до грудей. Якщо у воді перебуває декілька осіб, треба як можна тісніше притулитися одне до одного, зберігаючи вертикальне положення. Пливти у воді слід лише для уникнення безпосередньої небезпеки і якщо є впевненість у здатності досягнути колективного рятувального засобу.

Треба уникати розлитого на водяній поверхні палива. Якщо це зробити неможливо, слід спробувати пропливти крізь нього з високо піднятою головою і закритим ротом.

Усіх людей, які перебувають у воді, треба як можна швидше взяти у шлюпку (пліт). Якщо шлюпка переповнена, людям, які перебувають у воді, слід триматися за її рятувальний леєр до перерозподілу їх по інших шлюпках (плотах).

5.2 Правила техніки безпеки при пересуванні по судну. Організаційно-технічні заходи попередження травмування

Аналіз аварійних морських випадків за видами, причин і слідством. Безпека мореплавання є головною якістю морського судна і представляється найважливішою умовою можливості ефективної експлуатації.

Наслідками морських катастроф і серйозних аварій є людські жертви, екологічні проблеми, величезні матеріальні втрати і не піддається матеріального обліку психологічний фактор. Внаслідок цього кожен інцидент на морі вимагає детального аналізу та обліку.

Техніка безпеки передбачає заходи (конструктивного і організаційного характеру) із гарантування безпеки руху людей по судну, регламентує навчання всього плавскладу правилам безпеки, і навіть передбачає пропаганду безпечних методів праці. Вона встановлює методи розслідування та якісного аналізу випадків травматизму, регламентує їх облік й розробку заходів із їх попередження [20].

Технологічне забезпечення безпеки виробничих процесів передбачає усунення всіх небезпечних, шкідливих, важкі крейсери та трудомістких робіт (шляхом автоматизації устаткування, механізації робіт, уніфікації і типізації устаткування) і здійснення за необхідності додаткових заходів безпеки, пов'язаних із специфікою технологічних процесів; зручне й безпечне взаємо розташування устаткування (для проходу людей, виконання робіт і обслуговування обладнання, профілактики та ремонту); безпечне розташування постійних робочих місць із огляду на вимоги техніки безпеки, психології, фізіології; забезпечення безпечного, зручного, доступу до робочого місцеві й можливості швидкої евакуації; забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних умов праці (герметизація об'єктів, які виділяють шкідливі гази й пил, видалення газів і пилу з допомогою (вентиляції; забезпечення необхідних параметрів повітряної середовища на робочих місць

й у приміщеннях; нормальна освітленість робочих місць, виробничих приміщень, палуб; зниження шумністю устаткування й виробничих процесів до розумних меж. Бракує забезпечення електробезпеки устаткування й комунікацій (обмеження напруги струму і вибору систем розподілу електроенергії, ізоляція струмів їдуть частин, захисне заземлення, застосування діелектричних покриттів, різних запобіжних пристроїв);

Забезпечення взривобезпеки устаткування й судин під тиском (забезпечення розрахункової міцності, високої якості виготовлення й монтажу; застосування запобіжних пристроїв і приладів контролю; установка коштів автоматичної захисту);

безпечне, зручне розташування і пристрій органів управління (розміщення зручних зонах, безпечна конструкція, чітка маркірування);

захист від випадкового контакту з палкими чи сильно охолодженими поверхнями і середовищами (теплоізоляцію, екранування, герметизація);

використання запобіжної і аварійної сигналізації;

використання кольорів безпеки (червоного, жовтого, зеленого) і розпізнавання (маркувальних, визначальних і вказують);

встановлення знаків і написів у місцях підвищеної небезпеки (що забороняють, покликані унеможливити і розпорядчих).

Організаційне забезпечення безпеки робіт складається з комплексу заходів, що з попередньої підготовкою до виробництва робіт, і нагляду над безпечним виконанням.

Підготовка до виробництва робіт має передбачати: наявність відповідної технічної документації, забезпечення справності устаткування, організацію безпечного і зручного робочого місця, правильну розстановку робочих, забезпечення працюючих спецодягом і захисними засобами. При організації безпечного тимчасового робочого місця передбачається: забезпечення працюючих справним інструментом, пристосуваннями і такелажом, відповідними виконуваної роботі; наявність необхідних

огорожень, захисних пристроїв і написів; ряд додаткових заходів у зв'язку з специфікою робіт; оптимальна (для даних умов) компоновка робочого місця; забезпечення правильності передачі команд і розпоряджень; забезпечення безпечного доступу до місць й можливості евакуації.

Нагляд над безпечним виконанням робіт включає: нагляд над виконанням вказівок технічної документації, і навіть виконанням які працюють інструкцій технічно безпеки; застосуванням безпечних робочих прийомів та використанням індивідуальних захисних коштів; додатковий посилений нагляд за чітким виконанням всіх своїх вимог техніки безпеки особами, недавно які надійшли працювати; нагляд за чистотою і порядком на робочих місцях й у проходах; нагляд над виконанням режиму праці, встановленого для цього виду робіт.

Безпека руху осіб по судну досягається конструктивними і організаційними заходами. До перших належить безпечне розташування і прямолінійність проходів, дотримання встановлених їм габаритів (і світу); безпечне взаємне розташування входів – виходів, трапів, устаткування й конструкцій; фіксація дверей і люків у відкритому становищі; видалення які у проходи конструкцій, на яких можна спіткнутися чи забитися; вибір безпечних розмірів трапів і перехідних місточків, неслизьких поверхонь покриттів проходів і щаблів трапів, яка легко очищується від багна й льоду; установка необхідних огорожень у місцях можливого падіння людей; установка штормових поручнів [20].

Другі передбачають постійний нагляд станом і змістом шляхів, пристрій тимчасових проходів та встановлення тимчасових огорожень, нагляд над втіленням правил руху по судну.

Навчання техніці безпеки передбачає пряме навчання командного і пересічного плавскладу, і навіть пропаганду безпечних методів праці.

Порядок розслідування, обліку, і аналізу нещасних випадків, і навіть розробки профілактичних заходів, покликаних унеможливити повторення таких випадків, встановлено ВЦРПС.

Питання забезпечення безпеки робіт конструктивного забезпечення безпеки устаткування, почасти організаційного забезпечення безпеки робіт (правильна організація робочих місць), і навіть конструктивні заходи безпеки руху осіб по судну вирішуються на процесі проектування

Забезпечення безпеки моряків при заході до портів судноремонтних заводів та інших. підприємств

Усунення випадків травматизму при пересуванні людей по судну досягається розробкою конструктивних заходів, які забезпечують безпеку судових шляхів, і навіть виконанням організаційних заходів.

Найхарактерніші нещасні випадки при користуванні судовими шляхами повідомлення – падіння на слизьких настилах, забиті місця ніг і колінних суглобів про високі комінгси, обмеження , пальців рук біля дверей, забиті місця голови про верхню крайку дверного прорізу або про які працюють у проходах, конструкції. Спостерігаються також випадки травматизму внаслідок користування позаштатними короткими, але небезпечними шляхами, замість більш протяжних—штатних шляхів.

Усі проходи на судах (на відкритих палубах й у приміщеннях) мали бути зацікавленими прямолінійними і за можливості, найкоротшими. На відкритих палубах слід забезпечити безпечні проходи з борту на борт. На вантажний палубі слід передбачити вільні проходи з борту на борт в носовій чи кормовій частини кожного вантажного трюму. Неприпустимо на порівняно великих судах, мають чотири-п'ять трюмів, робити усього дві поперечних проходу: як кормовій частини палуби, інший — в носовій, оскільки це змушує людей нерідко ходити люковим кришкам, а при відкритих трюмах навіть із комінгсами люків. З погляду безпеки проходу з

борті на борт дуже незручні проєктовані останнім часом ненарізні комінгси люків, у яких що йде доводиться двічі підніматися і опускатися по трапам.

Неприпустимо проєктувати вхід в під шкіперські комори лише крізь люк па палубі, що у носовій краю бака, оскільки це небезпечний та може викликати важкий травматизм. В одному із судів стався нещасний випадок. під час плавання при невеличкому хвилюванні (близько двох балів). Проходячи в шкіперську комору через палубний люк, боцман отримав травму голови: кришка люка несподівано впав у результаті удару випадкової хвилі, яка зламала фіксатор кріплення. Надійність конструкції фіксатора не викликала сумніву. Проте відомо, що у морських умовах окремі хвилі заввишки, у кілька разів перевищує середню для даного хвилювання. Не виключено, що така одиночна висока хвиля потрапила на судно, зірвала кришку люка, що й спричинило до травматизму.

Щоб запобігти таких випадків слід передбачати, крім люка в шкіперську, вхід у ній з палуби чи розташовувати люк під прикриттям палубного устаткування, наприклад за брашпилем.

У зв'язку з застосуванням автоматичних швартовних лебідок і подачею швартовних тросів з в обмерзанні, оскільки нога може сковзати вздовж скоби.

5.3 Організація контролю за пожежною безпекою судна

Виявлення пожежі на судні проводиться установкою в приміщеннях, не доступних для постійного спостереження, приладів автоматичної сигналізації про початок пожежі. На всіх пасажирських суднах організовується служба пожежного патрулювання таким чином, щоб будь-яке виникнення пожежі могло бути легко виявлено [21, 22]. У всіх приміщеннях для пасажирів та екіпажу повинні бути встановлені ручні пожежні сигнали, щоб дати

можливість пожежним патрулям негайно сигналізувати на місток або пожежний пост про помічену пожежу.

Будь-який член екіпажу, який виявив пожежу або його перші ознаки (дим, запах гару, підвищена температура), зобов'язаний через найближчий ручний сповіщувач пожежної сигналізації або будь-яким іншим способом (по телефону, голосом, посильним) повідомити про це вахтовій службі. На пасажирських суднах про це має вказуватися при інструктажі пасажирів про заходи безпеки та іншу інформацію. Для сучасного виявлення пожежі сучасні судна оснащені ефективно діючими системами пожежної сигналізації виявлення.

В якості сповіщувачів, що фіксують відхилення ситуації в судновому приміщенні від норми, можуть бути використані теплові, димові, світлові, іонні та інші пристрої.

Теплові датчики сигналізують на станцію пожежної сигналізації про те, що температура в приміщенні, що охороняється, перевищила контрольну. Тепловими датчиками оснащуються житлові, службові, громадські, вантажні, складські та інші суднові приміщення. В якості контрольної в цих приміщеннях зазвичай встановлюється температура 54 ... 78 градусів Цельсія. У машинних приміщеннях, на камбузах і в інших (виробничих) суднових приміщеннях, де в процесі їх технологічного використання можливі підвищені температури, датчикам пожежної сигналізації задається контрольна температура порядку 80-100 градусів Цельсія.

Димові сповіщувачі здатні подати сигнал про те, що в судновому приміщенні з'явився дим. Такими датчиками оснащуються машинні, вантажні та деякі інші суднові приміщення. Сповіщувачі димової сигналізації здатні подати сигнал на станцію також у тих випадках, коли в приміщенні з'являється виробничий пил, щільний туман.

У приміщеннях спеціальної категорії, призначених для перевезення рухомої техніки з паливом в баках, встановлюються сповіщувачі іонного типу, що спрацьовують при появі парів вуглеводневого палива [21].

Згідно з чинним положенням про організацію безпечної експлуатації суден, в обов'язки вахтової служби і всіх членів екіпажу входить вимога постійно стежити за дотриманням встановлених правил пожежної безпеки. У разі виявлення пожежі або перших його ознак (дим, запах гару, підвищення температури), кожен член екіпажу зобов'язаний негайно повідомити про це вахтовій службі. Для цього в коридорах житлової надбудови, у виробничих, громадських та інших приміщеннях встановлена ручна (кнопкова) пожежна сигналізація. Однак, для цього може бути використана внутрішній телефон та радіозв'язок або просто голосом повідомити вахті про виявлену пожежу.

На пасажирських і прирівняних до них судах, що перевозять більше 36 пасажирів, згідно з вимогами Конвенції СОЛАС-74 (правило II-2 / 40.6) для швидкого виявлення пожежі повинна нестися ефективна дозорна служба.

Аналогічна дозорна служба повинна бути організована в суднових приміщеннях спеціальної категорії при перевезенні в них автотехніки з паливом в баках (СОЛАС-74, правило II-2 / 37.1.4). Прибувши на станцію сигнал повинен бути негайно переданий системі авральною сигналізацією за допомогою блокуючих релейних пристроїв. При відсутності блокуючого пристрою повідомлення про надходження сигналу на станцію пожежної сигналізації повинно бути продубльовано в районі несення постійної суднової вахти.

5.4 Запобігання забрудненню моря шкідливими речовинами, які перевозяться в упаковці, вантажних контейнерах, знімних танках. Вимоги до пакування та маркування

Якщо спеціально не передбачено інше, правила застосовуються до всіх суден, що перевозять шкідливі речовини в упаковці.

Шкідливими речовинами є речовини, які визначені як забруднювачі моря в Міжнародному кодексі морського перевезення небезпечних вантажів (МКМ ПНВ) або які відповідають критеріям, зазначеним у Додатку III.

Упаковка визначається як форми вантажних ємностей, які зазначені для шкідливих речовин в МКМ ПНВ [23].

Порожні упаковки, які раніше використовувалися для перевезення шкідливих речовин, самі розглядаються як шкідливі речовини, якщо тільки не було вжито належних запобіжних заходів для того, щоб забезпечити відсутність в них будь-якого залишку, що представляє шкоду для морського середовища.

Упаковки, що містять шкідливу речовину, маркуються надійним довговічним маркуванням чи забезпечуються надійним довговічним ярликом, що вказують, що речовина є шкідливою речовиною згідно з відповідними положеннями МКМ ПНВ.

Метод маркування або постачання ярликами упаковок, що містять шкідливу речовину, повинен відповідати відповідним положенням МКМ ПНВ.

Всі маркувальні написи:

повинні бути ясно видимими і чіткими;

повинні бути такими, щоб ця інформація залишалася помітною на вантажних одиницях, які перебували в морській воді, щонайменше, протягом трьох місяців. При виборі прийнятних способів нанесення маркування

необхідно брати до уваги довговічність використовуваних пакувальних матеріалів і характер поверхні тари даної вантажної одиниці;

повинні наноситися на тлі, що контрастує з кольором зовнішньої поверхні тари вантажної одиниці;

не повинні розміщуватися поруч з іншим маркуванням вантажної одиниці, якщо нанесення маркувального надпису може істотно знизити її ефективність.

Шкідливі речовини розміщуються і закріплюються так, щоб звести до мінімуму небезпеку для морського середовища без погіршення безпеки судна і людей, які перебувають на борту.

Викидання за борт шкідливих речовин, що перевозяться в упаковці, забороняється, за винятком випадків, коли це необхідно з метою забезпечення безпеки судна або порятунку людського життя на морі.

З урахуванням положень цієї Конвенції приймаються відповідні заходи, засновані на фізичних, хімічних і біологічних властивостях шкідливих речовин, для контролювання змиву за борт витоків за умови, що застосування таких заходів не погіршує безпеки судна і перебувають на борту людей

5.5 Питання цивільного захисту

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

Круїзне судно «Birka Paradise» чекає дозволу на вхід в порт Монреаль (Канада). Отримано повідомлення про інцидент із зрідженням газом на танкері-хімовозі, який знаходиться в районі зовнішнього рейду на якорі: в результаті несправності технологічного обладнання (корозія трубопроводу) стався витік хлористого водню, що є сильнотоксичною отруйною речовиною (СДОР). Кількість СДОР, що розлилася, – 1 т, характер розливу - «вільно».

Метеорологічні умови на момент виникнення надзвичайної ситуації: час 16.00, температура повітря 20, швидкість вітру 0,5 м/с, вітер зустрічний, суцільна хмарність. Відстань до аварійного танкера-хімовозу – 1 км. Місцевість відкрита, характер – водна поверхня.

Виконати оперативний прогноз хімічної обстановки на час через 1 годину після аварії. Запропонувати заходи по зменшенню можливих втрат серед екіпажу та пасажирів судна.

5.1.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території

Виконання розрахунків ведеться за допомогою формул і таблиць, наведених у Методиці прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту [24].

а) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

За заданими метеорологічними умовами (час доби – день, швидкість вітру 0,5 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по таблиці 5.1 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
0,5	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
0,6–2,0	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
2,1 – 4,0	конвекція	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія
> 4,0	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія

б) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

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

Розраховуємо еквівалентну кількість $Q_{\text{в1}}$ (т) хлористого водню в первинній хмарі:

$$Q_{\text{в1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,28 \cdot 0,3 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 = 0,193 \approx 0,02 \text{ т,}$$

де: $K_1 = 0,28$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 5.2);

$K_3 = 0,3$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози хлористого водню (таблиця 5.2);

$K_5 = 0,23$ – коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії (п. 3.2. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту);

$K_7^1 = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення первинної хмари (таблиця 5.2);

$Q_0 = 1$ – кількість хлористого водню, що розлився при аварії, т.

Таблиця 5.2 - Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/ м ³		Температура кипіння, °С	Пороговатоксодоза,	Значення допоміжних коефіцієнтів								
	Газ	Рідина			K1	K2	K3	K7 для температури повітря (°С)					
								-40	-20	0	10	20	40
Хлористий водень	-	1,191	-85,1	2	0,28	0,037	0,03	<u>0,4</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>0,8</u> 1	<u>0,9</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,2</u> 1

Примітка:

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

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

Площа розливу S_p (м²) хлористого водню дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0 / \rho}{h} = \frac{1 / 1,191}{0,05} = 16,8 \text{ м}^2,$$

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

$\rho = 1,191$ – щільність хлористого водню, т/м³ (таблиця 5.2);

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

Таблиця 5.3 - Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (u), м/с	1≤	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

Тривалість вражаючої дії СДОР визначається часом, що потрібний на його випаровування з площі розливу, і часом, протягом якого триває спад його концентрації до безпечного рівня після відходу хмари зараженого повітря від заданої точки.

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (год.) хлористого водню:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}} + \frac{1}{K_m \cdot v_{II}} = \frac{0,05 \cdot 1,191}{0,037 \cdot 1 \cdot 1} + \frac{1}{1 \cdot 6} = 1,78 \text{ год.} = 1 \text{ год.} 47 \text{ хв.},$$

де: $K_2 = 0,037$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей хлористого водню (таблиця 5.2);

$K_4 = 1$ – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (таблиця 5.3);

$K_7^{II} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (таблиця 5.2);

$K_m = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари хлористого водню (таблиця 5.4);

$v_n = 6$ – швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря, км/год. (таблиця 6.5).

Розраховуємо еквівалентну кількість хлористого водню Q_{32} (т) у вторинній хмарі:

$$Q_3 = \frac{Q_0 \cdot 1}{h \cdot \rho} = \frac{0,72 \cdot 0,037 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1}{0,05 \cdot 1,191} = 0,03 \text{ т,}$$

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

Таблиця 5.4 - Значення коефіцієнту K_m залежно від впливу характеру місцевості

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

Таблиця 5.5 - Швидкість (км/год.) перенесення v_n 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
Інверсія	5	10	16	21	-	-	-	-	-	-
Ізотермія	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59
Конвекція	7	14	21	28						

г) Визначення глибини і площі зони зараження

Глибину зони зараження первинною (вторинною) хмарою СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті визначаємо за допомогою таблиці 5.6.

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 і менше	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94

Для $Q_{31} = 0,02$ т та швидкості вітру $u = 0,5$ м/с визначаємо глибину зони зараження первинною хмарою хлористого водню: $\Gamma_1 = 0,5$ км.

Для $Q_{32} = 0,03$ т та швидкості вітру $u = 0,5$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою хлористого водню: $\Gamma_2 = 0,62$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 0,62 + 0,5 \cdot 0,5 = 0,87 \text{ км} ,$$

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

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

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 6 = 6 \text{ км}.$$

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 0,87 \text{ км}.$$

Визначаємо площу зони можливого зараження S_B (км²) хмарою хлористого водню:

$$S_B = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 0,87^2 \cdot 360^0 / 360^0 = 1,25 \text{ км}^2 ,$$

де: $\Gamma = 0,87$ – розрахункова глибина зони зараження, км; $\varphi = 360^\circ$ – кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 5.7).

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 $S\phi$ (км²):

$$S\phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 0,87^2 \cdot 1^{0,2} = 0,1 \text{ км}^2,$$

де: $K_8 = 0,133$ – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря – ізотермії (п. 3.4. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту).

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою коло, що має кутовий розмір $\varphi = 360^\circ$ (таблиця 5.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,87$ км. Центр кола співпадає з джерелом зараження - місцем розливу хлористого водню.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_1}\right)^\Psi = 3,73 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,05}{6}\right)^{0,606} = 0,2 \text{ км},$$

де: $\lambda = 2,31$; $\Psi = 0,58$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 5.8);

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,02 + 0,03 = 0,05$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

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

Таблиця 5.8 – Коефіцієнти λ и ψ , що залежать від швидкості вітру

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

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

$$\Gamma_{0,4l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,4l}} \right)^\psi = 3,73 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,05}{2,4} \right)^{0,606} = 0,36 \text{ км},$$

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

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

$$\Gamma_{0,2l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2l}} \right)^\psi = 3,73 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,05}{1,2} \right)^{0,606} = 0,54 \text{ км},$$

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

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,87$ км.

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

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

$$t = \frac{x}{K_M \cdot v_{\Pi}} = \frac{1}{1 \cdot 6} = 0,17 \text{ год.} = 10 \text{ хв.},$$

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

5.1.3 Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території акваторії внаслідок аварії на танкері-хімовозі, який знаходиться поруч на зовнішньому рейді, показала, що хмара зараженого повітря може поширитись на глибину до 0,87 км. Відстань від місця аварії до судна «Birka Paradise» – 1 км. Судно не потрапляє в зону уражень, прямої загрози для життя членів екіпажу не має.

Для уникнення можливих втрат серед екіпажу судна «Birka Paradise» пропонуються наступні заходи:

- повідомити екіпаж про небезпеку, попередити людей про наслідки отруєння хлористим воднем, тимчасово припинити усі роботи на відкритій палубі;

- зв'язатися з аварійними судном для отримання інформації про розвиток аварії, підготуватися до надання першої медичної допомоги;

- зберігати безпечну відстань до аварійного судна, щоб не потрапити в зону ураження СДОР протягом часу вражаючої дії хмари зараженого повітря.

ВИСНОВКИ

У дипломної роботі у відповідності з завданням здійснено аналіз та проведена розробка суднових пристроїв:

1. На основі аналізу техніко-експлуатаційних характеристик суднових споживачів електроенергії табличним методом проведений розрахунок навантажень для основних режимів роботи судна та обрані три основні дизель-генератори фірми HAKODATE DOCK CO. LTD типу FE 547A-8 потужністю 625 кВА та один аварійний генератор UC7.M274C1 потужністю 80 кВА.

2. Обрані генераторні автоматичні вимикачі фірми TERASAKI типу AGR-22BS-PR цілком відповідають вимогам по динамічній стійкості тому, що значення ударного струму КЗ, отримане розрахунковим шляхом, менше ударного струму автоматичного вимикача.

3. Для найбільш потужного асинхронного двигуна приводу вантажного крану з потужністю 130 кВт при автотрансформаторному способі пуску розрахований провал напруги генератора. Встановлено, що провал напруги знаходиться в допустимих межах.

4. Проаналізована робота системи автоматичного управління вантажопідйомним механізмом провізійного крану HMCS2-00DYL.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Правила Регістру України морських і річних суден – Київ. 2002.
2. Российский Морской Регистр Судоходства. Правила классификаций и построение морских судов. Том 1,2,3 – М.: Транспорт, 2007. – 1500 с.
3. Судовые электроприводы: Справочник / А.П. Богословский, Е.М. Певзнер, И.Р. Фредзон, А.Г. Яуре. – Л. Судостроение, 1983. – 730 с.
4. Правила технічної експлуатації суднових технічних засобів і конструкцій. РД 31.21.30 – Санкт-Петербург. 1997. – 336 с.
5. Самонов Ф.А. Автоматизированные электроприводы и системы управления курсом судна. – Одесса: Моряк, 1989. – 39 с.
6. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. – М.: Академия, 2004. – 256 с.
7. Електронний ресурс: <https://elmar.com.ua/oborudovanie-zaschity/avtomaticheskie-vykljuchатели/avtomaty-abb/>
8. Яковлев М.С. Судовые электроэнергетические системы. – Л.: Судостроение, 1987. – 269 с.
9. Електронний ресурс: https://absel.ua/kabelnaja-produkcija/sudovoi-kabel?gclid=EAIaIQobChMIkPy1x4SV8QIVTOqyCh2b7w-YEAAAYASAAEgLbufD_BwE.
10. Електронний ресурс: https://germangenerator.de/?gclid=EAIaIQobChMIy8mWioqV8QIV5UeRBR1wewmdEAAAYASAAEgL4SPD_BwE.
11. Толстов А.А. Устройство и эксплуатация судовых синхронных генераторов. Одесса, ОНМА, 2007. – 150 с.
12. Електронний ресурс: «<http://www.hyundai-elec.com/elec/en/customer>»
13. Баранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы. М.: Транспорт, 1988. – 328 с.
14. Захарченко В.М. Электрооборудование судов: электрические станции. Одесса, ОНМА, 2003. – 119 с.
15. Електронний ресурс: «<https://dvk-electro.ru/06powerStation>»

16. Шапо В.Ф. «Введение в судовые компьютерные сети». Одесса: ОНМА, 2011. – 77 с.
17. Алексеев Н.А. Микропроцессорные системы контроля и управления судовых технических средств. М.: Транспорт, 2005. – 416 с.
18. Басанец Н.Г. Спасание и выживание на море: учебное пособие. Одесса: ОНМА, 2013. 158 с.
19. Басанец Н.Г., Марков С.А. Руководство для офицера по охране судна (Ship Security officer - SSO): учебное пособие. Одесса: ОНМА, центр «Издатинформ», 2010. 216 с.
20. Геврик Є. О. «Безпека життєдіяльності»: навчальний посібник для студентів ВНЗ. Київ: Ельга-Н; КНТ, 2008. 382 с.
21. Басанец Н. Г., Колегаев М. А., Ляшенко А. Б. Технические средства и организация противопожарной защиты судов: учебное пособие. Одесса: ОНМУ, ОНМА, 2011. 368 с.
22. Колегаев М.О. Безпека життєдіяльності і виживання на морі: Навч. посібн. / М.О.Колегаєв, Б.М. Іванов, М.Г. Басанец. – Одеса: Одеськ. нац. морська академія, 2007. – 372 с.
23. Правила по запобіганню забруднення з суден. Офіційне видання. Київ: Регістр судноплавства України, 2011. 288 с.
24. Методичні вказівки по виконанню розділу дипломних проектів (робіт) «Цивільний захист/оборона» / В. Б. Терновський, С. Н. Стреминовський – Одеса: ОНМА, 2011. – 49 с.