

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
танкером водотоннажністю 50260 тон»

Виконав: студент 3 курсу, шифр _____
спеціальності:

271 – Річковий та морський транспорт

(шифр і назва спеціальності)

Спеціалізація: «Експлуатація суднового
електрообладнання і засобів автоматики»

Матей Анатолій Володимирович

(підпис, прізвище та ініціали)

допущений до захисту 14.12.2021

(дата)

Завідувач кафедри Гвоздева І.М.

(підпис, прізвище та ініціали)

Керівник Гвоздева І.М.

(підпис, прізвище та ініціали)

Нормоконтролер Землюк С.О.

(підпис, прізвище та ініціали)

Рецензент С.А. Мехенко

(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

Матея Анатолія Володимировича

1. Тема: «Електрообладнання, електронна апаратура та системи управління танкером водотоннажністю 50260 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 – танкера водотоннажністю 50260 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	Паршикова Д.Т.	26.11.21	30.11.21
Цивільний захист	Гвоздева І.М.	6.12.2021	13.12.2021

Дата видачі завдання: « » 2021 р.

Керівник _____ Гвоздева І.М.

Завдання прийняв до виконання _____ Матей А.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання	Примітки
1.	Отримання завдання на дипломну роботу	14.05.2021	
1	Розрахунок потужності та вибір електродвигуна пожежного насоса. Вибір комутаційно-захисної апаратури та засобів електромагнітної сумісності електроприводу. Розробка інструкції з експлуатації електроприводу пожежного 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.	02.06.2021 10.06.2021	виконано
4	Цивільний захист та охорона праці	26.11-31.11	виконано
5	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини роботи.	02.12.2021- 13.12.2021	виконано
6	Проходження перевірки та виявлення збігів у дипломній роботі здобувача	17.12.2021	виконано

Студент

Матей А.В.

Керівник

Гвоздева І.М.

РЕФЕРАТ

Електрообладнання, електронна апаратура та системи управління танкером
водотоннажністю 50260 тон

У дипломній роботі наведено загальний опис судна та його рушія. Розглянутий електропривод пожежного 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 пожежного насосу, його система управління; однолінійна схема ГРЩ та АРЩ; система збудження генераторів, структурна схема автоматизації суднової електростанції, структурна схема системи управління системою інертних газів.

СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД; ПОЖЕЖНИЙ НАСОС, СУДНОВА
ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ; ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОР, ГОЛОВНИЙ ТА АВАРІЙНИЙ
РОЗПОДІЛЬНІ ЩИТИ; АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ; СИСТЕМА ІНЕРТНИХ
ГАЗІВ

ABSTRACT

Electrical equipment, electronic hardware and control systems of tanker of 50260 tons water tonnage.

In bachelor's degree work a general description of the vessel and its engine are described. The electric drive of fire 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 fire pump and its control system; single-line diagram of MDB and EDB; system of excitation of generators, structural scheme of automation of a ship's power plant, structural diagram of the control system of the inert gas system.

SHIP ELECTRIC DRIVE; FIRE PUMP, SHIP POWER STATION; DIESEL-GENERATOR, MAIN AND EMERGENCY DISTRIBUTION BOARDS; CONTROL ALGORITHM; INERT GAS SYSTEM

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 (СЕЕС) та вибір її типу	14
2 РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПОЖЕЖНОГО НАСОСУ	16
2.1. Розрахунок потужності та вибір електродвигуна пожежного насоса ..	16
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 пожежного насосу.....	23
3 СУДНОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА	27
3.1 Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості, потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів	27
3.2 Вибір кількості, потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів СЕЕС	32
3.3. Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії	38
3.4. Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми головного і аварійного розподільчих щитів	39
3.5. Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів	41
3.6 Вибір апаратів, приладів, приборів ГРЩ, та фідерів, що відходять від ГРЩ	47
3.7 Вибір системи збудження синхронних генераторів	51

3.8 Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії	53
3.9. Вибір засобів автоматизації СЕЕС та їх алгоритмів функціонування	58
3.10 Загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення, суднових сигнально-відмітних вогнів, низьковольтне освітлення	63
4 АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ	66
4.1 Технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем	66
4.2 Аналіз роботи системи управління судновою системою інертних газів	68
4.3. Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації, та внутрішнього зв'язку	73
4.4. Технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіонавігаційних пристроїв та радіозв'язку	78
5 ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ	81
5.1 Призначення структур і аналіз Міжнародної Конвенції з охорони людського життя на морі SOLAS-74	81
5.2 Шкідливі і небезпечні виробничі фактори: класифікація за джерелами і властивостями	88
5.3 Класифікація пожеж	93
5.4 Заходи та засоби попередження розливу палива при бункерувальних операціях на судні. Відповідальність суднового екіпажу щодо забруднення моря нафтою	94
5.5 Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря	99
ВИСНОВКИ.....	108
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	109
ДОДАТКИ	111

ВСТУП

Важливою особливістю розвитку сучасного суднобудування є широке впровадження електрифікованих механізмів, що дозволяють здійснювати автоматизацію суднових технічних засобів.

Судна транспортного флоту мають велику кількість різних електрифікованих механізмів, схеми енергоустаткування та автоматики, які відрізняються значною різноманітністю.

Широке застосування отримали системи дистанційного автоматичного управління. Уніфіковані функціональні пристрої автоматизації засобів судноводіння освоєні промисловістю і використовуються вже тривалий час, успішно себе зарекомендувавши.

Розробка пристроїв автоматизації задач судноводіння дозволила здійснити перехід до більш повного об'єму автоматизації управління судном, і до більшої міри безпеки мореплавання. Отриманий досвід експлуатації подібних систем використовується для розробки більш сучасних пристроїв і систем.

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 бульбоподібним носом і крейсерською кормою. Судно призначене для транспортування наливного вантажу. Місткість судна складає 45000 тон . Дальність плавання – 25000 миль. Район плавання – необмежений, швидкість судна в повному вантажі при 90 % експлуатаційної потужності ГД – 14.5 вузлів.

Судно – одногвинтове, однопалубне, з коротким баком, кормовим розташуванням МВ і житлової надбудови. На судні є каюти для розміщення 40 членів екіпажу. Корпус судна зварний, спроектований за змішаною системою набору.

Головним двигуном на судні встановлено дизель типу HYUNDAI-MAN B&W 6G50ME-C9.5 с потужністю 10320 кВт. Гвинт – бронзовий, суцільно литий, шестилопасний, фіксованого кроку. На судні також встановлені установка для очищення і знезараження стічних вод, система кондиціонування, протипожежна система.

Загальна характеристика судна

Тип – танкер

Довжина судна – 183.06 м

Ширина – 32.20 м

Висота до головної палуби – 19.10 м

Осадка середня порожнем – 11.00 м

Осадка середня у вантажу – 13.30 м

Тоннажність у повному вантажу – 74543 т

Дедвейт – 44,999 т

Швидкість у повному вантажу – 14.5 вузлів

Район плавання – необмежений

Кількість трюмів – 14

Енергетична установка

Виробник – HYUNDAI-MAN B&W

Тип – 6G50ME-C9.5

Потужність – 10320 кВт

Частота обертання валу – 100 об/хв

Тип передачі на гребний вал – пряма

Керування двигуном – із ходової рубки і ЦПУ

Кількість гвинтів – 1

Тип – гребний гвинт фіксованого кроку

Крок – 7.666 м

Діаметр – 7.490 м

Рульова машина

Виробник – HYUNDAI

Тип – FE21 - 126 - T050

Обертаючий момент – 1240 кН·м

Максимальний робочий тиск – 23.5 МПа

Потужність – 74 кВт

Допоміжний котел

Виробник - HYUNDAI

Тип – PB0301AS12

Паропроодуктивність – 6.0 т/год

Тиск пару – 0.7 МПа

Тип горілки – SFDT – U405

Використання пального за 1 годину - 1315 кг

Діаметр котла – 3050 мм

Висота котла – 6300 мм

1.2 Обґрунтування основних параметрів суднової електроенергетичної системи (СЕЕС) та вибір її типу

В кінці минулого століття стрімке зростання морських перевезень і видобутку енергоресурсів створив передумови для появи великотоннажних енергоозброєних судів, оснащених електричними машинами, потужність яких перевищує одиниці, а іноді і десятки мегават. Використання низької напруги для машин такої потужності є неприйнятним, з огляду на високі втрати та витрати на мідь в обмотках і жилах кабелів.

Зростання енергоозброєності морських суден, обумовлений в першу чергу застосуванням потужних електроприводів для електроруху, підрулюючих пристроїв, вантажних насосів та інших механізмів, потребував переходу від звичайної трифазної напруги 440 В до високовольтних систем не дивлячись на те, що вартість низьковольтного обладнання та його установка, в порівнянні з високовольтним, є відносно низькою, і експлуатація його не вимагає високого рівня кваліфікації для безпечної роботи.

Проте, коли мова йде про потужні електроприводи, то такі критерії, як падіння напруги і втрати в лінії стають визначальними у виборі величини напруги живлення. Переваги застосування високої напруги в електроустановках великої потужності є значне зниження втрат, витрат на мідь та габаритів електричних машин за рахунок зниження площі перетину їх обмоток.

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 та 12 В.

2 РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПОЖЕЖНОГО НАСОСУ

2.1. Розрахунок потужності та вибір електродвигуна пожежного насоса

Кожне судно повинно бути обладнане пожежними насосами, пожежної магістраллю, пожежними гідрантами, пожежними рукавами (шлангами) і стовбурами, відповідно до норм, встановлених Міжнародною конвенцією СОЛАС International Convention for the Safety of Life at Sea - SOLAS), Глава II-2, Частина 3, Правило 10 - Пожежогасіння.

Відповідно до цього правила кожне судно повинне мати на борту не менше встановленої кількості пожежних насосів, виходячи з реєстрового тоннажу судна, а саме: вантажні судна валовою реєстровою місткістю 1000 брутто тон і більше повинні мати два насоса; валовою місткістю менше 1000 брутто тон - два насоси, один з яких, повинен мати незалежний привід.

Діаметр пожежної магістралі повинен бути таким, щоб він міг забезпечити роботу двох пожежних насосів, а для вантажних суден повинен бути таким, щоб забезпечити пропускну здатність води, що дорівнює 140 кубічним метрам на годину. Два пожежні насоси працюють і подають одночасно воду в пожежну магістраль в заданій кількості на один пожежний гідрант, повинні забезпечити тиск в інших пожежних гідрантах не нижче наступного:

1) Пасажирські судна валовою реєстровою місткістю 4000 брутто тон і більше - 0,40 ньютонів на один квадратний міліметр. Валовою місткістю щонайменше 4000 брутто тон - 0,30 ньютонів на один квадратний міліметр.

2) Вантажні судна валовою реєстровою місткістю 6000 брутто тон і більше повинні 0,27 ньютонів на один квадратний міліметр; валовою місткістю менше 6000 брутто тон - 0,25 ньютонів на один квадратний міліметр.

Максимальний тиск в будь-якому пожежному гідранті не повинно перевищувати тиску, при якому неможливо забезпечити ефективне використання пожежного рукава.

Продуктивність пожежних насосів повинна забезпечити подачу води для пожежогасіння з тиском в пожежній магістралі не нижче, зазначених вище значень: на вантажних судах - не менше чотирьох третин тієї кількості води, яке відкачується з трюмів пасажирського судна такої ж місткості одним незалежним осушувальним насосом, причому загальна продуктивність насосів може не перевищувати 180 куб / год.

Продуктивність кожного пожежного насоса, крім аварійного, повинна бути не менше 80% від загальної необхідної подачі води, поділеній на мінімально необхідне число пожежних насосів, проте в будь-якому випадку продуктивність повинна бути не менше 25 куб / год і при цьому насос повинен забезпечити необхідний тиск води в двох пожежних стволах.

Довжина пожежних рукавів повинна бути не менше 10 метрів, проте не повинна бути більше ніж зазначено нижче для окремих приміщень: у машинному відділенні - 15 метрів, в інших приміщеннях і на відкритих палубах – 20 метрів, на судах максимальна ширина яких перевищує 30 метрів – 25 метрів [1, 2].

На вантажних судах валовою реєстрової місткістю 1000 брутто тон і більше, повинен бути один пожежний рукав на кожні 30 метрів довжини судна і один запасний, причому загальне число повинно бути не менше п'яти. В даний числа не входять пожежні рукави, обов'язкові для машинного і котельного відділень. Пожежні стволи повинні мати отвори для води діаметром 12 мм, 16 мм і 19 мм або якомога ближче до цих діаметрами. Для пожежних стволів в житлових і службових приміщеннях, діаметр отвору не повинен бути більше 12 мм.

Пожежні насоси призначені для безперервної подачі забортної води в пожежну магістраль. В якості пожежних насосів використовують

високонапорні відцентрові насоси, які за типом приводів поділяють на пожежні електронасоси і турбонасоси, а по розташуванню ротора - на вертикальні і горизонтальні.

Знайдемо потужність електродвигуна електроприводу пожежного насоса [3–5]. Потужність на валу електродвигуна, яка необхідна для обертання центробіжного насосу, визначається роботою, витраченою на підняття рідини:

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

де $P_{ДВК}$ – корисна потужність на валу електродвигуна, кВт; $k_{зан} = 1,05 \div 1,15$ – 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 насосу.

Насос заборотної води, що охолоджує головний двигун має наступні параметри: $\eta_{нас} = 0,70$; $\eta_{об} = 0,94$; $Q = 360$ м³/ч; $P_{наг} = 700 \cdot 10^3$ Па.

Перерахуємо Q в м³/с:

$$Q = 360/3600 = 0,1 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Корисна механічна потужність насоса визначається за формулою

$$N_K = Q \cdot P_{наг} \cdot 10^{-3} = 0,1 \cdot 700 \cdot 10^3 = 70 \text{ кВт}.$$

Підставимо обрані параметри насосу у формулу (2.1):

$$P_{ДВК} = \frac{1,15 \cdot 0,1 \cdot 700 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}}{0,94 \cdot 0,7} = 121,83 \text{ [кВт]}. \quad (2.2)$$

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, пропонованим до електроприводів центробіжних насосів [4]. З урахуванням співвідношення $P_{ЕЛД} = P_{ДВК} / \eta_{ДВ} = 121,83 / 0,93 = 131,1 \approx 132$ кВт, де $\eta_{ДВ}$ – ККД

електродвигуна. Вибираємо електродвигун фірми АВВ [6], 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
M38P280MLB4	132	1787	215	0,93	0,84	7,5	2,5	2,8	890

2.2 Вибір схеми живлення та управління

Схему живлення та управління обираймо згідно зі знаком автоматизації судна, вимогами Регістра до даного типу судових механізмів [1, 2] (пожежного насосу) та параметрів судової силової мережі живлення. Для забезпечення необхідного рівня надійності на судні встановлено два пожежних насоса.

Для живлення системи управління електроприводу пожежного насосу виберемо розділовий трансформатор HFRC-150 230/22/5.5 V.

Алгоритм роботи схеми управління відповідає наступній послідовності експлуатації насосу: насоси вручну включаються в автоматичний режим і один з 2-х запускається, при цьому система автоматичного управління контролює роботу насосу, а інший насос знаходиться в режимі очікування. В аварійних випадках, наприклад, коли зникає живлення, спрацьовує тепловий захист і автоматично включається резервний насос, а той, котрий зупинився, видає аварійну сигналізацію. Аналогічно працює другий насос [4]. Принципова схема живлення та управління електродвигуна пожежного насоса наведена в Додатку А.

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

Для вибору автоматичного вимикача, що підключає електропривод пожежного насосу до мережі трифазного змінного струму та у відповідності з технічними даними електродвигуна (Табл. 2.1) обираємо [7] автоматичний вимикач фірми АВВ $T_{\max}$ ТЗ, основні характеристики якого:

Характеристика спрацьовування: С.

Кількість полюсів: 4.

Номінальний струм: 250 А.

Номінальна гранична відключаюча здатність при КЗ: 36 кА.

Максимальна робоча напруга: 690 В ~.

Номінальна частота: 50..60 Гц.

Номінальна включаюча здатність при КЗ: 6 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: 0,5.

Виберемо кабель живлення насосу. Для того, щоб обрати потрібний кабель необхідно спочатку розрахувати його струм. Після цього кабель вибирається із спеціальних таблиць та каталогів. В залежності від того, що цей кабель буде з'єднувати, як буде змінюватись струм, який протікає через нього і, відповідно, площа поперечного січення.

Розрахований електропривод насосу отримує живлення від ГРЩ.

Тому 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.

$$I_K = \frac{132 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 440 \cdot 0,84 \cdot 0,93} = 222 \text{ А}.$$

Згідно розрахованому току вибираємо потрібний кабель МРХ 2х(3х95) мм². Основні характеристики кабелю [8]:

- площа поперечного перерізу 95 мм²;
- номінальна напруга до 600 В, частота 60 Гц;
- номінальний струм до 386 А, частота 60 Гц;
- тривало допустима температура на токоведучій жилі, не більш, ніж +65°C;
- мінімальний строк роботи 25 років.

Основні вимоги до суднового електропривода:

– 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 та загрожувати безпеці людей варто 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, що 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 $t = 65^\circ\text{C}$.

$$I_a = I_K \cdot \cos \varphi = 224 \cdot 0,84 = 188,16 \text{ A} \quad (2.5)$$

Підставив I_a до формули (2.4), маємо:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 188,16 \cdot 20 \cdot 100}{48 \cdot 120 \cdot 440} = 0,26 \%$$

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

Електроприводи під час роботи піддаються шкідливим впливам у вигляді перешкод, які можуть привести до порушень (збоїв) в роботі електропривода, а в деяких випадках і до аварійних ситуацій. Перешкоди - це електромагнітні величини, джерелами яких можуть бути різні 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 пристроїв і процеси. Особливо сильно перешкоди впливають на електронні елементи та електроприводи. Самі електроприводи також можуть бути джерелами зазначених перешкод, роблячи шкідливий вплив на інші пристрої та системи, порушуючи їх нормальне функціонування. Електроприводи, з одного боку, повинні мати перешкодостійкість, а з іншого боку – самі не повинні бути джерелами перешкод. Ці якості відповідають поняттю “електромагнітна сумісність”, під якою розуміють здатність електроприводів функціонувати в умовах реальної електромагнітної

обстановки, зберігаючи свою працездатність і не створюючи перешкод в роботі інших пристроїв і систем.

Установка спеціальних фільтрів на лініях силового живлення та інформаційних каналах дозволяє подавити перешкоди. Параметри фільтрів вибираються таким чином, щоб вони зменшували рівень перешкоди, не спотворюючи корисний електричний сигнал. Основними елементами фільтрів є конденсатори і котушки індуктивності.

Екранування елементів електроприводу дозволяє, як послаблювати вплив на них зовнішніх електромагнітних полів, так і придушити перешкоди, які виходять від них. Екрануванням можуть піддаватися електротехнічні установки та їх частини, силові та інформаційні лінії, а в ряді випадків – і приміщення. В якості екранів використовуються фольга, металеві пластини, стрічки, обплетення, сітки і ряд інших виробів і матеріалів. За умовами забезпечення безпеки (захисту від напруги дотику) корпуси приладів і екрани приміщень мають бути заземлені 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 оптико-електронні прилади, електромагнітні реле, трансформатори, спеціальні розділові схеми. Обмежувачами перенапруг є спеціальні пристрої, що призначені для захисту від перенапруг, викликаних розрядами статичної електрики, комутаційними процесами та іншими причинами.

2.4 Інструкція з експлуатації електропривода пожежного насосу

1). Експлуатація пожежного насосу повинна здійснюватися відповідно до технічного опису та інструкцією по експлуатації та іншими нормативними документами по безпечній експлуатації насосів.

2). Електрообладнання пожежного насосу повинно бути заземлено. Металеві оболонки кабелю повинні входити в безперервний ланцюг, надійно з'єднаний з корпусом судна. Заземляють оболонки на обох кінцях кабелів.

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

4). Усі струмопровідні частини електроприводу пожежного насосу повинні бути захищені так, щоб виключалася можливість дотику до них обслуговуючого персоналу. Температура окремих частин не повинна бути вище норм, вказаних в Правилах Регістру.

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

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

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

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

9). Рекомендовано уникати використання або зберігання легкозаймистих речовин біля електроприводу пожежного насосу.

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

11). 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.

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

13). На розподільчих пристроях необхідний 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].

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

- перевірити стан електродвигунів, пускової апаратури, дистанційних та місцевих постів управління, блокувань, засобів захисту та сигналізації;

- перевірити справність захисних заземлень;

- виміряти опір ізоляції;

- з відома вахтового механіка 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;

- перевірити дію системи дистанційного відключення механізмів, що виводяться з роботи з аварійного сигналу «Пожежа в МКО» (паливні та масляні насоси, вентилятори МКО і ін.).

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

15). При щоденному огляді електроприводів пожежних 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 СУДНОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА

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

3.1.1 Загальні відомості

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

Як джерела електроенергії на судах можуть бути використані генератори постійного і змінного струму, що мають привід від турбін або дизелів, а також акумуляторні батареї. На судні встановлені основна і аварійна електростанції. Основна електростанція забезпечує судно електроенергією у всіх нормальних експлуатаційних режимах роботи. Аварійна – в аварійному режимі. Згідно з вимогами Правил реєстра [1, 2], аварійна електростанція розміщується в приміщенні, що знаходиться поза зоною затоплення судна (на головній палубі або вище). Основна електростанція знаходиться в районі машинного відділення. Основні джерела електроенергії і суднова силова електрична мережа підключаються до головного розподільного щита (ГРЩ), а аварійні джерела електроенергії і аварійна мережа – до аварійного розподільного щита (АРЩ). Згідно з вимогами Правил Регістра, ГРЩ і АРЩ сполучаються лінією передачі електроенергії.

Якість електроенергії визначається сукупністю властивостей, що обумовлюють придатність її для використання приймачами. Дані властивості вважаються ідеальними при наступних умовах:

– на клеммах приймачів напруга і частота дорівнюють номінальним значенням;

- форма кривої напруги змінного струму є синусоїдальною;
- напруга постійного струму незмінна у часі;
- напруга трифазного змінного струму симетрична.

3.1.2 Розрахунок потужності суднової електростанції

Характер зміни навантаження є випадковим процесом, однак в інженерній практиці при розрахунках навантаження перевагу віддають більш простому й наочному детермінованому (табличному) методу, при якому навантаження визначають тільки для найбільш характерних режимів експлуатації судна. Потужність суднової електростанції, яка розглядається в даній дипломній роботі, розраховується для наступних найбільш характерних режимів роботи судна:

- а) ходовий;
- б) стоянковий;
- в) маневровий;
- г) аварійний.

Результати розрахунків зведені в таблицю навантажень (Додаток Б) та дозволяють вибрати кількість і потужність генераторів електричної енергії для кожного режиму.

Для розрахунку потужності СЕЕС необхідно знати всі приймачі електроенергії, встановлені на даному судні, з поділом їх на групи, назви яких відповідають наступній класифікації суднового устаткування:

- 1) Палубні механізми і пристрої;
- 2) Механізми загальносуднових систем;
- 3) Механізми систем силової установки;
- 4) Засоби зв'язку і навігації;
- 5) Побутове обладнання;
- 6) Інше обладнання.

Палубні механізми і пристрої призначені для виконання якірних, швартовних, вантажних, буксирних, рятувальних, рульових і інших операцій. Якірно-швартовні операції виконують за допомогою шпилів, брашпилів і швартових лебідок. Буксирувальні і подібні до них операції виконують за допомогою лебідок, вантажні – за допомогою кранів і лебідок, кермові – за допомогою рульових пристроїв.

Загально-суднові системи служать для нормального функціонування судна, збереження вантажу і забезпечення безпеки плавання. Зазвичай на судах передбачені системи водопостачання, загально-суднова і трюмова вентиляції, баластні, протипожежні, осушення та інші. Робота цих систем здійснюється із застосуванням насосів, вентиляторів та інших пристроїв.

Система суднової силової установки призначена для забезпечення роботи головного суднового двигуна, а також дизель-генераторів СЕЕС. До них відносяться паливна, масляна, водяна системи, а також система стисненого повітря і вентиляції машино-котельних відділень. Робота цих систем здійснюється за допомогою насосів, сепараторів, компресорів та вентиляторів.

Сучасні судна мають, як правило, багатоцільові засоби внутрішнього і зовнішнього зв'язку, навігації і судноводіння. До них відносяться телефонний зв'язок, радіотрансляція, ехолот, гірокомпас, сигнальні вогні та інші. В якості побутового електрообладнання, на судах використовують камбузні плити, електрохолодильники, кип'ятильники, м'ясорубки та інші.

По кожному споживачу електроенергії в табличній формі задається кількість споживачів (як сума робочих і резервних), приводного електродвигуна, потужність механізму (кВт), коефіцієнт корисної дії (ККД механізму).

Перед вибором генераторів необхідно розрахувати сумарну споживану потужність кожного з режиму, а також середньозважений $\cos\varphi$. Розглянемо приклад заповнення таблиці одного зі споживачів (Насос прісної води охолодження ГД).

Одинична встановлена потужність споживача:

$$P_{oc} = \frac{P_M}{\eta} = \frac{37}{0,88} = 42 \text{ кВт} \quad (3.1)$$

Сумарна потужність споживача:

$$P_{oc} = \frac{P_M}{\eta} \cdot n = \frac{37}{0,88} \cdot 3 = 126 \text{ кВт} \quad (3.2)$$

Далі заповнюють коефіцієнти одночасності K_0 , завантаження K_3 та відкоригованого коефіцієнта корисної дії (ККД) і коефіцієнта потужності $\cos \varphi$ для режиму [9].

Коефіцієнт одночасності приймача K_0 – це показник роботи декількох пристроїв. Якщо кількість однойменних споживачів дорівнює одиниці, і воно використовується в даному режимі, то відповідно K_0 дорівнює 1. Якщо кількість однойменних споживачів дорівнює двом, а використовується тільки один, то в такому випадку коефіцієнт одночасності K_0 дорівнює 0,5.

Коефіцієнтом завантаження приймача K_3 називається відношення його фактичної споживаної потужності в даному режимі до номінальної споживаної потужності. Досвід показує, що значення K_3 електродвигунів вентиляторів, насосів і компресорів знаходиться в межах 0,8-0,9, так як потужність їх двигунів завжди вибирається з деяким запасом.

Завантаження рульового пристрою залежить від стану моря, швидкості судна і швидкості перекладки керма. Потужність рульового електроприводу вибирається по найбільш важкому режиму роботи. Тому коефіцієнт завантаження рульового електроприводу, як правило, слід приймати 0,6 – 0,9.

Завантаження шпилів і брашпилів залежить від глибини стоянки, стану моря і сили вітру. Потужність їх електроприводів вибирається по найбільш важких умов роботи. Тому коефіцієнт завантаження шпилів і брашпилів зазвичай приймають 0,7–0,9.

Завантаження кранів залежить від виду вантажу, маса якого часто буває меншою від номінальної. Тому коефіцієнт завантаження кранів слід приймати в

межах 0,8–0,9. Завантаження буксирних лебідок залежить від стану моря і виду буксирі об'єкта. Коефіцієнт завантаження таких лебідок слід приймати 0,6–0,9.

Завантаження камбузного обладнання залежить від чисельності екіпажу судна. Коефіцієнт завантаження камбузного обладнання в режимі стоянки слід приймати 0,4–0,6, в інших режимах – близьким до 1. Потужність протипожежних і осушувальних засобів вибирається з аварійного режиму роботи судна. В інших режимах ці засоби можуть працювати з коефіцієнтом завантаження 0,6–0,9 [9]. Для освітлення і подібних приймачів $K_3 = 1$

Для знаходження значень ККД і коефіцієнта потужності $\cos\varphi$ режимів користуються універсальними кривими залежностей $\eta = f(K_3)$ та $\cos\varphi = f(K_3)$, за якими можна встановити наступне: якщо K_3 змінюється в межах 0,6–1, то кожне зменшення K_3 на 0,1 призводить до зниження ККД на 0,03, а $\cos\varphi$ – на 0,04. Ця закономірність дозволяє відкоригувати значення ККД і коефіцієнта потужності у всіх режимах роботи судна для кожного механізму.

Після знаходження даних коефіцієнтів, розраховуються активна, реактивна та повна потужності споживача. Далі заповнюється уся таблиця навантажень для усіх режимів.

В таблиці (Додаток Б) є дві категорії споживачів, які розрізняються за тривалістю включення на: безперервно працюючі (БП) і періодично працюючі (ПП). Періодично працюючі споживачі – це споживачі, сумарний час роботи яких коливається в межах 15–70% тривалості розглянутого режиму. Постійно працюючими вважаються споживачі, які працюють більше 70% тривалості режиму. Якщо споживач не працює в даному режимі, то в рядку цього режиму ставляться нулі.

Знизу таблиці в кожному режимі роботи судна проводиться підсумовування активного, реактивного та повного навантаження всіх споживачів. Спочатку розраховується сумарне навантаження БП приймачів і сумарне навантаження ПП приймачів. Потім ці рядки складаються. Далі необхідно розрахувати сумарне навантаження з урахуванням коефіцієнта

різночасності, який враховує відмінність графіків роботи приймачів електроенергії та ймовірність спільної їх роботи в кожному режимі з урахуванням втрат у мережі.

Далі визначається значення коефіцієнта різночасності $K_{рч}$, що враховує відмінність графіків роботи приймачів електроенергії та ймовірність спільної роботи приймачів електроенергії та ймовірність спільної їх роботи в даному експлуатаційному режимі, в залежності від співвідношення потужності безперервно і періодично працюють приймачів, а саме:

при $P_{\text{бп}} > P_{\text{пп}}$ $K_{рч} = 1,0 - 0,8$; при $P_{\text{бп}} = P_{\text{пп}}$ $K_{рч} = 0,8 - 0,7$;

при $P_{\text{бп}} < P_{\text{пп}}$ $K_{рч} = 0,7 - 0,6$.

3.2 Вибір кількості, потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів СЕЕС

Перед вибором генераторів, складається таблиця загального навантаження СЕЕС для всіх обраних режимів роботи судна, а також розраховується середньозважений $\cos \varphi$.

Таблиця 3.1 – Активна, реактивна та повна потужність ходового режиму

ХОДОВИЙ РЕЖИМ			
	Активна потужність, кВт	Реактивна потужність, кВАр	Повна потужність, кВА
Сумарна споживана потужність	550,1	331,64	642,66
Сумарна споживана потужність з графіком роботи БР(безперервний)	46,39	26,46	53,42
Сумарна споживана потужність з графіком роботи ПР (періодичний)	503,71	305,18	589,24
Сумарна споживана потужність з урахуванням коефіцієнта різночасності режиму $K_{рч}=0,8$ і втратами в мережі ($K_v=1,05$)	457,7	265,3	529,02

Середньозважений $\cos \varphi$ для ходового режиму розраховуємо за формулою:

$$\cos \varphi_{xp} = \frac{P_{акт}}{S} = \frac{457,69}{529,02} = 0,87 > 0,8 \quad (3.3)$$

Таблиця 3.2 – Активна, реактивна та повна потужність маневрового режиму

МАНЕВРОВИЙ РЕЖИМ			
	Активна потужність, кВт	Реактивна потужність, кВАр	Повна потужність, кВА
Сумарна споживана потужність	1311,63	767,76	1520,65
Сумарна споживана потужність з графіком роботи БР(безперервний)	119,66	67,54	137,4
Сумарна споживана потужність з графіком роботи ПР (періодичний)	1191,98	700,22	1383,25
Сумарна споживана потужність з урахуванням коефіцієнта різночасності режиму $K_{рч}=0,9$ і втратами в мережі ($K_{в}=1,05$)	1091,28	614,2	1252,25

Середньозважений $\cos \varphi$ для маневрового режиму розраховуємо за формулою:

$$\cos \varphi_{mp} = \frac{P_{акт}}{S} = \frac{1091,3}{1252,25} = 0,87 > 0,8 \quad (3.4)$$

Таблиця 3.3 – Активна, реактивна та повна потужність стоянкового режиму

СТОЯНКОВИЙ РЕЖИМ			
	Активна потужність, кВт	Реактивна потужність, кВАр	Повна потужність, кВА
Сумарна споживана потужність	1771,94	1016,38	2043,64
Сумарна споживана потужність з графіком роботи БР(безперервний)	91,22	51,69	1608
Сумарна споживана потужність з графіком роботи ПР (періодичний)	1680,72	964,69	1938,79

Продовження таблиці 3.3

Сумарна споживана потужність з урахуванням коефіцієнта різночасності режиму $K_{рч}=0,75$ і втратами в мережі ($K_v=1,05$)	1474,25	813,1	1683,62
--	----------------	-------	----------------

Середньозважений $\cos \varphi$ для стоянкового режиму розраховуємо за формулою:

$$\cos \varphi_{cp} = \frac{P_{акт}}{S} = \frac{1474,25}{1683,62} = 0,88 > 0,8 \quad (3.5)$$

Таблиця 3.4 – Активна, реактивна та повна потужність аварійного режиму

АВАРІЙНИЙ РЕЖИМ			
	Активна потужність, кВт	Реактивна потужність, кВАр	Повна потужність, кВА
Сумарна споживана потужність	96,91	57,85	112,95
Сумарна споживана потужність з графіком роботи БР(безперервний)	4,58	2,82	5,39
Сумарна споживана потужність з графіком роботи ПР (періодичний)	92,33	55,03	107,57
Сумарна споживана потужність з урахуванням коефіцієнта різночасності режиму $K_{рч}=1$ і втратами в мережі ($K_v=1,05$)	80,63	46,28	92,97

Середньозважений $\cos \varphi$ для аварійного режиму розраховуємо за формулою:

$$\cos \varphi_{ap} = \frac{P_{акт}}{S} = \frac{80,63}{92,97} = 0,87 > 0,8 \quad (3.6)$$

Так як $\cos \varphi_{cp} > 0,8$, то вибір генераторів проводиться по активної потужності $P_{акт.}$. Складемо таблицю для активної споживаної потужності всіх споживачів у всіх обраних режимах з наведенням кількості працюючих генераторів та із врахуванням 80% навантаження суднової СЕЕС [9]:

В ходовому режимі роботи використовується 1 ДГ

В маневровому режимі роботи використовується 2 ДГ

В стоянковому режимі роботи використовується 3 ДГ

В аварійному режимі роботи використовується 1 АДГ (Табл.3.2).

Таблиця 3.2 – Навантаження у різноманітних режимах роботи судна

Режим роботи	Ходовий	Маневровий	Стоянковий	Аварійний
Навантаження (кВт)	457,7	1091,3	1474,25	80,6
Кількість генераторів	1×ДГ	2×ДГ	3×ДГ	1×АДГ
Процент навантаження генераторів (%)	65,4	78,0	70,2	67,2

Відповідно до вимог Регістра [1,2] сумарна потужність основних генераторів повинна вибиратися на основі аналізу режиму з найбільшим розрахунковим навантаженням. В разі виходу з роботи кожного з основних генераторів повинні передбачатися один або декілька резервних генераторів. При цьому загальна потужність СЕЕС має бути достатньою для забезпечення споживачів електроенергії відповідального призначення в ходовому і аварійному режимах роботи судна. В якості основних і резервних джерел електричної енергії на судах транспортного флоту використовуються дизель-генератори (ДГ).

Для зменшення витрати палива и, як слідство, для зменшення собівартості електроенергії кількість та номінальні потужності генераторів мають бути такими, щоб коефіцієнт завантаження при роботі в найбільш тривалих режимах експлуатації (стоянці, ходовому) складав приблизно 80% від номінального.

Залежність зміни потужності приймачів електроенергії (далі приймачів) і формування навантаження генераторів СЕЕС у значній мірі мають випадковий характер, що враховується при проектуванні СЕЕС. Для цього складають таблицю навантажень генераторів (Додаток Б).

Так як в результаті розрахунків таблиці навантажень було розраховано $\cos \varphi_{cp} > 0,8$, то вибір генераторів потрібно робити по активній потужності $P_{н.м.}$.

Відповідно до вимог Регістра [1,2]:

- сумарна потужність основних генераторів СЕЕС повинні вибиратися по режиму з найбільшим розрахунковим навантаженням, яким є маневровий режим;

- на випадок виходу з ладу кожного з основних генераторів повинні передбачатися один чи кілька резервних генераторів. При цьому загальна потужність СЕЕС повинна бути достатньою для забезпечення електричною енергією споживачів відповідального призначення в ходовому й аварійному режимах роботи судна;

Вибираємо наступний варіант комплектації СЕЕС, яка передбачає установку трьох дизель-генераторів, потужністю 700 кВт (875 кВА) фірми HYUNDAI типу HFC7 504-08P та одного аварійного дизель-генератора, потужністю 120 кВт (150 кВА) фірми LEROY SUMMER модель M44.3L10C6S/4.

Таблиця 3.3 – Основні технічні характеристики генератора типу HFC7 504-08P потужністю 875 кВА виробника HYUNDAI

Тип генератора	HFC7 504-08P
Потужність	875 кВА (700 кВт)
Кількість фаз	3
Напруга	~ 450 В
Струм статора	1122,6 А
Частота	60 Гц
Кількість оборотів	720 об/хв
Коефіцієнт потужності	0,8
Клас ізоляції	F
Степінь захисту	IP23

Для аварійного режиму вибіраємо один дизель-генератор потужністю 120 кВт (150 кВА) фірми LEROY SUMMER (модель M44.3L10C6S/4). Паспортні данні занесемо в таблицю 3.4.

Таблиця 3.4 – Основні технічні характеристики аварійного дизель-генератора

Тип генератора	M44.3L10C6S/4
Потужність	120 кВт (150 кВА)
Кількість фаз	3
Напруга	~ 450 В
Струм статора	192,45
Частота	60 Гц
Кількість оборотів	1800 об/хв
Коефіцієнт потужності	0,8
Клас ізоляції	F
Степінь захисту	IP23

3.3. Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії

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

Таблиця 3.5 – Вихідні данні для вибору акумуляторної батареї

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

1. Сумарне значення ємності, необхідної для роботи приймачів:

$$C_{o.n.} = C_1 + C_2 + C_3 \quad (3.7)$$

2. Середнє значення струму розрядки акумуляторної батареї

$$I_{p.б.} = C_{o.n.} / t_p \quad (3.8)$$

3. Струм розрядки розраховується за формулою:

$$I_{p.a.} = I_{p.б.} / n \quad (3.9)$$

n-кількість паралельно з'єднаних акумуляторних батарей

4. Ємність дорівнює

$$C_{н.а.} = C_{о.п.} / n \cdot k_1, \text{ де} \quad (3.10)$$

k_1 -коефіцієнт, враховуючий зниження ємності від короточасних струмів розрядки.

Виходячи із розрахунку обираємо акумуляторні батареї:

Аварійний дизель генератор

Тип: Altek 6 FM150 Герметичні 150AH(DC 24V)

Пожежна система

Тип: SVEN SV12500 Герметичні 48AH(DC24V)

Головні аварійні батареї

Тип: SANTAKUPS FCG 12-200 Герметичні 200AH(DC24V)

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

Силові трансформатори

Тип: (440/230V ЗРН 120kVA)

Випрямляч постійного струму

Тип: 220/24 Flatpack S 24/1000 SIL3 (220AC /24 DC)

3.4 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми головного і аварійного розподільчих щитів

Головним розподільчим щитом (ГРЩ) називається пристрій, призначений для контролю та управління роботою генераторів, а також для розподілу електроенергії по судну. Розподіл споживачів електроенергії по секціях шин ГРЩ виконаємо з урахуванням рівномірного навантаження вздовж шин Живлення основних та резервних відповідальних споживачів розподіляється

між секціями збірних шин таким чином, щоб при виході з ладу однієї з секцій, живлення цих споживачів забезпечувалося від непошкодженої секції шин. На судні, яке розглядається в даній дипломній роботі, застосована радіальна система розподілу електричної енергії. Найбільш відповідальні та потужні споживачі отримують живлення безпосередньо від ГРЩ, а менш відповідальні – від групових розподільних пристроїв (РЩ), які живляться від ГРЩ. Для розподілу електроенергії та контролю роботи генераторів на судні встановлені: в ЦПК – головний розподільний щит; в приміщенні АДГ – щит аварійного генератора.

Розподіл електричної енергії напругою 440 В та 220 В по своїм споживачам проводиться при:

- тривалій одиночній роботі кожного генератора на загальні шини секцій 440 В,
- тривалій паралельній роботі генераторів на загальні шини секцій 440 В,
- тривалій роздільній роботі трьох генераторів на відповідні секції шин.

Розподільчі пристрої об'єднаного пульта керування судном повинні одержувати живлення від головного розподільчого щита безпосередньо або через трансформатори по двом незалежним фідерам, підключеним до різних секцій збірних шин головного розподільчого щита (якщо застосовується секціонування шин).

Розподільчі пристрої об'єднаного пульта керування повинні одержувати незалежне живлення по окремому фідеру також від іншого джерела або джерел, якщо це необхідно, виходячи з вимог до устаткування, що одержує живлення від цих розподільчих пристроїв, на розподільчому пристрої повинен бути перемикач фідерів живлення. Кожен споживач із перерахованих, що одержує живлення від розподільчих пристроїв об'єднаного пульта керування, повинен живитися від окремого фідера. У об'єднаному пульті керування повинен бути встановлений пристрій світлової сигналізації, що сигналізує про наявність напруги живлення.

Каркаси, лицьові панелі й кожухи головних, аварійних, секційних і групових розподільчих щитів повинні виготовлятися з металу або з іншого міцного негорючого матеріалу. Якщо загальна потужність призначених для паралельної роботи генераторів перевищує 100 КВт, генераторні секції головного розподільного щита повинні бути відділені один від одного й від секцій, що примикають, перегородками з негорючого матеріалу, що запобігають поширенню іскор та полум'я. Розподільні щити повинні мати досить жорстку конструкцію, що витримує механічні напруги, які виникають в умовах експлуатації й внаслідок коротких замикань. Розподільчі щити повинні бути принаймні захищені від проникнення в них вологи ззовні. Цього захисту не потрібно, якщо щити призначені для установки в місцях, де відсутні умови для влучення в розподільчі щити вертикально падаючих крапель.

Головні, аварійні й секційні розподільчі щити, а також пульти керування повинні обладнуватися поручнями, розташованими на їхній лицьовій стороні. Розподільні щити з доступом з середини, повинні обладнуватися горизонтальними поручнями, розташованими за щитом. В якості матеріалу для поручнів допускається застосування ізоляційного матеріалу, дерева або заземлених металевих труб з відповідним ізоляційним покриттям. Генераторні панелі головних розподільчих щитів повинні освітлюватися світильниками, що одержують живлення зі сторони генератора перед головним вимикачем або не менш ніж від двох різних систем збірних шин [9–11].

Освітлення лицьової сторони панелей розподільчих щитів не повинно заважати спостереженню й викликати засліплення.

3.5. Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів

Відповідно до величини струму короткого замикання забезпечується 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 суднових електроенергетичних системах проводиться перевірка на електродинамічну стійкість від дії ударного струму короткого замикання [9].

При виконанні розрахунків струмів короткого замикання приймаються наступні основні умови:

- розглядається трифазне глухе коротке замикання;
- віддалення точки короткого замикання на фідерах від розподільних пристроїв приймається рівним 10 м;
- 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 ланок кабельної силової мережі;
- опір окремих елементів та ланок мережі приводяться до відносних базисних одиниць;
- за базисну потужність прийнята сумарна потужність генераторів електричних станцій, працюючих у паралель в даному режимі.

Виконаємо розрахунок короткого замикання генератора №1. Розрахунок струму короткого замикання виконаємо у одному з найбільш навантажених режимів роботи станції, тобто у стоянковому режимі, у якому працюють три генератора.

Початкові дані для розрахунку:

$P = 875$ кВА – повна потужність генератора;

$x'd = 0,184$ – над перехідний реактивний опір по прокольній осі;

$r_a = 0,01714$ Ом – активний опір обмотки статора генератора;

$r_{as} = 0,0002$ Ом – активний опір автоматів;

$r_k = 0,00057$ Ом – активний опір ділянки кабельної мережі;

$x_k = 0,000286$ Ом – реактивний опір ділянки кабельної мережі;

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

$x_{ш} = 0,00024$ Ом – реактивний опір ділянки шини на розподільних пристроях;

$r_{п.к} = 0,000035$ Ом – активний опір перехідних контактів;

$r_T = 0,005$ Ом – активний опір трансформаторів;

$x_T = 0,00037$ Ом – реактивний опір трансформаторів;

$n = 3$ – кількість генераторів в стоянковому режимі.

Складаємо розрахункову схему (рис. 3.1) для визначення струму КЗ при короткому замиканні на шинах ГРЩ [9] та її схему заміщення (рис. 3.2).

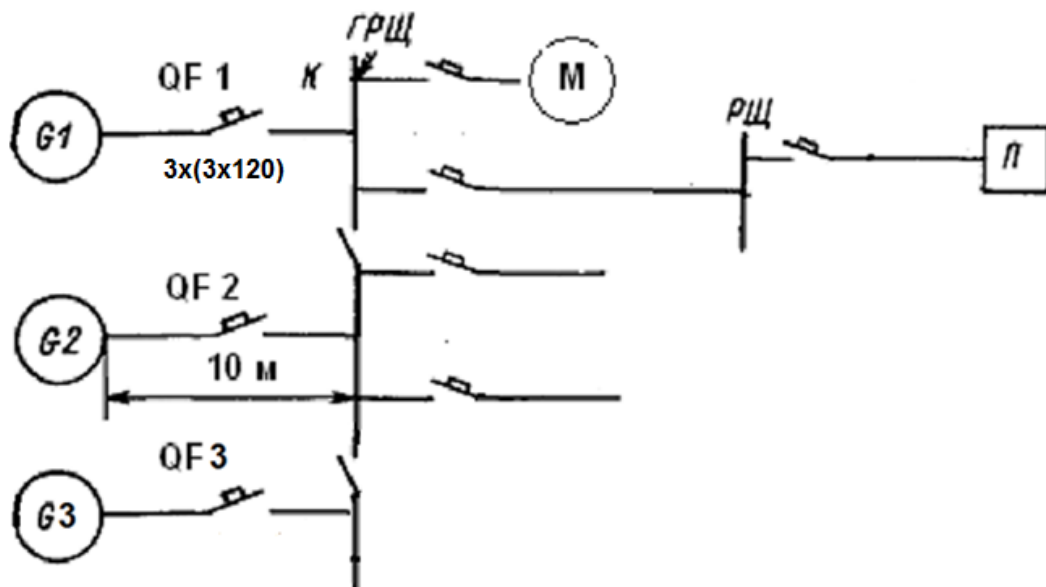


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема для визначення струму КЗ



Рисунок 3.2 – Схема заміщення

Базисну потужність приймаємо рівною сумі потужності генераторів, працюючих у розглядаємому режимі:

$$P_{\sigma} = P \cdot n \quad (3.11)$$

$$P_{\delta} = 875 \cdot 3 = 2625 \text{ кВА};$$

Базисна напруга дорівнює номінальному значенню напруги генераторів (на шинах ГРЩ):

$$U_{\delta} = 450 \text{ В};$$

Базисний струм:

$$I_{\delta} = \frac{P_{\delta}}{\sqrt{3} \cdot U_{\delta}} \quad (3.12)$$

$$I_{\delta} = \frac{2625000}{\sqrt{3} \cdot 450} = 3368 \text{ А};$$

Сумарний реактивний опір:

$$X_{\Sigma} = X_{\kappa} + X_{ш} + X_T \quad (3.13)$$

$$X_{\Sigma} = 0,000286 + 0,00024 + 0,00037 = 0,0009;$$

Сумарний активний опір

$$R_{\Sigma} = r_{\kappa} + r_{ш} + r_{н.к} + r_{a.в} + r_T; \quad (3.14)$$

$$R_{\Sigma} = 0,00057 + 0,00006 + 0,000065 + 0,0002 + 0,005 = 0,00587 \text{ Ом};$$

Базисний реактивний опір

$$X_{\delta} = \frac{X_{\Sigma} \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\delta}}{U_{\delta}}; \quad (3.15)$$

$$X_{\delta} = \frac{0,0009 \cdot \sqrt{3} \cdot 3368}{450} = 0,0117 \text{ Ом};$$

Базисний активний опір

$$R_{\delta} = \frac{R_{\Sigma} \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\delta}}{U_{\delta}}. \quad (3.16)$$

$$R_{\delta} = \frac{0,00587 \cdot \sqrt{3} \cdot 3368}{450} = 0,0749 \text{ Ом};$$

Приводимо надперехідний реактивний опір генератора по продольній осі до базисної величини:

$$X_{d_1\delta}'' = X_{d_2\delta}'' = X_{d_3\delta}'' = \frac{X_{d_1}'' \cdot P_{\delta}}{P}; \quad (3.17)$$

$$X_{d_1\delta}'' = X_{d_2\delta}'' = X_{d_3\delta}'' = \frac{0,105 \cdot 2625}{875} = 0,315$$

$$r_{a_1\delta}'' = r_{a_2\delta}'' = r_{a_3\delta}'' = \frac{r_{a_1} \cdot P_{\delta}}{P}; \quad (3.18)$$

$$r_{a_1\delta}'' = r_{a_2\delta}'' = r_{a_3\delta}'' = \frac{0,011 \cdot 2625}{875} = 0,033$$

Визначимо повний опір кожного променя трипроменевої схеми

$$Z_{1\delta} = r_{a_1\delta}'' + jX_{d_1\delta}'' + r_{\delta} + jX_{\delta}; \quad (3.19)$$

$$Z_{1\delta} = 0,033 + j0,315 + 0,0749 + j0,0117 = 0,108 + j0,3267$$

Приведемо трипроменеву схему до двопроменевої, бо ЕДС всіх паралельно працюючих генераторів при розрахунку струмів короткого замикання прийняті однакові. Отже повний опір:

$$Z_{1,2\delta} = \frac{(r_{1\delta} + jX_{1\delta})(r_{2\delta} + jX_{2\delta})}{(r_{1\delta} + jX_{1\delta}) + (r_{2\delta} + jX_{2\delta})}; \quad (3.20)$$

$$Z_{1,2\delta} = \frac{(0,108 + j0,3267)(0,108 + j0,3267)}{(0,108 + j0,3267) + (0,108 + j0,3267)} = 0,0540 + j0,1634;$$

Приведемо двопроменеву схему до однопроменевої

$$Z_{1,2,3\delta} = \frac{Z_{1,2\delta} \cdot Z_{3\delta}}{Z_{1,2\delta} + Z_{3\delta}}; \quad (3.21)$$

$$Z_{1,2,3\delta} = \frac{(0,0540 + j0,1634)(0,108 + j0,3267)}{(0,0540 + j0,1634) + (0,108 + j0,3267)} = 0,0360 + j0,1089;$$

Визначимо розрахунковий опір

$$Z_{расч} = Z_{1,2,3\delta} \cdot \frac{P_{\Sigma}}{P_{\delta}} = \sqrt{(r_{1,2,3\delta})^2 + (X_{1,2,3\delta})^2} \cdot \frac{P_{\Sigma}}{P_{\delta}}; \quad (3.22)$$

$$Z_{расч} = Z_{1,2,3\delta} \cdot \frac{P_{\Sigma}}{P_{\delta}} = \sqrt{(0,036)^2 + (0,108)^2} \cdot \frac{2625}{2625} = 0,1147 \text{ Ом};$$

Із графіка [9] по кривим затухання $I_{nt} = f(Z_{расч})$ для $Z_{расч} = 0,1147 \text{ Ом}$ знаходимо кратність величини періодичної складної струму короткого замикання для часу $t=0 \text{ сек}$: $I_{nt=0}'' = 4,2$. Ударний коефіцієнт k_y :

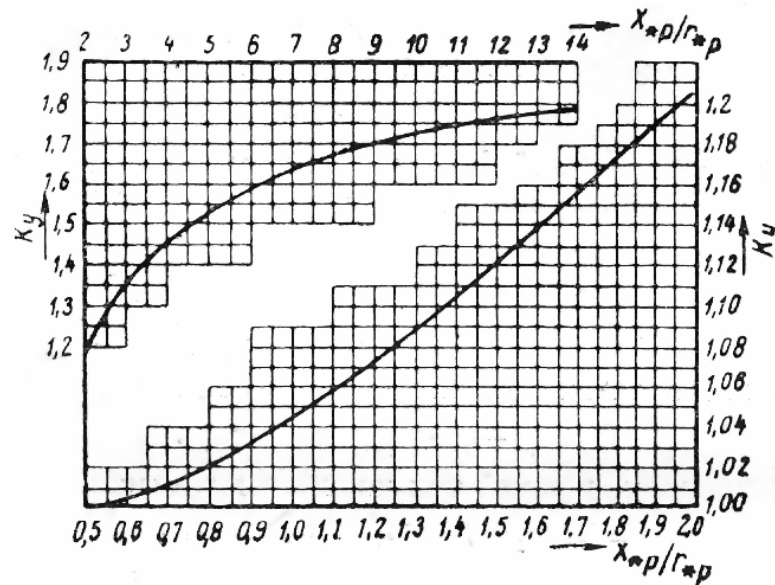


Рисунок 3.3. Графік кривих змінення ударного коефіцієнту k_y в залежності від

$$\text{величини } \frac{X_{\text{екв.б}}}{r_{\text{екв.б}}}$$

Визначимо відношення

$$\frac{X_{\text{екв.б}}}{r_{\text{екв.б}}} = \frac{0,1089}{0,0360} = 3,025;$$

Згідно графіку $k_y = 1,35$;

Ударний струм короткого замикання визначається за формулою

$$i_{pe} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{pt=0} \cdot I_{\bar{\sigma}}; \quad (3.23)$$

$$i_{pe} = 1,35 \cdot \sqrt{2} \cdot 4,2 \cdot 3368 = 27007 \text{ A}$$

Таким чином, ударний струм короткого замикання на відстані точки короткого замикання на фідерах від розподільних пристроїв 10м при паралельній роботі двох генераторів складає $i_{pe} = 27007 \text{ A}$.

На основі отриманого значення ударного струму КЗ здійснюємо вибір генераторних автоматів. Доцільно вибрати генераторні автоматичні вимикачі фірми HYUNDAI типу UAN - 16 [7].

Автоматичні вимикачі в більшості випадків мають два розчіплювача. Один з них забезпечує захист від струмів перевантаження, інший від струмів КЗ. Автоматичні вимикачі, що мають пристрій, який забезпечує витримку часу відключення струмів КЗ, прийнято називати селективними або вибірковими. До

них відносяться автомати серії UAN - 16, які забезпечують витримку часу, рівну 0,18; 0,38; 0,63 або 1,0 с.

У автомата серії UAN - 16 вбудовують також розчіплювачі мінімальної напруги і незалежний (який відключає). Перший призначений для відключення автомата при зниженні напруги генераторів до значення 0,25-0,3 $U_{ном}$ на час більше 2 с. Другий відключає автомат миттєво (за 0,03 с) при подачі на його обмотку відповідної напруги. Дані автоматичних обраних вимикачів занесемо до таблиці.

Таблиця 3.11 – Характеристики генераторних автоматів

Генератор	Автоматичний вимикач	Номінальний струм $I_{ном}$, А	Струм короткого замикання $I_{к.з.}$, кА
№1	UAN - 16	1234	50
№2	UAN - 16	1234	50
№3	UAN - 16	1234	50
АДГ	UAN - 08	800	50

Для аварійного дизель-генератора вибираємо автоматичний вимикач UAN - 08, номінальний струм якого становить 800 А з максимально допустимим струмом короткого замикання 50000 А.

Отже обрані автоматичні вимикачі повністю задовольняють вимогам до короткого замикання на шинах обраних генераторів.

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

Розподіл електричної енергії на судні здійснюється за допомогою силової мережі, підключеної до ГРЩ (MSB), аварійної мережі, підключеної до АРЩ (ESB), і мереж приймачів електроенергії, підключених до розподільних щитів.

До складу кожної електромережі входять розподільні і спеціалізовані щити і лінії передачі електроенергії.

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

Групові щити кріплять на перегородках або бортових конструкціях. Не допускається установка щитів в місцях, де можливе скупчення кислотного випаровування, вибухонебезпечних газів і т.д. Для скорочення витрати кабелю групові РЩ (DB) розташовуються як можна ближче до приймачів електроенергії [10, 11].

Основні траси кабелів прокладаються по бортах судна з переходом по перегородках і подволоку до щитів і приймачів електроенергії. На судні застосовуємо приховану проводку кабелів в спеціальних каналах, що забезпечують огляд кабельних трас.

Кріплення кабелів проводиться за допомогою кабельних підвісів, що прикріплюються до набору корпусу судна. Прохід пучку кабелів через перегородки судна здійснюється за допомогою прохідних кабельних коробок. Для прокладки кабельних трас потрібно вибирати найкоротші шляхи.

Передача електроенергії споживачам здійснюється за допомогою трьох провідної системи з ізолюваною нейтраллю, оскільки вона має велику електробезпеку. Переріз генераторного кабелю (фідера) визначається за величиною максимального (номінального) струму.

Розрахунковий струм кабелю розподільного щита, який живить групу споживачів, знаходимо по формулі:

$$I_{\Sigma} = k_0 \sqrt{\Sigma I_a^2 + \Sigma I_r^2} \quad (3.24)$$

$\Sigma I_a = I_{a1} + I_{a2} + \dots + I_{an}$ - сумарний активний струм;

$\Sigma I_r = I_{r1} + I_{r2} + \dots + I_{rn}$ - сумарний реактивний струм.

Після визначення перетину кабелю зробимо перевірку його на втрату напруги, при цьому керуємося вимогами Регістру, згідно з якими втрата напруги ΔU не повинна перевищувати для силових кабелів - 7 %; для мереж освітлення - 5 %; низьковольтних мереж (36 В) -10 % [1, 2].

В СЕЕС розглянуто 3 генератори по 875 кВА фірми HYUNDAI типу HFC7 504-08P. Для вибору кабелів, які з'єднують генератори трифазного змінного струму із ГРЩ, розрахунковий струм визначають за формулою:

$$I_{Г.Н.} = \frac{P_{Г.Н.} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{Г.Н.} \cdot \cos(\phi)_{Н.}} \quad (3.25)$$

$$I_{Г.Н.} = \frac{700 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 450 \cdot 0,8} = 1122,6 A$$

По значенню розрахункового струму виберемо три трижильних кабелі марки MV-FHFX/A з перетином жили 120 мм². Кабелі з'єднуємо паралельно [8].

Після вибору перетину кабелю необхідно перевірити його на втрату напруги ΔU . Застосовуємо наступну формулу:

$$\Delta U = \frac{2PL}{\gamma S U^2} \cdot 100 \quad (3.26)$$

де L – довжина кабелю від генератора до шин ГРЩ; S – площа поперечного перерізу; γ – коефіцієнт провідності (для міді $\gamma = 48$).

$$\Delta U = \frac{2 \cdot 700 \cdot 20}{48 \cdot 0,120 \cdot 450^2} \cdot 100 = 2,4\%$$

Отже, перетин кабелю обраний правильно та відповідно до вимог Регістра [1, 2]. Розрахунок інших кабелів проводимо аналогічно.

Всі обрані типи кабелів застосовується для прокладки у відповідності зі стандартом IEC 60092-352 на борту суден у будь-яких приміщеннях нижче рівня палуби, які рекомендуються для використання у вузьких просторах і відповідають вимогам SOLAS. Такий состав не виділяє їдкий і токсичний газ у випадку пожежі.

Загальні характеристики даних типів кабелів:

Матеріал провідника	Мідь
Оболонка	Мідна оплітка
Вогнестійкість	60332-3-22
Номінальний перетин жили	1,5-300 мм ²
Максимальна температура роботи	90°C
Температурний діапазон при експлуатації	30-80°C

При виборі електровимірювальних приладів необхідно враховувати їх нормальне робоче положення (горизонтальне або вертикальне), клас точності, призначення, виконання та межі вимірювань. Шкали амперметрів, ватметрів повинні складати не менше за 130 % номінальних значень величин, шкала вольтметрів - не менше за 120 % номінальних значень, шкали частотометрів повинні мати межі не менше 10 % номінального значення. На кожній генераторній секції встановлені амперметри з перемикачем для вимірювання струму в кожній фазі та вольтметри з перемикачем для вимірювання лінійної напруги. Ватметри та частотоміри встановлені на панелі синхронізації.

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 сигналізуючий мегаомметр типу МІ733, робоча напруга якого 220÷440 В. Занесемо прилади, встановлені на ГРЩ в таблицю 3.12.

Таблиця 3.12 – Параметри електровимірювальних пристроїв

Найменування приладу	Система приладу	Тип	Клас	Включення приладу
Амперметр	Електромагнітний	Д-1600	1.5	ТА 200/5
Амперметр	Електромагнітний	Д-1600	1.5	ТА 200/5
Амперметр	Електромагнітний	Д-1600	1.5	ТА 200/5
Вольтметр	Електромагнітний	Д-1500	1.5	Безпосереднє

Вольтметр	Електромагнітний	Д-1500	1.5	Безпосереднє
Ватметр	Електродинамічний	Д-365	1.5	З ТА 1000/5
Частотомір	Електродинамічний	Є-361	1.5	Безпосереднє
Ватметр	Електродинамічний	Д-365	1.5	ТА 1500/5
Мегаомметр	Електромагнітний	М-1733	2.5	Безпосереднє
Синхроноскоп	Електродинамічний	Є-327	1.5	Безпосереднє

3.7 Вибір системи збудження синхронних генераторів

В якості системи збудження будемо використовувати систему Siemens Thyripart, котра зарекомендувала себе як одна з найбільш поширених і надійних (Додаток Г). Система Thyripart також є рекомендованою виробником Hyundai для генераторів власного виробництва [12].

Безщітковий синхронний генератор (БСГ) складається з власне генератора і збудника. Роторна обмотка збудження генератора живиться від роторної трифазної обмотки збудника через обертовий трифазний випрямний міст. Стационарна статорна обмотка збудження збудника в свою чергу живиться від статичної системи збудження .

Пристрій збудження і тиристорний регулятор напруги складають систему збудження THYRIPART.

Коли генератор працює, результуюче магнітне поле індукуює напругу у статорній обмотці генератора. Частина згенерованої енергії шунтується до обмотки збудження завдяки тиристорі, проходячи через систему збудження. Схема, що представляє збудження, утворює замкнутий контур управління шунтувальним пристроєм та імпульсно-фазове управління тиристором.

Принципова схема БСГ з системою збудження THYRIPART (Додаток Г) складається з:

- G1 - синхронного генератора;
- G2 - збудника - оберненох синхронної машини, у якій індуктор нерухомий, а обмотка змінного струму обертається. Синхронний збудник являє

собою електричну машину з фазним ротором, що працює в режимі синхронного генератора;

- A1 – тиристорний регулятор напруги (ТРН) з силовим модулем; С - блоку конденсаторів ;
- L - реактора, призначеного для зсуву струму холостого ходу генератора щодо його напруги на кут, близький до 90° у бік відставання;
- RR - обертового випрямляча;
- TWT – трансформатора з трьома обмотками;
- EVA - зовнішнього реостата задає напруги генератора;
- СТ - вимірювального струмового трансформатора для вимірювання навантаження генератора;
- V22 - головного тиристора;
- V102 - силового модуля;
- R101 - послідовного резистора;
- V101 - допоміжного тиристора;
- X1, X2, X4, X40 - контактних роз'ємів ТРН.

Схеми з'єднань основних компонентів системи збудження Siemens THYRIPART мають кілька модифікацій, де ТРН має свій силовий модуль. Модифікації відрізняються наявністю у останнього проміжних трансформаторів в ланцюзі вихідний обмотки ТWT.

Система збудження являє собою систему амплітудно-фазового управління збудженням синхронного генератора, яке забезпечується компаундуючим трансформатором струму СТ, пропорційно току навантаження. Напруга генератора порівнюється з заданим напругою. Керуючий сигнал для відкриття тиристора формується в залежності від виду пилообразного напруги, одержуваного після порівняння і посилення напруги генератора. Результуючий струм збудження, чия інтенсивність злегка вище, індукується у номінальну напругу генератора. У цьому випадку ТРН неактивний: вихідна напруга генератора залежить тільки від струму збудження збудника, регульованого струмом навантаження.

ТРН забезпечує напругу необхідної величини, регулюючи зміну струму збудження за допомогою кута відкриття тиристора у шунтуючий ланцюг. Трифазний допоміжний збудник, перетворюючи механічну енергію в електричну, підвищує енергію збудження приблизно в 20 разів. Ця енергія надходить на обмотку збудження генератора, проходячи через обертовий діодний міст (RR). У цьому випадку струм збудження при низькому його значенні регулюється ТРН.

3.8 Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії

В якості найбільш потужного споживача вибираємо з таблиці навантажень судна, яке розглядається в даній дипломній роботі, електродвигун вантажного гідравлічного головного насосу FRAMO, потужністю 384 кВт.

Особливістю суднових електростанцій є наявність потужних асинхронних короткозамкнених двигунів. Відсутність колектору дає можливість запускати їх без пускових реостатів, використовуючи найпростіші схеми пуску. Однак, пусковий струм у процесі розгону таких двигунів в 4-7 разів перевищує номінальний. При наявності подібних індуктивних струмів синхронні генератори сильно розмагнічуються й на якийсь час знижують напругу, що прийнято називати провалом напруги.

Номінальні дані генератора із самозбудженням і асинхронного двигуна:

Повна потужність генератора $S=875$ кВА

$\cos \varphi=0,8$

Напруга ном. $U=450$ В

Опір $X_d=0,235$, X_d - індуктивний опір обмотки статора генератора по поздовжній осі, що відповідає надперехідному режиму.

Опір $X'_d=0,184$, X'_d - індуктивний опір обмотки статора генератора по поздовжній осі, що відповідає перехідному режиму.

Опір $X''_d=0,105$, X''_d - друга похідна від індуктивного опору обмотки статора генератора по поздовжній осі .

Постійна часу обмотки збудження генератора при закороченій обмотці статора на опір $X_H \quad \tau'_d = 0,0724$

Номінальна потужність двигуна $P=384$ кВт,

Номінальна напруга асинхронного двигуна $U=440$ В,

Номінальний струм асинхронного двигуна $572,58$ А

Кратність пускового струму $K_p -2,5$ (за рахунок автотрансформаторного пуску)

Індуктивний опір асинхронного двигуна визначається за формулою [13]:

$$X_H = \frac{S_{\text{ГН}} \cdot 10^3}{K_{\text{П}} \cdot \sqrt{3} \cdot U_{\text{ДВ}} \cdot I_{\text{ДВ}}} \cdot \left(\frac{U_{\text{ДВ}}}{U_{\text{ГН}}} \right) \quad (3.27)$$

За формулою (3.29)

$$X_H = \frac{875 \cdot 10^3}{2,5 \cdot \sqrt{3} \cdot 440 \cdot 572,58} \cdot \left(\frac{440}{450} \right) = 0,78$$

Знайдемо напругу синхронного генератора в відносних одиницях, в перехідному режимі:

$$U'' = \frac{X_H}{X_H + X''_d} \quad (3.28)$$

За формулою (3.31) отримаємо

$$U'' = \frac{0,78}{0,78 + 0,105} = 0,881$$

Знайдемо напругу синхронного генератора в відносних одиницях, в перехідному режимі:

$$U' = \frac{X_H}{X_H + X'_d} \quad (3.29)$$

За формулою (3.32)

$$U' = \frac{0,78}{0,78 + 0,184} = 0,809$$

Знайдемо напругу синхронного генератора в відносних одиницях, у встановленому режимі:

$$U_y = \frac{X_H}{X_H + X_d} \quad (3.30)$$

За формулою (3.33)

$$U_y = \frac{0,78}{0,78 + 0,235} = 0,768$$

Розрахуємо постійну часу СГ в надперехідному режимі:

$$T_d^{//} = \frac{(X_H + X_d^{//})X_d'}{(X_H + X_d')X_d^{//}} T_{d2}^{//} \quad (3.31)$$

де потрібно прийняти $T_{d2}^{//} \approx 0.5 \cdot \tau_d'$

За формулою (3.34)

$$T_d^{//} = \frac{(0,78 + 0,105) \cdot 0,184}{(0,78 + 0,184) \cdot 0,105} \cdot \frac{0,0724}{2} = 0,0582$$

Розрахуємо постійну часу СГ в перехідному режимі:

$$T_d' = \frac{(X_H + X_d')}{(X_H + X_d)X_d'} T_{d2}' \quad (3.32)$$

де потрібно прийняти $T_{d2}' \approx \tau_d'$

За формулою (3.35)

$$T_d' = \frac{(0,78 + 0,184)}{(0,78 + 0,235) \cdot 0,184} \cdot 0,0724 = 0,374$$

Розрахуємо зміну в відносних одиницях напруги СГ в моменти часу $t=0$, $t=0.01\text{с}$, $t=0.02\text{с}$. Коли АРН ще не почав працювати:

$$U_r(t) = (U^{//} - U')e^{\frac{-t}{T_d^{//}}} + (U' - U_y)e^{\frac{-t}{T_d'}} + U_y \quad (3.33)$$

Відносна зміна напруги генератора в процентах

$$U_r = U_r(t) \cdot 100\% \quad (3.34)$$

Абсолютне значення провалу напруги на кремах СГ

$$U = [1 - U_r(t)] \cdot 450 \quad (3.35)$$

В момент часу $t=0$

За формулою (3.36)

$$U_r(0) = (0,881 - 0,809) + (0,809 - 0,768) + 0,768 = 0,881$$

За формулою (3.37)

$$U_r = 0,881 \cdot 100\% = 88,1\%$$

За формулою (3.38)

$$U = [1 - 0,885] \cdot 450 = 53,55 \text{ В}$$

В момент часу $t=0,01\text{с}$.

За формулою (3.36)

$$U_r(t) = (0,881 - 0,809)e^{\frac{-0,01}{0,07}} + (0,809 - 0,768)e^{\frac{-0,01}{0,07}} + 0,768 = 0,866$$

За формулою (3.37)

$$U_r = 0,866 \cdot 100\% = 86,6\%$$

За формулою (3.38)

$$U = [1 - 0,866] \cdot 450 = 60,3 \text{ В}$$

В момент часу $t=0,02$

За формулою (3.36)

$$U_r(t) = (0,881 - 0,809)e^{\frac{-0,02}{0,07}} + (0,809 - 0,768)e^{\frac{-0,02}{0,07}} + 0,768 = 0,853$$

За формулою (3.37)

$$U_r = 0,853 \cdot 100\% = 85,3\%$$

За формулою (3.38)

$$U = [1 - 0,853] \cdot 450 = 66,15 \text{ В}$$

На основі розрахунків можна зробити висновок що найбільший провал напруги не перевищує 15%. Відповідно правилам Регістра [1, 2], падіння напруги повинний бути не більш ніж 10-20 %. Провал напруги невеликий й знаходиться в припустимих границях.

3.9 Перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електроприводу на втрату напруги

Для перевірки кабелю на втрату напруги, візьмемо електропривод крану вантажного шланго тримаючого потужністю 45 кВт, як найбільш віддаленого споживача, як найвіддаленіший електропривод. Відповідно до вимог Регістру [1, 2], втрата напруги не повинна перевищувати 7%.

Розрахунковий струм розрахуємо за формулою:

$$I_{az} = \frac{P_{az}}{\sqrt{3} \cdot U_{az} \cdot \cos \varphi} \quad (3.36)$$

де P_{az} – номінальна потужність електродвигуна приводу (Вт);

U_{az} – номінальна напруга електродвигуна (В).

$$I_{az} = \frac{45000}{\sqrt{3} \cdot 440 \cdot 0,88} = 67,1 \text{ А}$$

Виберемо кабель, МРРХСХ (3х35) мм², який живить електропривод вантажного шланго тримаючого крану через розподільчий щит. Опір даних кабелів відповідно: активний r – 0,17 Ом/км; реактивний x – 0,078 Ом/км. Довжину кабелю приймемо рівною 100 м (0,1 км).

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \frac{r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi}{U_{az}} \cdot 100\% \quad (3.37)$$

Де L – довжина кабелю; I_{az} – номінальний струм електродвигуна.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 67,1 \cdot 0,1 \cdot \frac{0,17 \cdot 0,88 + 0,078 \cdot 0,475}{440} \cdot 100\% = 0,0424\%$$

Отже перевірений кабель, який живить електропривод вантажного шланго тримаючого крану відповідає нормам Регістру [1, 2].

3.9. Вибір засобів автоматизації СЕЕС та їх алгоритмів функціонування

На розглядаємому судні застосована система автоматизації СЕЕС НІМАР [14]. НІМАР – це цифровий пристрій управління і захисту для використання в низьковольтних, середневольтних і високовольтних енергетичних установках. Пристрій є ефективним і вигідним рішенням для всіх типів електроенергетичних установок завдяки своїм вбудованим функціям захисту і можливостям призначеного для користувача інтерфейсу НМІ. За допомогою потужних мікропроцесорів НІМАР повністю забезпечує захисні функції для генераторів, електродвигунів, трансформаторів, ліній електропередач та розподілу. Всі захисні функції можуть бути активовані одночасно.

НІМАР дозволяє управляти вимикачами, забезпечуючи всі необхідні функції (відображення, контроль і блокування) для оптимального управління вимикачем. Інтегрований PLC дозволяє створювати індивідуальну конфігурацію функцій управління. Для збільшення гнучкості і вибірковості приладу в експлуатації є можливість використання, як цифрових, так і аналогових виходів для підключення пристрою управління НІМАР до ГРЩ. Ряд послідовних інтерфейсів з різними видами протоколів може використовуватися для комунікації між пристроями НІМАР і центральною системою контролю [14].

Інтерфейс користувача (НМІ) системи НІМАР. Пристрій НІМАР легкий в управлінні. Великий графічний рідкокристалічний дисплей відображує необхідні дані, такі, наприклад, як положення всіх підключених вимикачів або уставки параметрів. Графічні зображення комутаційних схем, вимірювачів та інша інформація відображається дисплеї, тому користувачеві не потрібно перемикатися з однієї сторінки на іншу.

Вся системна конфігурація НІМАР може бути здійснена за допомогою кнопок лицьової панелі, що дозволяє не використовувати зовнішні пристрої програмування. НІМАР має чотири “гарячі” кнопки внизу під дисплеєм, за допомогою яких можуть бути активовані чотири основні функціональні групи:

“Вимірювання”, “Несправності”, “Процеси” та “Управління вимикачем” або інші значення і стани вибраної функціональної групи [14].

Кнопка “Meters” (Вимірювання) відображує детальну інформацію про значення електричних вимірювань, лічильників активної і реактивної потужності, а також відпрацьованого годинника. Кнопка “Alarms” (Несправності) відображує всі можливі несправності. Кнопка “Process” (Процеси) виображує всі оброблювані дані процесів, такі, як екран синхронізації, теплову індикацію двигуна та лічильники вимикача. Кнопка “Breaker Control” (Управління вимикачем) відкриває доступ і управління вимикачів, до п'яти штук.

Монтажні з'єднання. Дроти контрольних ланцюгів підводяться до НІМАР з тильної сторони через клеми з штирьовими роз'ємами, що дозволяє легко замінювати пристрій. Клемники підрозділяються на наступні групи: дискретні входи і виходи; аналогові вимірювальні входи; додаткові аналогові канали; комунікаційні інтерфейси; модуль-розширювач входів/виходів

За допомогою аналогових вимірювальних входів є можливість вимірювати та відображувати наступні величини: трьохфазну і лінійну напругу генератора та шин; трьохфазний струм генератора (середнє/максимальне значення); трьохфазний диференціальний струм (максимальне значення); частоти всіх систем (мінімальне/максимальне значення); струм та напругу замикання на землю (максимальне значення); активну та реактивну потужності кожної фази; активну та реактивну потужності замикання на землю; коефіцієнт потужності кожної фази; лічильник активної і реактивної потужності (прямого і зворотного, постійного і тимчасового запису); час напрацювання; число циклів включення АВГ (контроль ресурсу роботи); гармонійні складові струму і напруги фідера [14].

НІМАР має наступні додаткові аналогові входи і виходи для аналогових сигналів: 4 аналогових входів 4-20 мА (0-20 мА); 4 аналогових виходів 4-20 мА (0-20мА). НІМАР забезпечує наступні дискретні входи і виходи: 14 дискретних входів; 12 дискретних релейних виходів.

НІМАР має комунікаційні порти з наступними інтерфейсами: RS 232 на лицьовій панелі для програмування і виведення даних; CAN-шини; порт RS422/RS485.

До НІМАР може бути підключений модуль-розширювач входів/виходів, що забезпечує додаткові вхідні і вихідні канали [14]. Модуль-розширювач конфігурується відповідно до індивідуальних вимог і може бути максимально обладнаний наступними вхідними і вихідними каналами: 6 дискретних входів; 4 релейних виходів; 8 аналогових виходів 4 – 20мА; 21 аналогових входів РТ 100 / РТ 1000 або аналогових входів 4 – 20 мА (рис. 3.8).

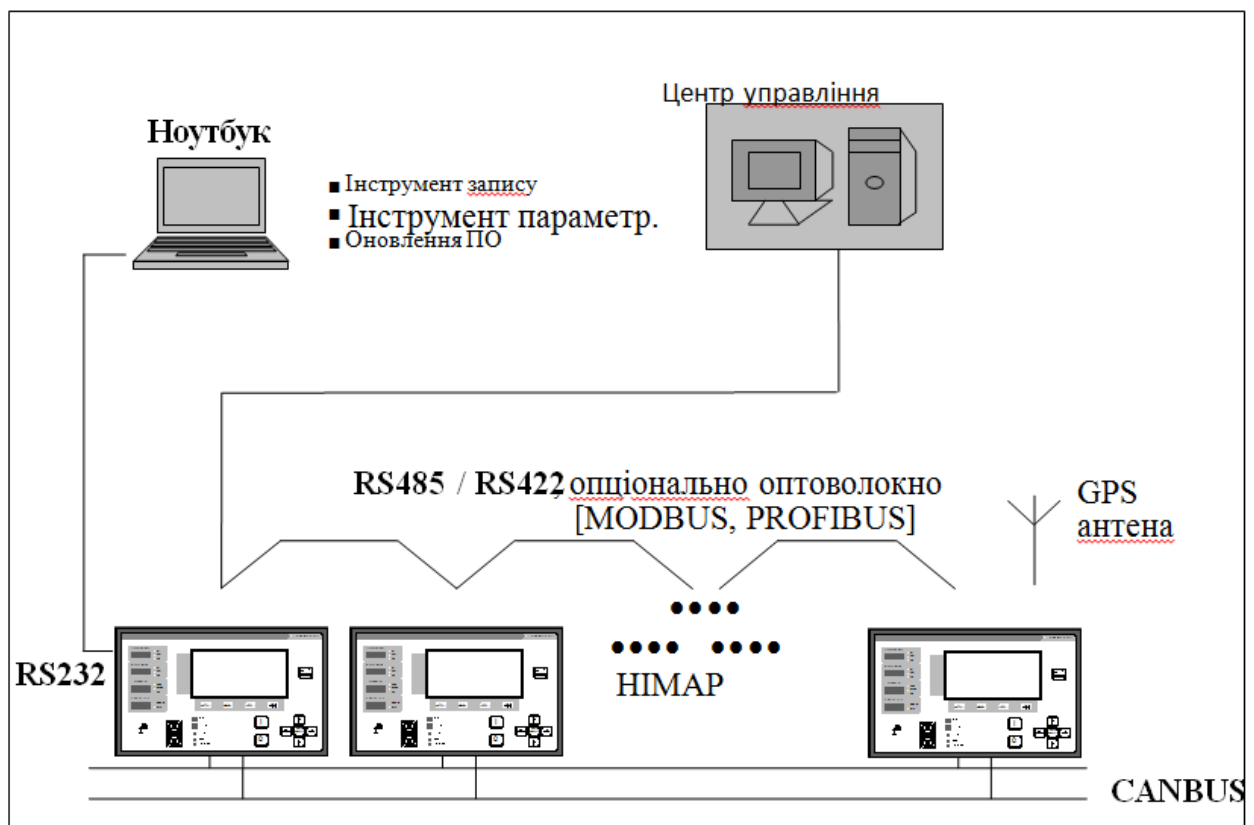


Рисунок 3.8 – Конфігурація комунікаційної системи НІМАР

НІМАР забезпечує функції захисту, які наведені в таблиці 3.4. Функції захисту засновані на вимогах норм ІЕС.

Таблиця 3.4 – Функції захисту НІМАР

№ ANSI	Функції захисту
2	Затримка при пуску або включенні
12	Захист по перевищенню швидкості
14	Контроль зниженої швидкості
15	Пристрій, що погоджує (функція потенціометра)
24	Контроль перезбудження
25 /A	Автоматична синхронізація
27	Знижена напруга, миттєве спрацьовування, встановлювана затримка
27B	Знижена напруга, встановлювана затримка (лише BUS1)
32	Зворотна потужність
37	Знижений струм
40/Q	Реле втрати збудження (обриву поля)
46	Контроль зворотної фази струму
47	Контроль послідовності фаз
49	Тепловий захист від перевантаження
50BF	Несправність автоматичного вимикача
50	Перевантаження по струму, миттєве спрацьовування
50G/N	Струм замикання на землю, миттєве спрацьовування
51	Перевантаження по струму, встановлена затримка, IDMT (6 кривих)
51G/N	Струм замикання на землю, встановлена затримка, IDMT (6 кривих)
51LR	Загальмований ротор
51V	Перевантаження по струму з обмеженням по напрузі
59	Перенапруження, миттєве спрацьовування, встановлювана затримка, нормальна IDMT-характеристика
59B	Реле максимальної напруги шини, встановлювана затримка
59N	Залишкове перенапруження
64	Контроль напруги відносно землі
66	Кількість пусків
67	Направлене перевантаження по струму, встановлювана затримка, IDMT
67GS/GD	Направлене замикання на землю, встановлювана затримка
78	Реле контролю вибігання вектора
78S	Генератор «не в ногу» / реле гойдання потужності
79	Автоматичне повторне включення
81	Контроль частоти
81B	Реле контролю частоти шини
86	Електричне блокування на включення
87M	Диференціальний захист електродвигуна

87T	Диференціальний захист трансформатора
87G	Диференціальний захист генератора
87LD	Лінійний диференціальний захист
87N	Обмеження замикання на землю
90	Регулювання напруги
94	Контроль ланцюга відключення
95i	Блокування захисту при кидках струму (2-я гармоніка)
FF	Контроль відмов запобіжників (вимірювальних напруг)

Система управління судновою електростанцією складається з блоків управління генераторами (Deif Generator Unit-DGU), їх панелей управління (ПУ) (Control Panel-CP) і програмного забезпечення. Взаємодія блоків DGU між собою та зі своїми панелями управління (CP) здійснюється за допомогою мережі ARC-network. Прикладне програмне забезпечення (ПЗ) системи складається з двох блоків, що взаємодіють між собою: ПЗ управління генераторним агрегатом і ПЗ автоматичного управління електростанцією (Power Management System - PMS).

Програмне забезпечення управління генераторним агрегатом здійснює контроль і безпосереднє управління агрегатом, виконуючи команди, отримані від оператора або PMS. ПЗ PMS здійснює управління електростанцією в цілому, відповідно до вибраного режиму управління електростанцією [14].

При управлінні електростанцією з системою PMS є можливість завдання наступних режимів: напіваавтоматичного (SEMI-AUTO); автоматичного (AUTOMATIC); безпечного (маневрового) (SECURED). Вибір одного з перерахованих режимів здійснюється за допомогою кнопок, встановлених на панелі ДГ1.

Напіваавтоматичний режим роботи потребує безпосереднього втручання оператора. Всі автоматичні послідовності виконуються тільки після його команд, що задаються за допомогою кнопок, розташованих на пульті управління. В даному режимі реалізовані наступні автоматичні функції (послідовності):

– автоматична послідовність запуску і зупинки;

- автоматична послідовність включення генераторного автомата, в тому числі і динамічна синхронізація;
- автоматична послідовність виключення генераторного автомата.

В автоматичному режимі знаходяться всі генераторні агрегати, які були вибрані для контролю PMS. Генератори забезпечують живлення обох секцій шин, включення міжсекційних автоматів. В даному режимі проводиться автоматичне керування частотою і розподілом навантаження. Навантаження розподіляється між працюючими генераторами в залежності від обраного режиму симетрично або асиметрично [14].

В залежності від навантаження на ГРЩ автоматичний пуск і зупинка генераторів виконується відповідно до заданих параметрів і в порядку заданої черги. При цьому враховуються задані обмеження на кількість працюючих/зупинених генераторних агрегатів, також враховуються можливі несправності в процесі пуску і синхронізації. Вказані несправності призводять до заміщення несправного ДГ наступним ДГ у черзі.

Структурна схема системи автоматизації суднової електростанції наведена у додатку Д.

3.10 Загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення, суднових сигнально-відмітних вогнів, низьковольтне освітлення

Суднове електричне освітлення складається з наступних самостійних ланцюгів:

- 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 змінного струму;

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

- двох районних щитів з автоматами типу НіМС-50;
- шістнадцяти групових щитів однофазного струму з автоматами типу НіМС-25;
- освітлювальної апаратури;
- з'єднувальних кабелів.

Мережа основного внутрішнього освітлення отримує живлення від секції 220 В ГРЩ. Живлення від ГРЩ подається на районні секції. Світильники ламп основного освітлення отримують живлення від групових щитів, автомати котрих забезпечують підключення та захист від КЗ будь-якої групи. У мережі основного освітлення застосовані розподільні коробки типу Т-9-4М, вимикачі типу ВС, 2ВС, Т-5М, Т-5-4М, штепсельні розетки - Р1е, 201е, РШ-2, РШВ2-41.

Мережа великого аварійного освітлення складається з:

- шести групових щитів однофазного струму з автоматами типу АС-25;
- освітлювальної установчої апаратури та з'єднувальних кабелів.

Групові щити великого аварійного освітлення отримують живлення від ГРЩ через щит АДГ напругою 220 В 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 СЕЕС не повинні перериватися роботи та можливі скупчення людей.

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

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

- одного районного щита з автоматами НіМС-50;

- п'яти групових щитів однофазного струму з автоматами типу НіМС-25, НіМС-25;
- освітлювальної установчої апаратури та з'єднувальних кабелів.

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

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

Мережа отримує живлення від мережі АКБ, з'єднаних послідовно. Місткість АКБ підібрана з розрахунку живлення мережі протягом часу не менш, ніж за 30 хвилин. Мережа сигнально-розпізнавальних вогнів служить для живлення ходових розпізнавальних вогнів і сигнальних вогнів, які забезпечують безпеку мореплавства. Ліхтарі сигнально-розпізнавальних вогнів отримують живлення від секції пульта судноводіння у навігаційній рубці, який в свою чергу, отримує живлення від ГРЩ через АРЩ.

4 АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ

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

Структурна схема суднової комп'ютерної мережі наведена на рис. 4.1.

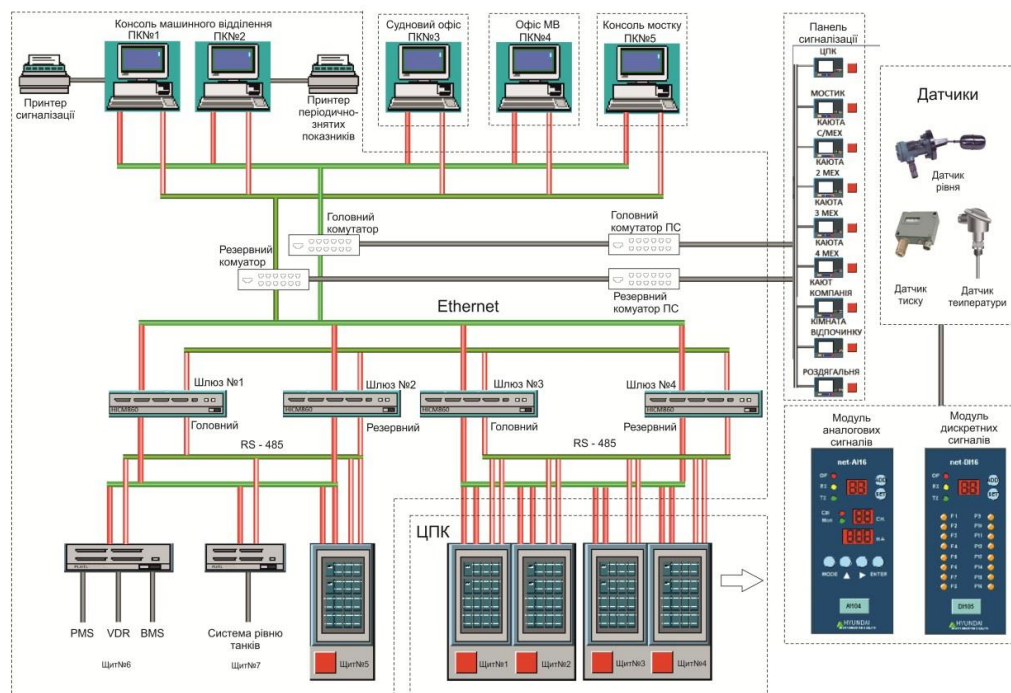


Рисунок 4.1 – Структурна схема суднової комп'ютерної мережі

SERVER - апаратне забезпечення, виділене і / або спеціалізоване для виконання на ньому сервісного програмного забезпечення (у тому числі серверів тих чи інших завдань). Головний комп'ютер мережі [15, 16].

ETHERNET - пакетна технологія передачі даних в локальній мережі.

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

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

SENSORS - датчики.

ACTUATORS - виконавчі механізми.

BITBUS - інтерфейс, спеціально розроблений і оптимізований для зв'язку

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

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

Структура "шина". В будь-якій шинній структурі всі пристрої приєднані до загального середовища передачі даних, або шини. На відміну від "кільця" адресат отримує свій інформаційний пакет без посередників. Процес підключення додаткових вузлів до шини не вимагає апаратних доопрацювань з боку вже працюючих вузлів мережі, як це має місце в разі топології "зірка". Проте шинна топологія вимагає жорсткої регламентації доступу до середовища передачі. Існує два методи регулювання такого доступу. Мною застосовується "плаваючий майстер" (децентралізований контроль шини): завдяки власному інтелекту кожен пристрій само визначає регламент доступу до шини [15, 16].

Передача даних. Основними достоїнствами промислових мереж є недорогі лінії і надійність передачі даних. Дані передаються послідовно біт за бітом, як правило, поодинці фізичному каналу (одному провідникові). Такий режим передачі не лише економить кабельне устаткування, але і дозволяє вирішувати завдання по надійній передачі даних на великі відстані. Час передачі, проте, збільшується пропорційно довжині бітового рядка.

Інтерфейс Rs-485. Цей тип інтерфейсу відповідає специфікації симетричної передачі даних, описаної в американському стандарті IEC Rs-485. Цей інтерфейс придатний для високошвидкісної передачі даних. Максимальна

довжина варіюється від 1,2 км. на швидкості до 90 кбод і до 200 м-коду - на швидкості до 500 кбод. Поняття "field" визначає область, пов'язану безпосередньо з виробничою зоною, де працюють контролери, датчики (тиск, температури, рівня і так далі) і виконавчі механізми (клапани, реле і так далі).

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

4.2 Аналіз роботи системи управління судновою системою інертних газів

4.2.1 Загальні відомості про суднову систему інертних газів

Протипожежні системи танкерів удосконалюються з урахуванням передового досвіду. В останні роки Міжнародна морська організація (ІМО) особливу увагу приділяє тій групі протипожежних систем, які забезпечують запобігання пожежам або вибухам на танкерах. До них насамперед можна віднести систему інертних газів для вантажних та відстійних танків та пристрої для запобігання проникненню полум'я в танки.

Система інертних газів може використовуватися як основний засіб пожежогасіння в суховантажних трюмах, кошти, що запобігає появі пожежі шляхом створення і постійної підтримки у вантажних танках незаймистої атмосфери.

Відповідно до вимог Конвенції SOLAS-74, система інертних газів є обов'язковою для танкерів дедвейтом 20000 рег.т і більше. Вона повинна підтримувати у будь-якій частині вантажного танка атмосферу з вмістом кисню не більше 8% за обсягом і надлишкового тиску, що перешкоджає надходженню повітря (зазвичай, цей тиск не перевищує 20 кПа). Згідно з Правилами Регістру, у вантажні танки має подаватися інертний газ із вмістом кисню менше ніж 5% за обсягом.

Температура газу, що надходить у приміщення, що захищається, повинна бути менше 65°C для вантажних танків і менше 50°C для суховантажних трюмів. Система забезпечує подачу інертного газу до вантажних танків у кількості 125% найбільшої продуктивності розвантаження судна. Таким чином здійснюється заповнення звільняються обсягів танків з урахуванням можливості випаровування деякого обсягу інертного газу. Як інертного газу можуть використовуватися димові гази, що пройшли обробку, від основних або допоміжних котлів.

В даний час набувають поширення спеціальні генератори інертних газів різного типу. Система інертного газу містить у собі джерело інертного газу, скруббер, магістральний трубопровід з відгалуженнями в захищені обсяги, вентилятори, захисні пристрої та арматуру, пристрої контролю та сигналізації. Як зазначено вище, як джерела інертного газу можуть бути основні або допоміжні котли і спеціальні газогенератори.

Скрубери створені для дієвого остигання та чищення газу від жорстких частинок та сірчистих з'єднань. Вода подається від автономного насосу. Корпус скрубера має отвори та оглядові ударотермостійкі стекла для огляду та профілактики.

Магістральний трубопровід має патрубки, що йдуть до кожного вантажного танка. Кожен патрубок обладнаний запірним клапаном відключення танка від системи інертного газу. Запірний клапан забезпечується пристроєм, що виключає можливість керування клапаном стороннім обличчям. Введення трубопроводів подачі інертного газу в суховантажні трюми розміщуються в нижній частині приміщень, що захищаються, а введення в вантажні танки - в їх вищій частині. Діаметр трубопроводів не дозволяє перевищувати швидкість руху газу на будь-якій ділянці, рівну 40 м/с. Передбачені пристрої підключення до зовнішнього джерела інертного газу.

Система інертного газу спроектована отже тиск у ній вбирається у пробного тиску будь-якого суднового танка. У магістралі подачі інертного газу

на палубі в зоні вантажних танків встановлюються щонайменше два безповоротні пристрої. Одним з цих пристроїв є водяний запор, іншим може бути звичайний безповоротний клапан. Живлення водяного замку забезпечується двома незалежними насосами. Насоси автоматично включаються і заповнюють водяний затвор при припиненні подачі газу. Водяний затвор попереджає оборотний потік парів вуглеводнів. На ньому є оглядовий отвір та скло для контролю за рівнем води.

На розглядаємому судні застосовується система інертних газів з наступними характеристиками.

Номінальна потужність 4,500 m³/hr

Нормальний вміст кисню 1 ~ 4 % by vol.

Склад газу за об'ємом при O₂ = 3 % by volume

SO₂ Max. 50 ppm

CO₂ Approx. 14 % в об'ємі.

N₂ Баланс

Сажа Бахарах 0

Температура морської води на вході Max 32 °C

Перенос крапель води менше ніж 1 g/kg сухого газу.

Вміст O₂, тиск і реєструються в вантажній диспетчерській. Інертний газ буде випускатися автоматично, а візуальна/звукова сигналізація вказує на кожне відхилення локально та в вантажній диспетчерській. Зупинити IGG можна з вантажної диспетчерської. Після використання необхідно забезпечити промивання прісною водою для підйому камери згоряння.

Вимоги щодо обслуговування системи інертних газів наступні:

1). Забороняється проводити зварювання скруббера, гідрозатвору палуби та фотоелектричного вимикача тощо, оскільки це може пошкодити внутрішнє покриття.

2). Усі під'єднані до трубопроводів водяні ущільнювачі скруббера та палуби повинні бути без натягу, інакше внутрішнє покриття гідрозатвору Scrubber & Deck може бути пошкоджено.

3). Кислотостійку сталь рекомендується використовувати як матеріал трубопровід гарячого газопроводу.

4). Труби морської води повинні бути захищені від корозії.

5). Тиск морської води повинен залишатися якомога постійним (+/-20%). Якщо тиск морської води змінюється в залежності від осадки судна, тиск морської води необхідно регулювати на дроселювання випускного клапана морської води або іншого обладнання.

6). Щоб запобігти засміченню водяних форсунок скруббера, треба передбачити сітчастий фільтр (відфільтровано до 5 мм) на водопроводі. Будь-які сторонні речовини та інший пил у морській воді може пошкодити внутрішнє покриття скруббера або піддати корозії внутрішні частини, такі, як протизапалювальний пристрій тощо.

7). Припливне повітря для пневматичного обладнання повинно бути сухим і без мастила, інакше масло слід надати туманний сепаратор.

8). Перед першою початковою експлуатацією треба переконайтися, що трубопроводи чисті. Будь-який матеріал такий, як трубна окалина, металева стружка, зварювальний шлак, стрижні для зварювання тощо, можуть пошкодити внутрішнє покриття скруббера або корозії внутрішніх частин, таких як протизапалення тощо.

9). Перед та після введення в експлуатацію необхідно перевірити наявність корозії, забруднення та пошкодження корпусу і дна скруббера; труб охолоджуючої води та форсунки (забруднення); інших внутрішніх елементів.

10). Систему інертного газу слід увімкнути перед експлуатацією підключеного обладнання або пов'язаного з системою інертного газу. Інакше вона стає уразливою до нещасних випадків як запобіжний пристрій, в цьому випадку захист обладнання не працює. Наприклад, скруббер буде пошкоджено

через вакуум у випадку, якщо насос морської води скруббера працює під час, коли живлення системи інертного газу вимкнено.

4.2.2 Пристрої контролю та сигналізації

На напірній стороні вентиляторів передбачено засоби для постійного контролю за показаннями температури та тиску інертного газу під час роботи вентиляторів. У посту управління вантажними операціями встановлено прилади постійного контролю та реєстрації тиску в магістралі за водяним затвором і безповоротним клапаном, позначеним вище, а також показання вмісту кисню в інертному газі. На ходовому містку також встановлений прилад, що показує тиск інертного газу, а в центральному посту управління (ЦПУ) - прилад для показання вмісту кисню.

Передбачається світлова та звукова сигналізація для вказівки:

- 1) низького тиску води чи низької швидкості потоку води до скрубера;
- 2) високої температури газу;
- 3) вміст кисню в газі більше 8% за обсягом;
- 4) несправності в подачі електроенергії в системі автоматичного управління клапана, що регулює подачу газу, та до контрольних пристроїв;
- 5) малого рівня води у палубному водяному затворі;
- 6) високого тиску газу системі;
- 7) досягнення високого рівня води в скрубєрі;
- 8) несправності вентиляторів інертного газу.

Для систем з газогенераторами передбачена світлова та звукова сигналізація, що показує недостатню подачу пального, припинення подачі електроенергії до генератора та систем автоматичного керування генератором.

Система управління судновою системою інертних газів наведена в додатку Е.

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	6х2
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.

Авральна сигналізація. Всі судна повинні мати авральну сигналізацію, яка передбачує надійну чутність в усі місцях судна. Система авральної сигналізації повинна живитися від судової мережі, а також від шин аварійного розподільного щита. Звукові пристрої авральної 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 судах, де вона необхідна, частіше на пасажирських. Дія побутової сигналізації перевіряється не рідше одного разу на місяць. Прилади судової 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

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° С ... +70° С
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

5 ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1 Призначення структур і аналіз Міжнародної Конвенції з охорони людського життя на морі SOLAS-74

Головною метою даного нормативного документа є встановлення мінімальних стандартів, що відповідають вимогам з безпеки при будівництві, устаткуванні і експлуатації суден [17].

Держави прапора повинні забезпечити, щоб судна, що плавають під їх прапором, виконували вимоги СОЛАС, і безліч сертифікатів наказано Конвенцією для доказу того, що це виконано. Подібні документи, вони зазвичай називаються «конвенційними», видаються або самої Адміністрацією прапора, або від її імені («за уповноваженням Адміністрації») - при наявності відповідного доручення.

Умови контролю також дозволяють Урядам, що домовляються інспектувати судно, що ходять під прапорами інших держав, особливо, якщо є ясні підстави для сумнівів, що судно і / або його обладнання істотно не виконують вимоги Конвенції. Ця процедура отримала назву «контроль держави порту» (Port State Control, PSC).

Чинний текст Конвенції СОЛАС включає Статті, показували б загальні зобов'язання, процедури внесення змін і т.п. і супроводжується Додатком, розділеним на 12 Глав [17].

Стаття 1 присвячена загальним зобов'язанням по Конвенції.

Договірні уряди зобов'язуються виконувати положення цієї Конвенції і її Додатки, яке становить невід'ємну частину цієї Конвенції. Будь-яке посилання на цю Конвенцію означає одночасно посилання і на її Додаток.

Договірні уряди зобов'язуються видавати закони, декрети, накази і правила і вживати всіх інших заходів, необхідні для повного здійснення положень цієї Конвенції, з метою забезпечення того що, з точки зору

охорони людського життя на морі, судно придатне для того виду експлуатації, для якого воно призначене.

Стаття II. Ця Конвенція застосовується до суден, що мають право плавати під прапором держави, уряд якої є Договірним урядом.

Стаття III: Закони, правила. Договірні уряди зобов'язуються повідомляти і передавати на зберігання Генеральному секретарю Міжурядової морської консультативної організації (далі - «Організація»):

Список неурядових організацій, які уповноважені від їхнього імені здійснювати адміністративні заходи щодо забезпечення охорони людського життя на морі для розсилки Урядам, що домовляються з метою повідомлення їх посадових осіб (В даний час - Міжнародна морська організація) [17].

Тексти законів, декретів, наказів і правил, які будуть видані з різних питань, які розглядаються цією Конвенцією. Достатня кількість зразків свідоцтв, що видаються ними відповідно до положень цієї Конвенції для розсилки Урядам, що домовляються з метою повідомлення їх посадових осіб.

Стаття IV: Випадки непереборної сили. На судно, що не підпадає під положення цієї Конвенції в момент свого відправлення в будь-якої рейс, не поширюються положення цієї Конвенції в разі будь-якого його відхилення від маршруту прямування, якщо це відхилення відбулося внаслідок настання негоди або будь-яких інших випадків непереборної сили.

При перевірці правильності застосування до судна будь-яких положень цієї Конвенції до уваги не приймаються особи, які перебувають на судні внаслідок непереборної сили або внаслідок покладеної на капітана обов'язки перевозити осіб, які зазнали корабельної аварії, або інших осіб.

Стаття V: Перевезення осіб у разі крайньої потреби. Для забезпечення евакуації осіб з метою позбавлення їх від небезпеки, їх життя небезпеці, яка Договірна уряд може дозволити перевезення на своїх судах більшої кількості осіб, ніж це допускається положеннями цієї Конвенції. Такий дозвіл не позбавляє інші Договірні уряду права контролю, здійснюваного ними згідно з

цією Конвенцією, над такими судами при заході їх в порти. Уряд, який надав такий дозвіл, посилає Генеральному секретарю Організації повідомлення про будь-якому такому дозволі разом з викладенням мотивів видачі такого дозволу.

Стаття VI: Попередні договори і конвенції. Ця Конвенція у відносинах між Договірними урядами замінює і скасовує Міжнародну конвенцію з охорони людського життя на морі, підписану в Лондоні 17 червня 1960 р.

Всі інші нині діючі між урядами-учасниками цієї Конвенції договори, конвенції та угоди, що стосуються охорони людського життя на морі або питань, які зачіпають таку охорону, продовжують зберігати протягом свого терміну дії повну силу щодо [17]:

- 1) судів, до яких ця Конвенція не застосовується;
- 2) судів, до яких ця Конвенція застосовується, але з питань, які спеціально не передбачені цією Конвенцією.

Коли положення таких договорів, конвенцій або угод суперечать положенням цієї Конвенції, перевага віддається положенням цієї Конвенції.

Всі питання, які спеціально не передбачені цією Конвенцією, залишаються предметом законодавства Договірних урядів.

Стаття VII: Особливі правила, встановлені за угодою. Коли відповідно до цієї Конвенції, за угодою між усіма або деякими Договірними урядами, встановлюються особливі правила, такі правила надсилаються Генеральному секретарю Організації для розсилки всі Договірні уряди.

Стаття VIII: поправки. У цю Конвенцію можуть бути внесені поправки за допомогою однієї з двох процедур, передбачених в наступних пунктах.

Поправки після розгляду в Організації:

- 1) пропонована Договірною урядом поправка подається Генеральному секретарю Організації, який розсилає її членам Організації і всім Договірним урядам не менше ніж за шість місяців до її розгляду; представлена і розіслана

таким чином поправка передається на розгляд Комітету з безпеки на морі Організації.

3) Договірні уряди держав, незалежно від того чи є вони членами Організації чи ні, мають право на участь у роботі Комітету з безпеки на морі при розгляді і схваленні ним поправок;

Поправки схвалюються більшістю в дві третини голосів Договірних урядів, присутніх і голосуючих в Комітеті з безпеки на морі, склад якого розширений, як це передбачено підпунктом (III) цього пункту (далі - «Комітет з безпеки на морі розширеного складу»), при умови, що в момент голосування присутні не менше однієї третини Договірних урядів.

Схвалені відповідно до підпункту (IV) цього пункту поправки направляються Генеральним секретарем Організації всім Договірним урядам для їх прийняття;

4) (1) поправка до статті Конвенції або до глави I Програми не вважається прийнятою на дату, на яку вона прийнята двома третинами Договірних урядів;

Поправка до Додатка, за винятком його глави I, вважається прийнятою після закінчення двох років з дати її напрямки урядам для прийняття або після закінчення іншого строку, який не повинен бути менше одного року, якщо він встановлюється під час її схвалення більшістю в дві третини Договірних урядів, присутніх і голосуючих в Комітеті з безпеки на морі розширеного складу [17].

Однак поправка вважається не прийнятою, якщо протягом встановленого терміну більше однієї третини Договірних урядів або Договірні уряди держав, загальний торговельний флот яких по валової місткості становить не менше 50% світового торгового флоту, заявлять Генеральному секретарю Організації, що вони заперечують проти такої поправки;

Поправка до статті Конвенції або до глави I її Додатків вступає в силу для тих Договірних урядів, які її прийняли, після закінчення шести місяців з дати, на яку вона вважалася прийнятою, а для Договірної уряду, яке прийме її після цієї дати, після закінчення шести місяців з дати її прийняття таким урядом.

Поправка до Додатка, за винятком його глави I, вступає в силу після закінчення шести місяців з дати, на яку вона вважається прийнятою для всіх Договірних урядів, за винятком тих, які зробили заяву, згідно з підпунктом цього пункту, про те, що вони заперечують проти поправки і не відкликали такої заяви. Однак до встановленої дати вступу в силу поправки Договірна уряд може зробити на ім'я Генерального секретаря Організації, про те, що воно звільняє себе від введення в дію положень такої поправки на термін, що не перевищує одного року, починаючи з дати набуття нею чинності, або на такий більший термін, який може бути встановлений більшістю в дві третини Договірних урядів, присутніх і голосуючих в Комітеті з безпеки на морі розширеного складу під час схвалення поправки [17].

Поправка шляхом скликання Конференції:

1) на прохання Договірної уряду, яка була підтримана не менш як однієї третини Договірних урядів, Організація скликає Конференцію Договірних урядів для розгляду поправок до цієї Конвенції;

2) поправка, схвалена такою Конференцією більшістю в дві третини голосів присутніх і голосуючих Договірних урядів, направляється генеральним секретарем Організації всім Договірним урядам для її прийняття;

3) якщо Конференція не прийме іншого рішення, поправка вважається прийнятою і набуває чинності відповідно до умов процедури, передбаченими для цієї мети відповідно в підпунктах (vI) і (vII) пункту (b) цієї статті, причому посилання в цих підпунктах на Комітет з безпеки на морі розширеного складу означає посилання на Конференцію;

Договірний уряд, який прийняв вступаючу в силу поправку до Додатка, не повинно поширювати переваги їхніх зобов'язань за Конвенцією на свідоцтва, видані судну, що має право плавання під прапором держави, яка Договірна уряд якого, відповідно до положень підпункту (vI) (2) пункту (b) цієї статті, заперечило проти такої поправки і не відкликав свого заперечення проти неї, але лише в тій частині, в якій такі свідчення будуть зачіпатися положеннями згаданої поправки.

Договірний уряд, який прийняв поправку до Додатка, яка вступила в силу, поширює переваги їхніх зобов'язань за Конвенцією на свідоцтва, видані судну, що має право плавання під прапором держави, уряд якого, відповідно до положень підпункту (vII) (2) пункту (b) цієї статті, повідомило генерального секретаря Організації про те, що воно звільняє себе від введення в дію положень такої поправки [17].

Якщо спеціально не передбачено інше, поправка до цієї Конвенції, зроблена згідно з цією статтею і водночас ставиться до конструкції судна, застосовується лише до судів, кили яких закладені або які знаходяться в подібній стадії будівництва на дату або після дати набрання чинності таких змін та доповнень.

Заява про прийняття поправки або про заперечення проти неї, або повідомлення, зроблене згідно з підпунктом (vII) (2) пункту (b) цієї статті, подається у письмовій формі генеральному секретарю Організації, який інформує всі Договірні уряди про наявність таких документів і про дату їх отримання.

Генеральний секретар Організації інформує всі Договірні уряди про що вступають в силу згідно з цією статтею поправках і про дату набуття чинності кожною з таких поправок.

Стаття IX: Підписання, ратифікація, прийняття, затвердження та приєднання. Ця Конвенція відкрита для підписання в штаб-квартирі

Організації з 1 листопада 1974 року до 1 липня 1975 року, а після цієї дати - для приєднання. Держави можуть стати учасниками цієї Конвенції шляхом:

- 1) підписання без застереження про ратифікацію, прийняття або затвердження;
- 2) підписання із застереженням про ратифікацію, прийняття або затвердження з подальшою ратифікацією, прийняттям чи затвердженням; або
- 3) приєднання.

Ратифікація, прийняття, затвердження або приєднання здійснюється шляхом здачі на зберігання відповідного документа Генеральному секретарю Організації.

Генеральний секретар Організації інформує уряди всіх держав, які підписали цю Конвенцію або приєдналися до неї, про будь-яке підписання або про здачу на зберігання документа про ратифікацію, прийняття, затвердження або приєднання і про дату його здачі на зберігання.

Стаття X: Вступ в силу. Ця Конвенція набирає чинності після закінчення дванадцяти місяців з дати, на яку її учасниками, відповідно до статті IX, стануть не менше двадцяти п'яти держав, загальний торговельний флот яких по валової місткості становить не менше 50% світового торгового флоту [17].

Документ про ратифікацію, прийняття, затвердження або приєднання, зданий на зберігання після дати набрання чинності цією Конвенцією, вступає в силу після закінчення трьох місяців з дати його здачі на зберігання.

Документ про ратифікацію, прийняття, затвердження або приєднання, зданий на зберігання після дати, на яку, відповідно до статті VIII, поправка до Конвенції вважається прийнятою, відноситься до Конвенції з такою поправкою.

Стаття XI: Денонсація. Ця Конвенція може бути денонсована будь-яким урядом в будь-який час після закінчення п'яти років з дати набуття чинності Конвенцією для такого уряду.

Денонсація здійснюється шляхом здачі на зберігання документа про денонсацію Генеральному секретарю Організації, який повідомляє всі інші Договірні уряду про будь-якому отриманому документі про денонсацію і про дату його отримання, а також про дату набуття чинності такою денонсацією.

Денонсація набуває чинності після закінчення одного року з дати одержання Генеральним секретарем Організації документа про денонсацію або після закінчення більшого терміну, який може бути вказаний в такому документі [17].

Стаття XII: Здача на зберігання і реєстрація. Ця Конвенція здається на зберігання Генеральному секретарю Організації, який направляє її завірених копії урядам всіх держав, що підписали її або приєдналися до неї. Як тільки ця Конвенція набуде чинності, Генеральний секретар Організації передасть її текст Генеральному секретарю Організації Об'єднаних Націй для реєстрації і опублікування відповідно до статті 102 Статуту Організації Об'єднаних Націй.

Стаття XIII: мови. Цю Конвенцію складено в одному примірнику англійською, іспанською, китайською, російською і французькою мовами, причому всі тексти мають однакову силу. Офіційні переклади на арабську, італійську та німецьку мови будуть підготовлені і здані на зберігання разом з підписаним оригіналом. На посвідчення чого нижчепідписані, належним чином на те уповноважені своїми відповідними урядами, підписали цю Конвенцію в Лондоні 1 листопада 1974 р.

5.2 Шкідливі і небезпечні виробничі фактори: класифікація за джерелами і властивостями

На виробництві, в процесі виконання обов'язків відповідно до трудового договору та посадовою інструкцією, на працівника підприємства можуть впливати різні чинники, які поділяються на: небезпечні, які можуть

викликати утворення різних травм та шкідливі, здатні спровокувати розвиток певних захворювань, в залежності від виду впливу на організм [18, 19].

Класифікація шкідливих виробничих факторів Відбувається підрозділ всіх виробничих шкідливостей, на кілька категорій, основа класифікації яких лежить у визначенні їх впливу на конкретні органи людського організму, а також способу надання на нього впливу: фізичні, хімічні, біологічні, психофізіологічні

Фізичні фактори. Фізичні шкідливості здатні завдати шкоди оболонці людини у вигляді шкірного і кістково - м'язового елементів: рухомі вантажі можуть впасти на поверхню, будь-якої частини тіла працюючого; рухомі механізми, які можуть травмувати, в разі потрапляння в траєкторію переміщення їх елементів; переміщаються машини по території підприємства, або за його межами; виробниче обладнання, що володіє обертовими і переміщаються складовими, в тому числі приводні, ріжучі та передавальні механізми; розлітаються частинки матеріалу, який піддається обробці при виробництві продукції; дія електричного струму.

Хімічні фактори. Шкідливі фактори цієї групи поділяються на: токсичні, що впливають гнітюче, в загальному на весь організм людини; подразнюючі; викликаючи алергічні захворювання; канцерогенні, при тривалому впливі, що викликають онкологічні захворювання органів людини; мутагенні, які надають поступове вплив на репродуктивну систему, остаточне вплив яких визначається при відтворенні людського роду.

Біологічні фактори поділяють на небезпечні та шкідливі. До небезпечних відносяться рослини і тварини, зустріч з якими завдає негайний шкоди людському тілу у вигляді травми. До шкідливих відносяться мікроорганізми у вигляді бактерій і вірусів, здатних викликати різні захворювання через якийсь час [18, 19].

Небезпечні чинники робочого середовища. Існує певний взаємозв'язок між двома виробничими факторами. У більшості випадків поява одних

сприяє прояву інших. Наприклад, наявність вологості і пилу в виробничому приміщенні може призвести до ураження працівника електричним струмом.

У даній ситуації, вологість і пил є шкідливим, а провід електропередач - небезпечним фактором. Наслідки знаходження сукупності цих елементів можуть призвести до різних наслідків - від захворювання верхніх дихальних шляхів, до смерті.

Фактори, що визначають безпеку здоров'я працівників. Безпека, добробут, збереження здоров'я працівників зумовлює велику кількість виробничих факторів, як залежних від характеру виробничої діяльності, так і виникають від рівня організації праці та забезпечення його безпеки [18, 19].

Безпека праці обумовлюється виробничими факторами, які за ознаками і змістом можуть бути поділені на організаційні, технічні, санітарно-гігієнічні та психофізіологічні. З огляду на, що технічні фактори відрізняються великою різноманітністю, їх, в свою чергу, прийнято розділяти на конструкторські, технологічні, експлуатаційні. Такий поділ відповідає структурі управління і характером виробництва багатьох організацій і дозволяє оцінювати діяльність відповідних підрозділів (конструкторських, технологічних, експлуатаційних) в справі забезпечення безпеки праці працівників.

Організаційні фактори: організація інструктажу і навчання працівників безпеки праці; забезпечення працівників засобами індивідуального захисту; організація санітарно-побутового та лікувально-профілактичного обслуговування працівників; форми і методи організації праці (індивідуальна, бригадна, змінність, режим праці і відпочинку); організація обслуговування та утримання робочих місць (організація і оснащення робочого місця; стан оргтехоснащення, ручного і допоміжного інструменту; безпеку складування матеріалів, заготовок, деталей і готових виробів; прибирання робочого місця); вміст у безпечному стані будівель, споруд, території ділянки, цеху організації та ін.

Конструкторські фактори: безпека конструкції технологічного обладнання (відповідність основних елементів конструкції, органів управління, засобів захисту вимогам стандартів безпеки праці та інших нормативно-технічних документів); безпека конструкції технологічного оснащення (пристроїв, інструменту та ін.); безпека конструкції вантажопідійомних машин, транспортних засобів і вантаж захоплювальних пристроїв; безпека конструкції ручного механізованого інструменту та ін.

Технологічні фактори: вибір безпечних технологічних методів і режимів роботи; комплексна механізація і автоматизація важких і небезпечних операцій; вибір вихідних матеріалів, заготовок і виробничого обладнання; розміщення виробничого обладнання і організація робочих місць; вибір безпечних способів і засобів транспортування вихідних матеріалів, заготовок, деталей, готової продукції та відходів виробництва; вибір засобів колективного та індивідуального захисту; включення вимог безпеки в технологічну документацію; контроль виконання вимог безпеки в діючих технологічних процесах та ін. [18, 19].

Експлуатаційні фактори: дотримання термінів планового ремонту, підтримання в справному стані технологічного обладнання; справний стан технологічного оснащення; справний стан електрообладнання та засобів захисту від електричного струму; справний стан підйомно-транспортного устаткування, тари і вантажозахоплювальних пристроїв; безпечна експлуатація внутрівиробничого транспорту та ін.

Санітарно-гігієнічні фактори: мікроклімат на робочому місці; чистота повітря робочої зони (вміст шкідливих речовин, промислового пилу); рівень природного та штучного освітлення; рівень вібрації; рівень виробничого шуму; інфрачервоне (теплове) випромінювання; електромагнітне випромінювання; іонізуюче випромінювання та ін.

Психофізіологічні фактори наступні:

- тяжкість і напруженість праці (статична і динамічна фізичне навантаження, робоча поза, напруженість зору, тривалість зосередження спостереження, число важливих об'єктів спостереження, темп роботи, число інформаційних сигналів, монотонність, режим праці та відпочинку, нервово-емоційне навантаження);

- відповідність психофізіологічних можливостей людини, індивідуальних особливостей його організму характеру виконуваної роботи (антропометричні особливості, швидкість і точність реакцій, стійкість уваги, особистісні якості і ін.);

- професійна підготовленість працівника (навченість, освоєння безпечних прийомів праці, знання правил та інструкцій з охорони праці);

- пропаганда охорони праці, зацікавленість працівників у суворій і точному дотриманні вимог охорони праці;

- застосування засобів індивідуального захисту, виконання вимог інструкцій з охорони праці, технології виконання робіт;

- дотримання трудової і виробничої дисципліни та ін.

Важливими методами захисту працюючих від негативних наслідків впливу шкідливих і небезпечних виробничих факторів є раціоналізація режимів труди і відпочинку, що забезпечує зниження часу і ступеня їх впливу, а також застосування засобів профілактики (молоко, лікувально-профілактичне харчування, вітамінні препарати і ін.), Що сприяють нейтралізації шкідливого впливу зазначених факторів і підвищенню опірності організму до цих дій.

5.3 Класифікація пожеж

Пожежі класу «А» . Горючі речовини, вогнегасні засоби і способи їх гасіння

клас А – горіння твердих горючих речовин, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір).

Для пожеж класу «А» використовують наступні вогнегасники:

Порошкові вогнегасники перешкоджають горінню хімічним шляхом і є майже універсальним протипожежним засобом. Порошок добре гасить вогонь не лише класу А і В, але й добре зарекомендував себе в боротьбі з класом Е (електрообладнання).

Рідинні вогнегасники ідеально підходять для гасіння паперу, дерева, пластмаси, сміття або виробів з тканини. Пожежі з цих матеріалів часто відносять до класу А. Протипожежна сила води у тому, що вона чудово поглинає тепло. Коли води достатньо, вона знімає жар швидше, ніж вогонь може його створити, тому полум'я просто гасне [20].

У хімічних пінявих вогнегасниках використовуються водяні розчини лужних солей під тиском. Ці вогнегасники особливо ефективні під час гасіння харчових жирів та олії, але їх не можна застосовувати до нафтопродуктів. Вони також придатні для пожеж класу А.

Піняві вогнегасники дуже добре справляються з пожежею класу А, але особливо ефективні для гасіння пожеж класу В, коли горять легкозаймисті рідини (промислові мастила, пальне, фарби).

Вуглекислотні вогнегасники можна застосовувати майже до всіх видів пожеж. Принцип їхньої дії — витіснення кисню вуглекислим газом.. Оскільки засобом гасіння у цих вогнегасниках є газ, їх не дуже ефективно використовувати у великих приміщеннях, де є протяг. Але через те, що цей

вогнегасник зовсім не забруднює, він найліпше підходить для гасіння чутливих механізмів та електроприладів [20].

5.4 Заходи та засоби попередження розливу палива при бункерувальних операціях на судні. Відповідальність суднового екіпажу щодо забруднення моря нафтою

Підготовка та проведення бункерувальних операцій [21–23]. Підготовка судна до прийому палива (бункерування) є найважливішою частиною організації правильної експлуатації судна з точки зору запобігання забрудненню навколишнього середовища (моря) нафтопродуктами. Особливо актуально це стало з набранням чинності Міжнародним кодексом з управління безпечною експлуатацією суден та запобіганням забруднення (ISM CODE).

Таким чином при підготовці та проведенні бункерування судна вахтова служба судна та відповідальні особи повинні виконати такі заходи:

Підняти прапор «BRAVO» або увімкнути червоний круговий ліхтар;

Зробити попередження судном про початок бункерування та заборону куріння та використання відкритого вогню на палубі;

Переконавшись у закритті клапанів та наявності заглушок на трубопроводах прийому палива протилежного борту;

Переконавшись у якісному зв'язку з вахтовим офіцером, машинним відділенням, бункерувальником;

Здійснити виміри кількості палива в танках судна та бункерувальника;

Переконавшись, що клапани, що самозакриваються, на замірних трубах паливних танків знаходяться в закритому положенні, а заглушки встановлені на штатні місця;

Перевірити закриття всіх палубних шпигатів;

Переконавшись, що вентиляційні трубопроводи паливних танків нічим не заблоковані;

Піднести до місця бункерування первинні засоби пожежогасіння;

Переконатися, що засоби та обладнання для боротьби з розливом нафти (OIL SPILL EQUIPMENT) доступні та готові до використання;

Переконатися, що переливні танки випорожнені;

Перевірити дію суднової сигналізації про заповнення (перелив) танків

Оскільки на всіх судах застосовується МКУБ (ISM CODE), виконати вимоги чек-листа щодо бункеровочних операцій (BUNKER OPERATION CHECK LIST).

Перед остаточним заповненням танків знизити продуктивність подачі палива до мінімальної, заповнюючи танки послідовно;

Продути бункерувальний шланг перед його від'єднанням від суднового трубопроводу;

Зробити необхідні записи про бункерування в машинному журналі та журналі нафтових операцій (OIL RECORD BOOK).

При підготовці судна до бункеровочних операцій старший механік повинен переконаватися, що:

1. Палубні шпигати герметично закриті, і за необхідності зацементовані;

2. Вентиляційні трубопроводи трубки танків, що підлягають заповненню, забезпечують вільний вихід повітря та газів, сітки очищені;

3. Переливна цистерна випорожнена, а сигналізація переливу справна;

4. Під з'єднаннями шлангів, за якими проводиться бункерування, встановлені піддони;

5. Виділені для прийому бункера танки дозволяють прийняти необхідну кількість палива для чого повинні бути виконані вимірювання рівнів у цих танках. Результати вимірів фіксуються у вахтовому машинному журналі та чек-листах.

6. Визначити та узгодити з капітаном або старшим помічником капітана танки для прийому бункера та порядок їх заповнення, щоб уникнути втрати стійкості.

7. Прийом палива повинен здійснюватися без змішування одержуваного палива з паливом, що вже є на борту.

8. Зазвичай до початку бункерування судну подають повідомлення, з яким командування судна має уважно ознайомитись. Зразок такого повідомлення може мати такий вигляд:

Повідомлення про готовність для постачання бункера.

Наш бункерувальник підійшов до Вашого судна в (год) місцевого часу сьогодні і має м/тон IFO (ст) і м/тон MDO/GO, замовленого для Вашого судна.

Паливо закачуватиметься у Ваші танки із середньою продуктивністю тон/годину. Тому необхідно тримати клапани відкритими і заміряти рівень, якщо Ви бажаєте перевірити швидкість прийому палива.

Перед прийомом палива Ви підготуйте все необхідне для запобігання забрудненню моря нафтою, а також встановіть на палубі вогнегасник у місці з'єднання шлангів.

Будь ласка, призначте авторитетного представника перевірити відкриті танки бункерувальника, які були до цього опечатані митницею для контролю за кількістю палива, що видається, і для перевірки з'єднання шлангів — точки, які небезпечні щодо перепусток, т.к. загальна відповідальність за бункерування паливом лежить на вашому судні.

Кількість буде визначатися тільки замірами в танках бункерувальника, тому ми не будемо нести якусь відповідальність за кількість після бункерування за наявності різниці в замірах з вашими танками. Якщо ви не погоджуєтесь, ви можете запросити незалежного сюрвеєра для виробництва вимірів на нашому бункерувальнику, в період бункерування, всі витрати - час, збитки будуть за рахунок вашого судновласника [21–23].

Проби будуть взяті відповідно до існуючих вимог у період бункерування та будуть надані вам. Безпека проб гарантована в розумний період. Будь ласка, врахуйте, що ми не маємо жодної мети / в будь-якому випадку /, а наша компанія має відношення тільки до набору проб і їх пломбування.

Після закінчення бункерування ми запрошуємо вашого представника для проведення остаточних вимірів палива на нашому бункерувальнику та для підпису сертифікату.

Будь ласка, відзначте, що: у «Бункерувальній розписці» не допускається «відмовний штамп» будь-якого типу або форми, також будь-які зміни чи відмови, поставлені пізніше.

Ми бажаємо нам і вашому екіпажу приємного та безпечного плавання та гарної зустрічі з нами в майбутньому.

9. На підставі сертифікатом (Bunker Delivery Note), що надається бункерувальником, переконатися у відповідності значень характеристик палива, призначеного до постачання, замовленого.

Сертифікат (BDN) повинен містити таку інформацію:

Назва та ІМВ номер приймаючого судна;

Порт;

Дата та час початку постачання;

Найменування, адреса та номер телефону постачальника палива;

Найменування продукту;

Кількість у метричних тоннах;

Щільність палива за 15 С, кг/м³;

вміст сірки (% за масою);

Декларація, підписана та засвідчена представником постачальника палива, про те, що поставлене паливо відповідає встановленим вимогам.

При підготовці до бункеровочних операцій особа, яка безпосередньо відповідає за їх проведення, зобов'язана:

Перевірити готовність паливної (масляної) системи до прийому (видачі) бункера, що фіксується у вахтовому машинному журналі та у відповідних чек-листах;

Перевірити наявність у місць прийому бункера, засобів гасіння пожежі та засобів локалізації розливу (вогнегасників, ящик з піском, пожежний рукав, піногенератор, совок, лопати, тирсу, ганчір'я, абсорбенти);

Перевірити надійність приєднання та герметичність бункерувального(их) шланга(ів), термін(и) його(их) останнього випробування;

Перевірити, чи надійність зв'язку всіх постів і палуби з бункерувальником.

Скласти акт, спільно з представником бункерувальної компанії (бункерувальника) у якому відобразити:

Заміри кількостей палива (мастила) по танках судна та бункерувальника;

Етапи прийому бункера та інтенсивність його подачі за етапами;

Порядок подачі сигналів зміни інтенсивності або припинення подачі бункера.

До початку проведення бункерувальних операцій механік, відповідальний за бункерування, повинен провести інструктаж з виділеними в його розпорядження особами та перевірити їх знання з:

будови паливної (масляної) системи судна;

розташування паливних, переливних танків;

розташування переливних, замірних та повітряних труб;

розташування сіючих клапанів та клінкетів;

типових англійських фраз та сигналів, що подаються руками, у процесі бункерування;

дій щодо судового Плану Запобігання Забрудненню Навколишнього середовища;

розташування постів зв'язку з МО та постів аварійної зупинки бункерування.

Результати інструктажу та перевірки заносяться до машинного журналу (Журнал Інструктажу персоналу перед бункеруванням) та відзначають у відповідних чек-листах.

До початку прийому бункера механік, відповідальний за бункерування, зобов'язаний забезпечити герметизацію, а за необхідності і цементування всіх шпигатів верхньої палуби. При цьому якість герметизації шпигатів повинна унеможлилювати навіть незначні просочування нафтопродуктів за борт.

Герметичність закриття шпигатів перевіряється старшим помічником капітана та старшим механіком, про що провадиться відповідний запис у судовому журналі [21].

Також необхідно перевірити танки бункерувальника індикатором щодо відсутності води.

5.5 Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

Судно-контейнеровоз «Alianca Brasil» лежить в дрейфі, чекаючи отримання дозволу на вхід в порт Бальбоа (Панама). Отримано повідомлення про інцидент на території порту: внаслідок порушення експлуатаційного режиму сталося руйнування ємності зі скрапленням газом. В результаті аварії розлився аміак, який є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Кількість розлився СДОР - 330 т, характер розливу - «в піддон». Висота піддону - 0,5 м.

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби - день, 15.00, температура повітря 200, швидкість вітру 5 м / с, вітер - зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії - 5 км. Місцевість відкрита, характер - водна поверхня.

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

За заданим метеорологічним умовам (час доби - день, швидкість вітру 5 м/с, суцільна хмарність) за допомогою таблиці 5.1 визначаємо: на момент виникнення надзвичайної ситуації ступінь вертикальної стійкості повітря – ізотермія [24].

Таблиця 5.1 – Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

Швидкість вітру, м/с	Час доби					
	день			ніч		
	присутність хмар					
	відсутня	середня	сплошна	відсутня	середня	сплошна
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	інверсія	ізотермія	ізотермія
> 4,0	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія

5.5.1 Розрахунок еквівалентної кількості СДОР в первинному хмарі

Кількісні характеристики викиду СДОР для розрахунку масштабів зараження визначаються за його еквівалентним значенням.

Розраховуємо еквівалентну кількість Q_{e1} (т) аміаку в первинному хмарі:

$$Q_{e1} = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,01 \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 330 = 0,003 \text{ т,}$$

де: $K_1 = 0,01$ - коефіцієнт, що залежить від умов зберігання аміаку (таблиця 2);

$K_2 = 0,025$ - коефіцієнт, що дорівнює відношенню граничної токсодози хлору до граничної токсодози аміаку (таблиця 2);

$K_3 = 0,04$ - коефіцієнт, що враховує ступінь вертикальної стійкості повітря для ізотермії (п. 3.2. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту);

$K_{71} = 1$ - коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на швидкість утворення первинного хмари (таблиця 5.2);

$Q_o = 330$ - кількість розливу при аварії аміаку, т.

Таблиця 5.2 – Характеристики НХР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДЯВ	Густина СДЯВ, т/ м ³		Температура кипіння, °С	Гранична токсодоза, мг·мин/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Ізометричне збереження				К1	К2	К3	К7 для температури повітря (°С)				
								- 40	- 20	0	20	40
Аміак	-	0,681	-33,4	15	0.01	0,025	0,04	<u>0</u> 0,9	<u>1</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1</u> 1

Примітка:

1. У таблиці наведені значення K7 в чисельнику - K7I (для первинного хмари), в знаменнику - K7 II (для вторинного хмари).

5.5.2 Розрахунок площі розливу, тривалості вражаючої дії і еквівалентної кількості СДОР у вторинному хмарі

Площа розливу S_p (м²) аміаку дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_o / \rho}{H - 0,2} = \frac{330 / 0,681}{0,3} = 749 \text{ м}^2,$$

де: - обсяг розливу аміаку, м³;

$\rho = 0,681$ - щільність аміаку, т / м³ (таблиця 5.2);

$h = H - 0,2$ - товщина шару аміаку (для характеру розливу - «в обваловку»), м.

$H = 0,5$ - висота Паддона, м.

Тривалість вражаючої дії СДОР визначається часом його випаровування з площі розливу і часом спаду концентрації СДОР до безпечного рівня після відходу хмари зараженого повітря від даної точки.

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (ч) аміаку:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{\text{II}}} + \frac{1}{K_m \cdot v_{\text{п}}} = \frac{0,3 \cdot 0,681}{0,025 \cdot 1 \cdot 1} + \frac{1}{0,2 \cdot 6} = 21,8 + 0,83 = 22,63 \text{ ч.} = 22 \text{ ч.} 50 \text{ мин.},$$

де: $K_2 = 0,025$ - коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей аміаку (таблиця 2);

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

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

$K_m = 0,2$ - коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари аміаку (таблиця 5.4);

$v_{\text{п}} = 6$ - швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря, км / год (таблиця 5.3).

Таблиця 5.3 – Значення коефіцієнта K_4 в залежності від швидкості вітру

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

Таблиця 5.4 – Значення коефіцієнта K_m в залежності від впливу характеру місцевості

Рельєф місцевості, від растительности и побудови	Вертикальна стійкість повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
Водна поверхня, відкрита місцевість	1	1	1
Рівниний, рідкі дерева	0,5	0,6	0,6
Рівниний, густий ліс	0,3	0,4	0,4

Пагорбний, рідкі дерева	0,2	0,3	0,4
Пагорбний, густий ліс	0,1	0,2	0,3
Передгір'я, рідкі дерева	0,1	0,2	0,3
Передгір'я, густий ліс	0,1	0,1	0,1
Рідкі побудови	0,2	0,3	0,4
Міська (промислова) забудова	0,2	0,2	0,3
Територія порту	0,2	0,2	0,3

Таблиця 5.5 – Швидкість (км / ч) перенесення вп переднього фронту хмари зараженого повітря в залежності від швидкості вітру

Ступінь вертикальної стійкості повітря	Швидкість вітру (u), м/с									
	1≤	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						

Розраховуємо еквівалентну кількість аміаку Q_{e2} (т) у вторинному хмарі:

$$Q_{e2} = (1-K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{\Pi} \cdot \frac{Q_0}{h \cdot \rho} = (1-0,01) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{330}{0,3 \cdot 0,681} = 0,33$$

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

$K_7^{\Pi} = 1$ - коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинного хмари (таблиця 5.2).

5.5.3 Визначення глибини і площі зони зараження

Визначення глибини зони зараження первинним (вторинним) хмарию СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті ведеться з використанням таблиці 5.6.

Таблиця 5.6 – Глибина (км) зони зараження

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДЯВ, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1 і менше	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31

Для $Q_{e1} = 0,01$ т і швидкості вітру $u = 1$ м / с визначаємо глибину зони зараження первинним хмарою аміаку: $\Gamma_1 = 0,38$ км.

Для $Q_{e2} = 0,045$ т і швидкості вітру $u = 1$ м / с шляхом інтерполяції визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою аміаку: $\Gamma_2 = 0,79$ км.

Визначаємо повну глибину зони зараження Γ_{Σ} (км), обумовленої впливом первинного та вторинного хмари аміаку:

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 0,79 + 0,5 \cdot 0,38 = 0,98 \text{ км},$$

де: Γ' - найбільший, Γ'' - найменший з розмірів Γ_1 і 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} і Γ_{Π} :

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 0,98 \text{ км}.$$

Визначаємо площу зони можливого зараження S_B (км²) для первинного і вторинного хмари аміаку:

$$S_B = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \phi / 360^\circ = 3,14 \cdot 0,98^2 \cdot 180^\circ / 360^\circ = 1,5 \text{ км}^2,$$

де: $\Gamma = 0,98$ - розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 1800$ - кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 5.7).

Таблиця 5.7 – Кутові розміри зони можливого зараження СДОР в залежності від швидкості вітру

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

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_f (км²):

$$S_f = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 0,98^2 \cdot 1^{0,2} = 0,13 \text{ км}^2,$$

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

5.5.4 Розрахунок глибин розповсюдження хмари НХР в вражаючих концентраціях при смертельному, важкому, середньому і легкому ураженні.

Територія можливого хімічного зараження є сектор, який має кутовий розмір $\varphi = 1800$ (таблиця 5.7) і радіус, що дорівнює значенню розрахункової глибини зони зараження $\Gamma = 0,98$ км. Центр сектора збігається з джерелом зараження - місцем розливу аміаку. Бісектриса сектора збігається з віссю сліду хмари і орієнтована в напрямку вітру.

В районі хімічного зараження виділяють зони смертельної концентрації, важких, середніх і легких поразок.

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_m \cdot \left(\frac{Q_3}{D_1} \right)^{\Psi} = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,055}{6} \right)^{0,606} = 0,04 \text{ км},$$

де: $\lambda = 3,73$; $\Psi = 0,606$ - коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 5.8);

$Q_3 = Q_{3,1} + Q_{3,2} = 0,01 + 0,045 = 0,055$ – загальне еквівалентну кількість аміаку, який перейшов в первинне і вторинне хмару, т;

$D = 6$ - летальна токсодоза для хлору, мг.мін / л.

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

$$\Gamma_{0,4} = \lambda \cdot K_m \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,4}} \right)^\psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,055}{2,4} \right)^{0,606} = 0,07 \text{ км},$$

де: $D_{0,4} = 0,4$ $D = 0,4$ 2,4 - значення токсодоза, відповідне 40% летальної токсодоза для хлору, мг.мін / л.

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

$$\Gamma_{0,2} = \lambda \cdot K_m \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2}} \right)^\psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,055}{1,2} \right)^{0,606} = 0,12 \text{ км},$$

де: $D_{0,2} = 0,2$ $D = 0,2$ 1,2 - значення токсодоза, відповідне 20% летальної токсодоза для хлору, мг.мін / л.

Глибина зони легких поразок відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,98$ км.

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

Коефіцієнти	Швидкість вітру							
	1 и менее	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

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

$$t = \frac{x}{K_m \cdot v_{\text{п}}} = \frac{2}{0,2 \cdot 6} = 1,7 \text{ ч} = 1 \text{ ч. } 42 \text{ мин.},$$

де: $x = 2$ - відстань від джерела зараження до заданого об'єкта, км.

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті аварійного руйнування обвалованої ємності з аміаком показала, що заражена хмара підійде до судна через 1 годину 42 хв. На підставі

виконаних розрахунків можна зробити висновок, що судно знаходиться поза зоною вражаючих концентрацій хмари зараженого повітря.

Для зменшення можливих людських втрат необхідно, обмежити вихід членів екіпажу на палубу судна, контролювати напрям переміщення хмари зараженого повітря і концентрацію аміаку в повітрі.

З огляду на, що час дії вражаючих концентрацій досить велике - 22 години 50 хв., Слід протягом цього часу забезпечувати підвищену готовність екіпажу до виконання додаткових заходів, пов'язаних із загрозою хімічного зараження.

ВИСНОВКИ

У дипломній 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 потужністю 700 кВт (875 кВА) фірми HYUNDAI типу HFC7 504-08P та один аварійний дизель-генератор потужністю 120 кВт (150 кВА) фірми LEROY SUMMER модель M44.3L10C6S/4.

2. Обрані генераторні автоматичні вимикачі автоматичні вимикачі фірми HYUNDAI типу UAN - 16 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 електродвигун вантажного гідравлічного головного насосу FRAMO потужністю 384 кВт при автотрансформаторному способі пуску розрахований провал напруги генератора. Встановлено, що провал напруги знаходиться в допустимих межах.

4. Проаналізована робота системи автоматичного управління системи інертних газів.

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. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. – М.: Академия, 2004. – 256 с.
6. Електронний ресурс: <http://www.elektroskandia.ee/pub/tooted/toostus/ABB-General-Purpose-Motors.pdf>.
7. Електронний ресурс: <https://elmar.com.ua/oborudovanie-zaschity/avtomaticheskie-vykljuchateli/avtomaty-abb/>
8. Електронний ресурс: https://absel.ua/kabelnaja-produkcija/sudovoi-kabel?gclid=EAIaIQobChMIkPy1x4SV8QIVTOqyCh2b7w-YEAAAYASAAEgLbufD_BwE.
9. Яковлев М.С. Судовые электроэнергетические системы. – Л.: Судостроение, 1987. – 269 с.
10. Баранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы. М.: Транспорт, 1988. – 328 с.
11. Захарченко В.М. Электрооборудование судов: электрические станции. Одесса, ОНМА, 2003. – 119 с.
12. Толстов А.А. Устройство и эксплуатация судовых синхронных генераторов. Одесса, ОНМА, 2007. – 150 с.
13. Електронний ресурс: «<http://www.hyundai-elec.com/elec/en/customer>».
14. Електронний ресурс: http://abr-electric.com.ua/hyundai/power_automation.html
15. Шапо В.Ф. «Введение в судовые компьютерные сети». Одесса: ОНМА, 2011. – 77 с.

