

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 І СИСТЕМИ
УПРАВЛІННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО СУДНА ВОДОТОННАЖНІСТЮ
8831 ТОН

Виконав: студент 3го скор. курсу ЗФН
спеціальності:

271 – Річковий та морський транспорт

Спеціалізація: «Експлуатація суднового
електрообладнання і засобів автоматики»

Турчанінов С. К.
допущений до захисту 15.06.2021

Завідуючий кафедрою Гвоздева І. М.
Керівник Гвоздева І. М.

Нормо контролер Михайленко В. С.

Рецензент Шевцов О. С.

Одеса – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки

Кафедра електричної інженерії та електроніки

Спеціальність: Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕО і АС

Гвоздева І.М.

«05» 05 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу бакалавра

Турчанінова С. К.

за темою:

1. «Електрообладнання, електронна апаратура і системи управління універсального судна водотоннажністю 8831 тон» затверджена наказом ректора університету від 03.06.21, 20 21 р. № 750.
2. Термін здачі курсантом закінченої роботи до 20.06.2021 р.
3. Змістовна частина розділів дипломної роботи за напрямом підготовки
 - 3.1. Техніко-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна, головної енергетичної установки, допоміжних механізмів і систем.
 - 3.2. Розрахунок режимів роботи та вибір електропривода одного із суднових механізмів (за вибором керівника дипломної роботи): розрахунок та вибір електродвигуна; вибір схеми живлення та управління на підставі знаку автоматизації судна; розрахунок та вибір комутаційно-захисної апаратури. *Графічна частина:* Принципова схема силової частини електроприводу і принципова або функціональна схема системи управління.

- 3.3. Розрахунок суднової електроенергетичної системи (СЕЕС): розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції (метод розрахунку за вибором керівника дипломної роботи); вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ; вибір генераторних автоматів; вибір системи збудження синхронних генераторів; розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії; перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги; вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, розробка алгоритмів управління СЕЕС. *Графічна частина:* 1. Однолінійна схема ГРЩ і АРЩ. 2. Система збудження СГ. 3. Структурна або функціональна схема АСУ СЕЕС, алгоритм управління.
- 3.4. Аналіз систем та пристроїв управління судном: аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки (наприклад, ДАУ ГД, ДАУ ДГ, засоби автоматизації СЕЕС, системи управління допоміжними механізмами та загально судновими системами, тощо); технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю та сигналізації; технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв та радіозв'язку; ГМЗСБ і навігація. *Графічна частина:* 1. Принципова або структурна схема системи управління технічного об'єкту, граф-схема алгоритму функціонування.
- 3.5. Розробка технології і інструкції по експлуатації суднового електрообладнання і засобів автоматизації.
- 3.6. Питання цивільного захисту судна та охорони праці.

4. Дата видачі завдання на роботу:

Керівник роботи

Завдання прийняв до виконання



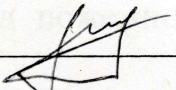
Гвоздева І.М.

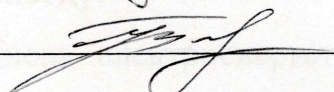
Турчанінов С.К.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Розрахунок режимів роботи електропривода пожежного/балластного насосу. Вибір двигуна. Розрахунок статичних та динамічних характеристик приводу. Спосіб пуску двигуна. Розробка схеми живлення та управління на підставі знаку автоматизації судна.	08.05.2021	Виконано
2.	Розрахунок суднової електроенергетичної системи (СЕЕС). Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції (табличний метод); вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ; вибір генераторних автоматів. Вибір системи збудження генераторів. Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії; перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги. Вибір засобів автоматизації СЕЕС, Розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління СЕЕС, розробка алгоритмів управління СЕЕС.	19.05.2021	Виконано
3.	Аналіз систем та пристроїв управління судном. Засоби автоматизації СЕЕС. Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю та сигналізації; технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв та радіозв'язку. Розробка структурної схеми суднової комп'ютерної мережі інформаційних та управляючих систем та засобу автоматизації.	28.05.2021	Виконано

4.	Технологія та інструкція по експлуатації суднового електрообладнання і засобів автоматизації.	03.06.2021	Виконано
5.	Цивільний захист та охорона судна	05.06.2021	Виконано
6.	Охорона праці	09.06.2021	Виконано

Дипломник  Турчанінов С.К.

Керівник  Гвоздева І.М.

РЕФЕРАТ

Електрообладнання, електронна апаратура и системи управління судна типу RO-RO, LO-LO, MPC водотоннажністю 8831 тон.

В дипломній роботі наведено загальний опис судна та його рушія. Розглянутий електропривод насосу заборотної води, вибрана схема живлення та управління електроприводу.

Розглянута суднова електроенергетична система. Розрахована таблиця навантаження для характерних режимів роботи судна. Підібрані основні та аварійні генераторні агрегати. Виконані розрахунки струмів короткого замикання та провалу напруги для вибору комплектації та захисної апаратури СЕЕС. 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 насосу заборотної води, його система управління; однолінійна схема ГРЩ та АРЩ; система збудження генераторів, структурна схема автоматизації суднової електростанції, структурна схема системи дистанційного автоматизованого управління ДГ.

СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД; СУДНОВА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ; ГОЛОВНИЙ ТА АВАРІЙНИЙ РОЗПОДІЛЬНИ ЩИТИ; АВТОМАТИЗАЦІЯ; АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ; НАСОС ЗАБОРТНОЇ ВОДИ, ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОР

ABSTRACT

Electrical equipment, electronic hardware and control systems of RO-RO, LO-LO, MPC vessel of 8831 tons water tonnage.

In bachelor's degree work a general description of the vessel and its engine are described. The electric drive of seawater cooling 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 seawater cooling 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 system of DG remote automated control.

SHIP ELECTRIC DRIVE; SHIP POWER STATION; MAIN AND EMERGENCY DISTRIBUTION BOARDS; INTEGRATED MANAGEMENT; AUTOMATION; CONTROL ALGORITHM; SEAWATER COOLING PUMP, DIESEL-GENERATOR

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	9
ВСТУП.....	11
1 ТЕХНІЧНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА	12
1.1 Основні дані судна, головної енергетичної установки, вантажних пристроїв, допоміжних механізмів і систем	12
1.2. Вибір та обґрунтування основних параметрів суднової електроенергетичної системи	14
2. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПОЖЕЖНОГО НАСОСУ	17
2.1. Розрахунок потужності та вибір електродвигуна пожежного насоса ..	17
2.2 Вибір схеми живлення та управління	20
2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та засобів електромагнітної сумісності електроприводу	20
2.4 Інструкція з експлуатації електроприводу пожежного насосу	24
3 РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ	27
3.1 Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна	27
3.2 Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії	32
3.3 Вибір раціональної структури суднової електроенергетичної системи та розробка однолінійної схеми головного та аварійного розподільних щитів ..	35
3.4 Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів, кабелів, які відходять від ГРЩ	38
3.5 Вибір апаратів, приладів, приборів ГРЩ	46
3.6 Вибір системи збудження синхронних генераторів	49
3.7 Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії	53
3.8 Перевірка кабелю одного з найбільш віддалених електроприводів на втрату напруги	54

3.9 Вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління СЕЕС, розробка алгоритмів управління СЕЕС	55
3.10 Загальні відомості о мережі суднового електричного освітлення, суднових сигнально-відмітних вогнях, низьконапругного освітлення	60
4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ	64
4.1 Технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі, інформаційних і управляючих систем.....	64
4.2 Аналіз роботи системи управління електроприводом суднової провізійної кран-балки	67
4.3 Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації та внутрішнього зв'язку	74
4.4 ГМЗСБ і навігація, технічні характеристики та конструкційні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв, та радіозв'язку	79
5. ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	83
5.1 Призначення структур і аналіз Міжнародної Конвенції з охорони людського життя на морі SOLAS-74	83
5.2 Шкідливі і небезпечні виробничі фактори: класифікація за джерелами і властивостями	90
5.3 Забезпечення екологічної безпеки експлуатації СЕУ	94
5.4 Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря	100
ВИСНОВКИ.....	108
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	109
ДОДАТКИ	111

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 – генераторний агрегат,
ГД – головний двигун,
ДАУ – дистанційне автоматизоване управління,
ДГ – дизель – генератор,
ЕЗА – електричні засоби автоматизації,
ЕП – електропривод,
КВП – контрольно-вимірювальні прилади,
КЗ – коротке замикання,
КЗП – комбіновані захисні пристрої,
ККД – коефіцієнт корисної дії,
МВ – машинне відділення,
ПД – привідний двигун,
ПЛК – програмований логічний контролер,
РЩ – розподільний щит,
СД – синхронний двигун,
СГ – синхронний генератор,
СЕЕС – суднова електроенергетична система,
СЕЕУ – суднова електроенергетична установка,
СЕС – суднова електростанція,
СК – система керування,

СП – стерновий привід,

СЕУ – суднова енергетична установка,

ТО – технічне обслуговування,

ЦП – центральний процесор,

ЦПУ – центральний пост управління,

ЩЖБ – щит живлення з берега.

ВСТУП

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

Судна транспортного флоту мають велику кількість різних електрифікованих механізмів, схем енергоустаткування та автоматики, які відрізняються значною різноманітністю систем керування. Сучасні технології дозволяють застосовувати різноманітні технічні засоби збору, перетворення, передачі й відображення інформації, формування, передачі й реалізації керуючих впливів на керовані об'єкти.

Системи керування виконують повністю функції автоматичного регулювання, управління, контролю, захисту, діагностування стану технічних засобів за участю людини - оператора або без його особистої участі.

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

Удосконалення електроустаткування судових електростанцій відбувається у напрямках:

1. Розширення застосування комплексної автоматизації судових електростанцій і систем.
2. Підвищення надійності, гнучкості й економічності електричних установок і станцій шляхом розширення електрифікації суден.
3. Підвищення якості вироблюваної електричної енергії.
4. Удосконалення конструкцій машин, апаратури, приладів шляхом впровадження нових технологій.

Все це дозволить здійснити перехід до більш повного об'єму автоматизації керування судової енергетичної установки судна і до збільшення ступеню безпеки мореплавства.

1 ТЕХНІЧНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА

1.1 Основні дані судна, головної енергетичної установки, вантажних пристроїв, допоміжних механізмів і систем

Fleet Leader – судно типу Ro-Ro, Lo-Lo, MPC було побудоване у 2000 році суднобудівним заводом «Peene-Werft» у Німеччині. В даний час плаває під прапором Ліберії. Судновласник – White Pearls Shipping Co. Ltd., Bahamas, Nassau.

Дане судно багатоцільове, призначене для перевезення різноманітних вантажів в упаковці або окремими місцями (наприклад, металеві конструкції, різне обладнання), а також контейнерів, навалювальних вантажів та колісної техніки. Валовий тоннаж становить 8831 тонн.

Район плавання судна необмежений. В основному судно здійснює діяльність у Атлантичному океані, Середземному морі.

Головний двигун чотиритактний, середньої частоти обертання. Судно має гребний вал та гвинт регулюємого кроку, також має підрулюючий пристрій у носовій частині судна.

Судно побудовано відповідно до Правил Регістру на класі:

CLASS: GL100 A5 E3 with freeboard 0.809 m; G ERS SOLAS-II-2, Reg.19 C2P48

Ro-Ro Ship, Strengthened for Heavy Cargo, Equipped for Carriage of Containers.

GL100 - самохідне судно побудовано за правилами і під наглядом німецького реєстра.

A5 - клас управління судна (A1) без несення ваhti в машинному відділенні і ЦПУ.

Reg. SOLAS - реєстровий номер Солас

Загальна характеристика судна

ІМО № 9220639

Довжина судна – 126.86 м.

Ширина судна – 20 м.

Осадка – 6,7 м.

Валовий тоннаж — 8831 Т,

Дедвейт – 7195 Т,

Максимальна кількість контейнерів – 641 шт.

Рефрижераторні контейнера – 40 шт.

Швидкість у повному вантажу – 14 вуз.

Головний двигун

Виробник – MAN-B&W

Тип – 12V 32/40

Потужність – 5760 кВт

Вантажні крани

Кількість – 2

Виробник – Liebherr Werk-Nenzing GmbH

Тип 1 крану – CBS 4200-150 LITRONIC (150 тонн)

Тип 2 крану – CBS 4200-150 LITRONIC (150 тонн)

Тип приводу – електрогідравлічний

Носовий підрулюючий пристрій:

Виробник – Schottel GmbH & Co.

Потужність- 500 кВт

1.2 Вибір та обґрунтування основних параметрів суднової електроенергетичної системи

До основних параметрів суднової електроенергетичної системи (СЕЕС) відносяться: рід струму, величина напруги та частота. Від правильного вибору цих параметрів залежить надійність роботи всієї СЕЕС.

Для встановлювання вибираємо СЕЕС трифазного змінного струму. Це рішення зумовлене тим, що застосування привідних електродвигунів змінного струму має ряд переваг в порівнянні з постійним струмом.

При виборі величини напруги доводиться враховувати два протилежних фактори: вагу та габарити електрообладнання і безпеку його обслуговування. З точки зору ваги та габаритів доцільно застосовувати підвищену напругу, з точки зору техніки безпеки - понижену. Значення номінальної напруги знаходиться в оберненій залежності від перерізу струмопровідних жил кабелю.

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

На судні, котре розглядається, застосована фідерно-групова система розподілу електроенергії. У цьому випадку безпосередньо до ГРЩ чи АРЩ підключені самостійні лінії живлення (фідери), що підходять до всіх відповідальних струмо-отримувачів і групових РЩ. Групові РЩ здійснюють розподіл електроенергії серед групи однакових або близьких за призначенням споживачів. Фідери призначені для передачі електроенергії між двома будь-якими розподільними щитами 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. Для скорочення витрати кабелю групі РЩ розташовуються як можна ближче до приймачів електроенергії.

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

Всі установки на судні відповідають вимогам Правил Регістру [1, 2]. Кожен апарат обраний з урахуванням роду струму, значень частоти, напруги, і струму навантаження, кількості фаз (полісів). При цьому повинні дотримуватися дві умови:

$$U_{ном} \geq U_{раб};$$

$$I_{ном} \geq I_{раб}.$$

де $U_{ном}$, $I_{ном}$ - номінальні напруга і струм апарату;

$U_{раб}$, $I_{раб}$ - робочі напруга та струм апарату в даній схемі.

На судні яке розглядається змінний трифазний струм напругою 440В та частотою 60Гц.

Параметри генераторів:

Виробник- A.v.K

Тип – 2 x DSG 52 L2-4 + 1 x DSG 62 L2-4 (валогенератор)

Напруга – 440 В

Потужність – 2 x 500 кВА + 1 x 880 кВА

Частота – 60 Гц

Коефіцієнт потужності – 0,8

Параметри аварійного дизель-генератора:

Тип – DSG 52 M1-4

Напруга – 440 В

Потужність – 315 кВА

Частота – 60 Гц

Коефіцієнт потужності – 0,8

Електростанція:

Рід струму – змінний

Напруга силової мережі – 440 В

Напруга мережі освітлення – 220 В

Тип привідних двигунів генераторних агрегатів – допоміжний двигун (2 шт.), головний двигун (1 шт.) + АДГ.

Кількість генераторів – 3 + АДГ.

Судно, яке розглядається, має 2 дизель-генератори, один з яких може бути застосований як резервний, також на судні встановлений валогенератор. Додатково встановлений аварійний дизель-генератор, який у випадку аварії повністю забезпечує живленням найголовніші системи судна. Наразі АДГ може бути застосований як основний ДГ та забезпечувати живленням споживачі ГРЩ та АРЩ (режим «Harbor»). Така комплектація СЕЕС генераторними агрегатами повністю задовольняє живленню різних споживачів судових систем та не допускає перевантаження.

Більш детальніший вибір та обґрунтування основних параметрів СЕС буде розглянуто в розділі 3 дипломної роботи.

2. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДА ПОЖЕЖНОГО / БАЛАСТНОГО НАСОСУ

2.1. Розрахунок потужності та вибір електродвигуна пожежного/баластного насоса

Кожне судно повинно бути обладнане баластними, 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 вказаних правил кожне судно повинне мати на борту не менше встановленої кількості пожежних насосів, виходячи з реєстрового тоннажу судна, а саме:

1) Вантажні судна валовою реєстровою місткістю 1000 брутто тон і більше повинні мати два насоса.

2) Вантажні судна валовою місткістю менше 1000 брутто тон повинні мати два насоси, один з яких, повинен мати незалежний привід.

Баластні, осушувальні насоси можуть вважатися пожежними насосами за умови, що зазвичай вони не використовуються для перекачування забруднених нафтою вод, палива і масел. Діаметр пожежної магістралі вибирається таким чином, щоб вона забезпечувала роботу двох пожежних насосів. Для вантажних суден діаметр магістралі вибирається з умов забезпечення пропускної здатності води, що дорівнює 140 кубічним метрам на годину.

Коли два пожежні/баластні насоси працюють одночасно і подають воду в пожежну магістраль в заданій кількості на один пожежний гідрант, вони повинні забезпечити тиск в інших пожежних гідрантах не нижче наступного:

Вантажні судна валовою реєстровою місткістю 6000 брутто тон і більше повинні отримати 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 повинен перевищувати тиск, при якому неможливо забезпечити ефективне використання пожежного рукава.

Продуктивність пожежних/баластних насосів вибирається таким чином, щоб забезпечити подачу води для пожежогасіння з тиском в пожежній магістралі не нижче, зазначених вище значень. Продуктивність кожного пожежного/баластного насоса, крім аварійного, повинна бути не менше 80% від загальної необхідної подачі води, поділеній на мінімально необхідне число пожежних насосів. Однак продуктивність повинна бути не менше 25 куб / год., при цьому насос повинен забезпечити необхідний тиск води в двох пожежних стволах.

Довжина пожежних рукавів складає не менше 10 метрів і 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].

Пожежні стволи мають 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/баластні насоси призначені для безперервної подачі забортної води в пожежну магістраль. В якості пожежних/баластних насосів використовуються високонапорні відцентрові насоси.

В даному розділі розрахуємо потужність електричного асинхронного двигуна електроприводу пожежного/баластного насоса. Потужність на валу електродвигуна, яка необхідна для обертання центробіжного насосу, визначається роботою, яка витрачається на підняття рідини та розраховується за формулою:

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

де $P_{ДВК}$ – корисна потужність на валу електродвигуна, кВт; $k_{зап} = 1,05 \div 1,15$ – коефіцієнт запасу; $H_{ст}$ – статична складова напору, м; $\sum H_M$ – втрати напору в

трубопроводі і місцевих опорах напору, м; Q – подача, $\text{м}^3/\text{с}$; γ – удільна вага рідини, $\text{Н}/\text{м}^3$; $P_{\text{наг}}$ – тиск нагнітання, $\text{Н}/\text{м}^2$; $\eta_{\text{об}} = 0,94$ – коефіцієнт, враховуючий втрати через нещільності; $\eta_{\text{нас}}$ – ККД насосу.

Пожежний/баластний насос, який розглядається в роботі, має наступні параметри: $\eta_{\text{нас}} = 0,70$; $\eta_{\text{об}} = 0,94$; $Q = 195 \text{ м}^3/\text{ч}$; $P_{\text{наг}} = 600 \cdot 10^3 \text{ Па}$.

Перерахуємо Q в $\text{м}^3/\text{с}$:

$$Q = 195/3600 = 0,0542 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Корисна механічна потужність насоса визначається за формулою

$$N_K = Q \cdot P_{\text{наг}} \cdot 10^{-3} = 0,0542 \cdot 400 \cdot 10^3 = 21,68 \text{ кВт}.$$

Підставимо обрані параметри насосу у формулу (2.1):

$$P_{\text{ДВК}} = \frac{1,05 \cdot 0,0542 \cdot 400 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}}{0,94 \cdot 0,7} = 34,5 \text{ [кВт]}. \quad (2.2)$$

Тип електродвигуна вибирають у залежності від роду струму на судні і типу насоса. Асинхронний електродвигуни з короткозамкненим ротором змінного струму в більшості випадків цілком задовольняють усім вимогам, які пред'являються до електроприводів центробіжних насосів. З урахуванням співвідношення $P_{\text{ЕЛД}} = P_{\text{ДВК}} / \eta_{\text{ДВ}} = 34,5 / 0,935 = 36,9 \approx 37 \text{ кВт}$, де $\eta_{\text{ДВ}}$ – ККД електродвигуна. Вибираємо електродвигун фірми NISHISHIBA [3], 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	$M_{\text{макс.}}/M_n$	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
М3АА 225 SMB	37	1480	68	0,935	0,84	7,4	2,8	3,0	230

2.2 Вибір схеми живлення та управління

Схему живлення та управління обираймо згідно вимог Регістра до даного

типу суднових механізмів [1, 2], параметрів суднової силової мережі живлення та відповідно до знаку автоматизації судна,. Для забезпечення необхідного рівня надійності на судні встановлено два пожежних/баластних насоса, тобто обидва насоси дублюють один одного.

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

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

У відповідності з технічними даними електродвигуна (Табл. 2.1) вибираємо автоматичний вимикач, що підключає електропривод пожежного/баластного насосу до мережі трифазного змінного струму. За даними [7] обираємо автоматичний вимикач фірми АВВ $T_{\max}$ Т1, основні характеристики якого:

Характеристика спрацьовування: С.

Кількість полюсів: 4.

Номінальний струм: 160 А.

Номінальна гранична відключаюча здатність при КЗ: 25 кА.

Максимальна робоча напруга: 690 В ~.

Номінальна частота: 50..60 Гц.

Номінальна включаюча здатність при КЗ: 52,5 кА.

Час відключення: 7,5 мс.

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

Клас обмеження: III.

Ступінь забруднення: 2.

Зносостійкість електрична / механічна: 10000 / 20000n.

Ступінь захисту корпус / затискачі: IP4x / IP2x.

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

Маса одного полюса: 0,4.

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

Розрахований електропривод пожежного/баластного насосу отримує живлення від ГРЩ. Для розрахунку струму кабелю живлення використаємо наступну формулу:

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

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

$$I_K = \frac{37 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 440 \cdot 0,84 \cdot 0,935} = 62 \text{ A}.$$

Згідно розрахованому току вибираємо потрібний кабель MPRX 4x25 мм².

Основні характеристики кабелю [8]:

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

Основні вимоги до суднового електропривода наступні:

- від шин ГРЩ повинні одержувати живлення електроприводи рульового,

якірного пристроїв, пожежних і осушувальних насосів, компресорів і т.д.

– для електроприводів механізмів, робота яких за певних умов може призвести до ушкоджень електроустаткування і загрожувати безпеці людей 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, який може протікати в місці його установки протягом часу, необхідного для спрацювання захисту;

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

Розрахуємо втрату напруги

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

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

$$I_a = I_K \cdot \cos \varphi = 62 \cdot 0,84 = 52 \text{ A} \quad (2.5)$$

Підставив I_a до формули (2.4), маємо:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 52 \cdot 20 \cdot 100}{48 \cdot 25 \cdot 440} = 0,34 \%$$

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 їх роботі, а в деяких випадках – і до аварійних ситуацій. Завади – це електромагнітні величини, джерелами яких можуть бути різні судові 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 процесів. Найбільш сильно завади впливають на електронні елементи і

пристрої електроприводів. У той же час і самі електроприводи можуть бути джерелами таких завад, роблячи шкідливий вплив на інші пристрої і системи і порушуючи тим самим їх нормальне функціонування. З одного боку електроприводи повинні мати завадостійкість, а з іншого боку – не повинні бути джерелами завад. Ці якості відповідають поняттю “електромагнітна сумісність”, тобто здатність електроприводів функціонувати в умовах реальної електромагнітної обстановки, зберігаючи свою працездатність і не створюючи перешкод в роботі інших пристроїв, для цього встановлюють фільтри, які подавляють завади, на лініях силового живлення та інформаційних каналах.

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

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

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

2.4 Інструкція з експлуатації електроприводу пожежного/баластного насосу

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

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

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

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

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

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

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

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

9). Рекомендується уникати використання або зберігання

легкозаймистих речовин біля електроприводу пожежного насосу.

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

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

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

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

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

- перевіряти стан електродвигунів, пускової апаратури, дистанційних та місцевих постів управління, блокувань, засобів захисту та сигналізації;
- з відома вахтового механіка необхідно перевірити електроприводи в дії на холостому ходу і під навантаженням (при можливості), в тому числі роботу систем управління, захисту, блокування, сигналізації і вимикачів безпеки, з усіх посад управління і систем автозапуску резервних механізмів;
- перевіряти справність захисних заземлень;
- виміряти опір ізоляції;
- перевіряти дію системи дистанційного відключення механізмів, що виводяться з роботи з аварійного сигналу «Пожежа в МКО» (паливні та масляні насоси, вентилятори МКО та 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/баластних насосів

необхідно:

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

3. РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

3.1 Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна

Для розрахунку потужності дизель-генераторів в основних режимах роботи судна в дипломній роботі застосовується табличний метод. Одинична потужність дорівнює відношенню потужності двигуна до коефіцієнта потужності. Сумуюча усталена активна, реактивна і повна потужності електродвигуна розраховуються за формулами:

$$P_{\Sigma y} = P_{\partial g} \cdot n, \quad (3.1)$$

$$Q_{\Sigma y} = P_{\Sigma y} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.2)$$

$$S_{\Sigma y} = \sqrt{P_{\Sigma y}^2 + Q_{\Sigma y}^2} \quad (3.3)$$

де n – кількість однойменних споживачів, а $\operatorname{tg} \varphi$ розраховується за заданим значенням $\cos \varphi$.

Коефіцієнт завантаження механізму K_3 визначається на основі аналізу роботи споживачів, суднових приладів і судна в цілому для кожного режиму окремо. Значення коефіцієнта одночасної роботи K_0 залежить від кількості резервних споживачів. Для знаходження значення ККД і коефіцієнта потужності режимів використовують універсальні криві залежностей $\eta = f(K_3)$ та $\cos \varphi = f(K_3)$. На наступному етапі з врахуванням відредагованих значень ККД і коефіцієнта потужності розраховується сумуюча споживана потужність.

(3.4)

$$Q_{\Sigma \text{сп}} = P_{\Sigma \text{сп}} \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (3.5)$$

$$S_{\Sigma \text{сп}} = \sqrt{P_{\Sigma \text{сп}}^2 + Q_{\Sigma \text{сп}}^2} \quad (3.6)$$

Аналогічним чином заповнюються всі строки таблиці навантажень (Додаток Б) для всіх режимів роботи судна, які розглядаються в дипломній роботі. При заповненні таблиці навантажень застосовані наступні умовні позначки графіків роботи приймачів електроенергії в даному експлуатаційному режимі:

БП – приймачі, що працюють безупинно (сумарний час яких становить

17-24 ч/добу);

ПП – приймачі, що працюють періодично (сумарний час роботи яких становить 3,5-17 ч/добу) (приймаються до уваги при розрахунках максимуму навантажень);

ЕП – приймачі, що працюють епізодично (сумарний час роботи яких становить до 3,5 ч/добу) (не приймаються до уваги при розрахунках максимуму навантажень);

Графік роботи приймачів прийнятий за умови ймовірної потреби включення механізмів і пристроїв у відповідному режимі. Розрахунок всіх режимів зроблений для умов експлуатації судна при максимальному завантаженні системи вентиляції й кондиціювання повітря. За “Аварійний режим” (робота АДГ) прийнятий режим роботи судна при виході з ладу основної електростанції. Для приймачів, у яких відсутні паспортні дані, величини ККД і $\cos \varphi$, прийняті середньостатистичні дані для електродвигунів відповідної потужності й частоти обертання.

Внизу таблиці навантажень для кожного режиму роботи судна наведені дані щодо сумарного реактивного та повного навантаження всіх споживачів. Спочатку розраховується сумарне навантаження БП споживачів та сумарне навантаження ПП споживачів, далі – всі навантаження з врахуванням коефіцієнта періодичності.

Потужності суднових дизель-генераторів вибирають залежно від середньозваженого коефіцієнта потужності, який визначається як відношення сумарної активної і повної потужностей. Відповідно до [9], в тому випадку, якщо $\cos \varphi \geq 0,8$, генератори вибирають по активній потужності, інакше – по повній. Для судна, яке розглядається в даній дипломній роботі, значення середньозваженого коефіцієнта потужності наступні.

У ходовому режимі

$$\cos \varphi_{cp} = \frac{P_{сн}}{S_{сн}} = \frac{667}{746} = 0,89; \quad (3.7)$$

у маневровому режимі:

$$\cos \varphi_{cp} = \frac{P_{CH}}{S_{CH}} = \frac{1058}{1182} = 0,9; \quad (3.8)$$

у режимі стоянки:

$$\cos \varphi_{cp} = \frac{P_{CH}}{S_{CH}} = \frac{570}{663} = 0,86; \quad (3.9)$$

в аварійному режимі (Emergency operation mode):

$$\cos \varphi_{cp} = \frac{P_{CH}}{S_{CH}} = \frac{85}{97} = 0,88 \quad (3.10)$$

Таким чином, генератори будуть вибиратися по активній потужності.

Основні критерії при виборі дизель-генераторів [9]:

- число типорозмірів генераторів мінімальне;
- при роботі одного дизель-генератора тривале навантаження не перевищує 90% номінальної потужності;
- потужність резервного генератора повинна забезпечувати нормальну роботу в ходовому режимі, аварійному, стоянці й маневровому режимі при швартовних операціях;
- потужність аварійного дизель-генератора повинна забезпечувати споживачів аварійного режиму при виході з ладу ГРЩ;

Враховуючи вимоги Регістра [1, 2] до вибору генераторів та дані таблиці навантажень (Додаток Б), вибираємо:

- два основних дизель-генератора фірми AvK Deutschland GmbH & Co. KG, Dreieich типу DSG 52 L2-4 потужністю 500 кВА, напругою 450 В, частотою 60 Гц;
- один валовий генератор фірми AvK Deutschland GmbH & Co. KG, Dreieich типу DSG 62 L2-4 потужністю 880 кВА, напругою 450 В, частотою 60 Гц;
- один аварійний дизель-генератор фірми AvK Deutschland GmbH & Co. KG, Dreieich типу DSG 52 M1-4 потужністю 315 кВА, напругою 450 В, частотою 60 Гц [10].

Результати розрахунків кількості генераторів в різних режимах роботи СЕЕС наведені у табл. 3.1, основні параметри обраних дизель-генераторів та

валогенератора наведені у табл. 3.2.

Таблиця 3.1 – Кількість генераторів в різних режимах роботи СЕЕС

Режим роботи СЕС	Активна споживана потужність	Кількість генераторів
Ходовий	667	2 головних ДГ
Маневровий	1058	2 головних ДГ та один ВГ
Стоянковий	570	2 головних ДГ
Аварійний (Emergency operation mode)	85	1 (аварійний) АДГ

Таблиця 3.2 – Паспортні дані головних дизель-генераторів виробника AvK Deutschland GmbH & Co. KG, Dreieich

Клас ізоляції	F
Тип збудження	Самозбуджуючийся, безщітковий
Тип	DSG 52 L2-4
Потужність	500 кВА
Номінальний cosφ	0,8
Кількість фаз	3
Напруга	~ 450 В
Струм	642 А
Частота	60 Гц
Кількість полюсів	8
Кількість оборотів	1800 об/хв
Охолодження	Повітряне
Система збудження	ТАУО

Таблиця 3.3 – Паспортні дані головних валогенератора виробника AvK Deutschland GmbH & Co. KG, Dreieich

Клас ізоляції	F
Тип збудження	Самозбуджуючийся, безщітковий
Тип	DSG 62 L2-4
Потужність	880 кВА
Номінальний $\cos\varphi$	0,8
Кількість фаз	3
Напруга	~ 450 В
Струм	1129 А
Частота	60 Гц
Кількість полюсів	8
Кількість оборотів	1800 об/хв
Охолодження	Повітряне
Система збудження	TAYO

Таблиця 3.4 – Паспортні дані АДГ виробника AvK Deutschland GmbH & Co. KG, Dreieich

Тип	DSG 52 M1-4
Напруга	~ 450 В
Струм	404 А
Потужність	315 кВА
Частота	60 Гц
Частота обертання	1800 об/хв.
Коефіцієнт потужності	0,8
Кількість фаз	3
Система збудження	TAYO

3.2 Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії

Акумуляторні батареї, які використовуються на вантажних і промислових суднах (зокрема суднах типу RO-RO), є невід'ємною частиною живлення суднових засобів зв'язку, аварійних систем та систем пуску двигунів внутрішнього згорання. Для цих цілей використовують кислотні та лужні акумулятори.

Кислотний акумулятор має свинцеві пластини, електролітом служить водний розчин сірчаної кислоти. Щільність електроліту зазвичай коливається від 1,28 в зарядженому стані і до 1,18 в розрядженому стані. Напруга одного елемента кислотного акумулятора в кінці зарядки може становити 2,5 В ÷ 2,7 В. При розрядки акумулятора на навантаження, спочатку напруга знижується до 2 В, потім тривалий час залишається на цьому рівні. Розрядка акумулятора нижче 1,8 В на елемент батареї, а 21,6 В на батарею неприпустима.

Застосовуються лужні акумулятори декількох типів: залізонікелеві, кадмієво-нікелеві, срібно-цинкові і т.п. Електролітом служить водний розчин їдкого натрію або їдкого калію. В процесі роботи акумулятора щільність електроліту не змінюється і становить близько 1,17 ÷ 1,21. Напруга одного елемента батареї в кінці зарядки становить 1,7 В ÷ 1,8 В (34 В ÷ 36 В на батарею). Після зарядки напруга швидко знижується до 1,4 В на елемент, а при включенні на навантаження номінальна напруга одного елемента становить 1,2 В (24 В на батарею). Розрядка акумулятора нижче 1,05 В на елемент (21 В на батарею) неприпустима.

Для електростартерного пуску суднових допоміжних двигунів та двигунів рятівних шлюпок, а також для пуску АДГ застосовуються кислотні акумулятори. На судні повинно бути не менше двох батарей для пуску всіх двигунів. При цьому необхідно передбачити постійну систему комутації для можливості використання кожної з батарей для пуску будь-якого двигуна з групи, яка обслуговується даною батареєю. Акумуляторні батареї повинні знаходитись в приміщенні, де розташовані двигуни, тільки в окремих коробах чи шухлядах, які знаходяться на

протилежній стороні від карбюратору чи паливо впорскуючої апаратури. Для зарядки акумуляторних батарей передбачений зарядний пристрій.

Стартерний пристрій для пуску АДГ обладнаний власною акумуляторною батареєю та зарядним пристроєм. Батарея розташовується в приміщенні АДГ або спеціальному приміщенні – акумуляторній.

Кожна стартерна батарея розраховується на розрядний струм в стартовому режимі, що відповідає максимальному струму найбільш потужного стартового двигуна. Їмність кожної батареї повинна забезпечувати не менше шести пусків двигуна в підготовленому до пуску стані, а для двох двигунів і більше – не менше трьох пусків кожного двигуна. При розрахунку ємності батареї необхідно передбачити тривалість кожного пуску не менш, ніж 5 с. Стартерні акумуляторні батареї забезпечують живлення приладів контролю, сигналізації та штатних споживачів електроенергії цих двигунів.

Кожна система зарядки оснащена пристроєм для захисту від розрядки батареї внаслідок зниження або зникнення напруги на виході зарядного пристрою. Для акумуляторних батарей, призначених для стартерного пуску, рекомендується встановлювати роз'єднувачі на початку ланцюга з боку акумуляторів, які відключають батареї від споживача.

Лужні акумулятори мають значну механічну міцність, не бояться тряски та вібрацій, вигідно відрізняються від кислотних меншою вагою при однаковій ємності, незначним саморозрядом. Вони не руйнуються при перезарядці та навіть при повній розрядці, мають більший строк служби. Однак, слід зауважити, що к.к.д та віддача лужних акумуляторів, а також напруга значно нижче кислотних, при цьому вартість лужних акумуляторів в два рази більша вартості кислотних. Лужні акумулятори знайшли широке застосування на морських судах для живлення радіоприймальних пристроїв, систем зв'язку та сигналізації.

Система службового внутрішнього зв'язку повинна забезпечувати переговорний зв'язок рульової рубки з основними службовими приміщеннями і постами. Система зв'язку між ЦПК або місцевим постом керування головними механізмами і рушіями з житловими приміщеннями механіків повинна отримувати

ти живлення від основного джерела електроенергії та від акумуляторної батареї, що вмикається автоматично при зникненні живлення від основного джерела енергії. В таких акумуляторних батареях передбачені пристрої захисту від струмів короткого замикання.

При експлуатації акумуляторів слід дотримуватись наступних вимог:

- категорично забороняється утримувати в одному приміщенні акумулятори різних типів;
- не допускається перезарядка акумуляторів, так як це веде до збільшення газовиділення, зростання температури і виведення з ладу акумулятора;
- не допускається відкритий вогонь в акумуляторній;
- рівень електроліту повинен бути на 1 см вище пластин, допускається використання тільки дистильованої води;
- гайки на сполучних клемах повинні бути затягнуті, металеві частини змащені технічним вазеліном.

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

Акумуляторні батареї, які обрані для досліджуемого судна, наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Суднові акумуляторні батареї

Назва обладнання	Розміщення батареї	Призначення	Тип	Ємність	Кількість
Батарея для засобів автоматики МКВ	МКВ, акумуляторна	Резервне джерело живлення	6-QW-200	24В 200 А·г	1шт.
Батарея для ГМЗЛБ обладнання	Навігаційний місток, акумуляторна	Резервне джерело живлення	6-QW-200	24В 200 А·г	1шт.
Батарея для пуску АДГ	Приміщення АДГ	Пуск АДГ	6-QW-200	24В 200 А·г	1шт.
Панель	Навігаційний	Резервне	MWS 7.2-	24В 7,2	1шт

пожежної сигналізації	місток, панель пожежної сигналізації	джерело живлення	12	А·г	.
Батарея для рятівної шлюпки	В шлюпці	джерело живлення, пуск двигуна	6-QW-90	12В 90 А·г	2шт .
Батарея для пошукової шлюпки	В шлюпці	джерело живлення, пуск двигуна	6-QW-70	12В 70 А·г	2шт .

3.3 Вибір раціональної структури суднової електроенергетичної системи та розробка однолінійної схеми головного та аварійного розподільних щитів

Для установки на судні, що досліджується, вибираємо суднову електроенергетичну систему трифазного змінного струму. Це рішення зумовлене тим, що привідні електродвигуни змінного струму мають ряд переваг зі ставленні з двигунами постійного струму (високу надійність, простоту конструкції, менші маса та габарити). На даному судні планується встановити автономну СЕЕС, що має одну основну і одну аварійну електростанції. В якості основних джерел електричної енергії встановимо два дизель-генераторних агрегати та один валогенератор. Основні і резервні джерела електроенергії плануємо розмістити в машинному відділенні, ГРЩ – в приміщенні ЦПК, аварійний генератор і АРЩ – на головній палубі. Необхідна кількість і потужність генераторних агрегатів визначені в підрозділі 3.1.

Передача електроенергії від ГРЩ до споживачів здійснюється за допомогою електричних мереж. На судні пропонується застосовувати фідерно-групову систему розподілу електроенергії. Найбільш потужні споживачі отримують живлення безпосередньо від головних шин. Найбільш відповідальні споживачі отримують живлення безпосередньо від ГРЩ, а менш відповідальні – від групових розподільних пристроїв, які живляться від ГРЩ.

Для розподілу електроенергії та контролю роботи генераторів на судні встановлені:

- в ЦПК – головний розподільний щит (MSB);
- в приміщенні АДГ – аварійний розподільний щит (ESB).

Від ГРЩ будуть живитись такі споживачі: 1) механізми відповідального призначення; 2) групові щити допоміжних механізмів; 3) щити освітлення.

Від АРЩ живляться: аварійний пожежний насос, рульова машина № 2, велике аварійне освітлення, механізм спуску рятувальної шлюпки, комутатор сигнальних і відмітних вогнів, радіостанція, навігаційне обладнання та інші особливо відповідальні споживачі. Кожна кабельна лінія, що відходить від ГРЩ і АРЩ повинна мати відповідний захист; мережа освітлення та силова мережа повинні бути розділені.

При розробці схеми ГРЩ передбачена комбінація збірних шин, тобто розділення їх на декілька незалежних секцій, кожна з котрих має один чи кілька своїх джерел живлення, що збільшує живучість СЕЕС при пошкодженні ділянки електричного ланцюга. Для з'єднання окремих секцій використовуються автоматичні секційні роз'єднувачі та вимикачі. Застосування вимикачів дозволяє вимикати секцію автоматично, що дозволяє зберігати без переривання живлення паралельну роботу споживачів, які приєднані до пошкодженої секції.

При розробці структурної схеми СЕЕС необхідно виконувати вимогу, щодо розподілу основних і відповідальних споживачів, механізмів та агрегатів між секціями збірних шин таким чином, щоб їх живлення здійснювалось від непошкодженої секції шин при виході із строю однієї секції.

Розробка мереж розподілення електроенергії в СЕЕС проводиться після вибору основних генераторів та аварійного генераторів та розміщення всіх приймачів електричної енергії, які необхідно підключити до електростанції. Перш за все визначаються приймачі електроенергії, які будуть отримувати живлення безпосередньо від ГРЩ.

Схемою ГРЩ передбачається:

- тривала паралельна робота основних генераторів;

- тривала одиночна робота будь-якого основного генератора;
- автоматичне та ручне переведення навантаження с одного генератора на інший;
- автоматична та ручна синхронізація основних генераторів;
- автоматичне відключення невідповідальних споживачів ГРЩ після 8 с при навантаженні 110% від номінальної генеруємої потужності;
- автоматичне відключення невідповідальних споживачів ГРЩ після 1 с при навантаженні 125% від номінальної генеруємої потужності;
- постачання електричної енергії від берегового джерела живлення;
- розподілення електроенергії напругою 440 В та 220 В.

Схемою АРЩ передбачається:

- розподілення електроенергії напругою 440 В та 220 В між особливо відповідальними споживачами відповідно до Правил Регістру [1, 2];
- прийняття електроенергії от ГРЩ по кабельній перекладці;
- автоматичний запуск аварійного дизель-генератора і приймання навантаження при зникненні напруги на ГРЩ впродовж 45 с.

Мережа освітлення відділяється від силової мережі трансформаторами з ціллю підвищення безпеки і поліпшення опору ізоляції силової мережі. С ціллю підвищення надійності СЕЕС в розробляємої схемі передбачається дистанційне відключення паливних насосів, сепараторів, суднової вентиляції. Деякі, найбільше відповідальні споживачі одержують живлення по двох фідерах, що можуть проходити через АРЩ.

Безпосередньо від збірних шин ГРЩ отримують живлення споживачі, які мають значну потужність та найбільш відповідальні споживачі, що забезпечують хід судна та безпеку його плавання, решта споживачів отримують живлення через розподільні щити. Однолінійні схеми ГРЩ та АРЩ наведені у Додатку В.

3.4 Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів, кабелів, які відходять від ГРЩ

Вибір комутаційної і захисної апаратури, а також міцність конструкції окремих елементів здійснюється за значенням величин струмів короткого замикання.

При виконанні розрахунків струмів короткого замикання приймаємо наступні умови:

- розглядаємо трифазне глухе коротке замикання;
- приймаємо, що відстань до точки короткого замикання дорівнює 10 м;
- максимальна величина струму короткого замикання визначається з урахуванням живлення точки короткого замикання підключеним еквівалентним навантаженням;
- опір дуги у точці короткого замикання не враховується;
- враховуються еквівалентні активний і реактивний опір окремих елементів та ділянок кабельної силової мережі;
- опір окремих елементів і ділянок мережі приводяться до відносних базисних одиниць;

За базисну потужність прийнята сумарна потужність генераторів електричних станцій, працюючих у паралель в розглядаємому режимі.

Розрахунок струму короткого замикання виконується по методиці визначення його періодичної складової в залежності від усього опору цепі короткого замикання по кривим затухання періодичної складової струму короткого замикання, які побудовані по середнім параметрам генераторів з самозбудженням [9].

Виходячи з номінального струму генератора, який дорівнює 642 А в якості кабелю з'єднуючого ГРЩ із генератором вибираємо 2 паралельно прокладених кабелі марки MV FHFH/A перетином $3 \times 120 \text{ мм}^2$ [8].

Активний питомий опір кабелю: $r = 0,19 \text{ Ом/км} = 0,19 \cdot 10^{-3} \text{ Ом/м}$;

Реактивний питомий опір кабелю: $x = 0,0003 \text{ Ом/км} = 0,0003 \cdot 10^{-3} \text{ Ом/м}$;

Активний опір кабелю(до міста к.з.): $r_k = 0,19 \cdot 0,01 = 0,0019 \text{ Ом}$.

Реактивний опір кабелю(до міста к.з.): $x_k = 0,0003 \cdot 0,01 = 0,00003 \text{ Ом}$.

Початкові дані для розрахунку:

$S = 1000 \text{ кВА}$ – повна потужність генераторів;

$x''^d = 0,237$ – надперехідний реактивний опір по поздовжній осі

(у відносних одиницях);

$r_a = 1,5\%$ – активний опір обмотки статора генератора

(у відносних одиницях);

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

$r_k = 0,000085 \text{ Ом}$ – активний опір ділянки кабельної мережі;

$x_k = 0,000035 \text{ Ом}$ – реактивний опір ділянки кабельної мережі;

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

$x_{ш} = 0,0004 \text{ Ом}$ – реактивний опір ділянки шини на розподільних пристроях;

$r_{n.k} = 0,00004 \text{ Ом}$ – активний опір перехідних контактів;

$n=2$ – кількість генераторів.

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

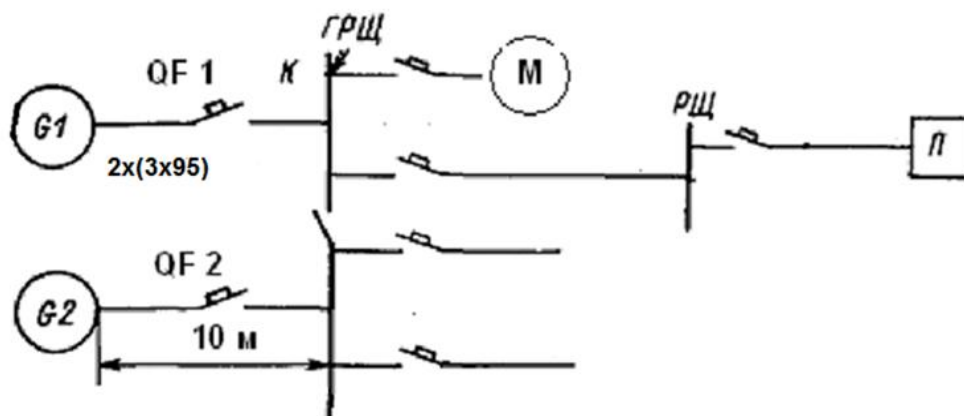


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема для визначення струму КЗ

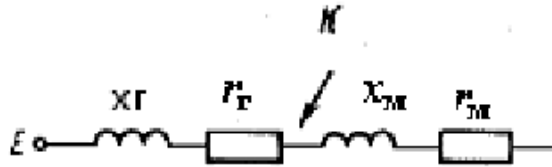


Рисунок 3.2 – Схема заміщення

Базисні величини розрахуємо за наступними формулами.

Розрахуємо базисну потужність:

$$S_{\bar{o}} = 500 \cdot 2 = 1000 \text{ (кВА)};$$

Базисна напруга:

$$U_{\bar{o}} = 450 \text{ В};$$

Базисний струм:

$$I_{\bar{o}} = \frac{S_{\bar{o}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\bar{o}}} = \frac{1000000}{\sqrt{3} \cdot 450} = 1284,5 \text{ (А)}; \quad (3.11)$$

Сумарний реактивний опір

$$X_{\Sigma} = X_K + X_{ш} = 0,000035 + 0,0004 = 0,000435 \text{ (Ом)}; \quad (3.12)$$

Сумарний активний опір

$$R_{\Sigma} = r_K + r_{ш} + r_{н.к} + r_{a.в} = 0,000085 + 0,00006 + 0,00004 + 0,0002$$

$$R_{\Sigma} = 0,000385 \text{ (Ом)}; \quad (3.13)$$

Сумарний реактивний опір у базисних одиницях

$$X_{\bar{o}} = \frac{X_{\Sigma} \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\bar{o}}}{U_{\bar{o}}} = \frac{0,000435 \cdot \sqrt{3} \cdot 1284,5}{450} = 0,0021; \quad (3.14)$$

Сумарний активний опір у базисних одиницях

$$R_{\bar{o}} = \frac{R \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\bar{o}}}{U_{\bar{o}}} = \frac{0,000385 \cdot \sqrt{3} \cdot 1284,5}{450} = 0,0019; \quad (3.15)$$

Приводимо надперехідний реактивний опір генератора по поздовжній осі до базисної величини

$$X_{d1\delta}'' = X_{d2\delta}'' = X_{d3\delta}'' = \frac{X_{d1}'' \cdot S_{\delta}}{S} = \frac{0,237 \cdot 1000}{500} = 0,474; \quad (3.16)$$

$$r_{a1\delta}'' = r_{a2\delta}'' = r_{a3\delta}'' = \frac{r_{a1}'' \cdot S_{\delta}}{S} = \frac{0,015 \cdot 1000}{500} = 0,030; \quad (3.17)$$

Визначимо повний опір кожного променя трипроменевої схеми

$$Z_{1\delta} = r_{a1\delta}'' + jX_{d1\delta}'' + r_{\delta} + jX_{\delta};$$

$$Z_{1\delta} = 0,030 + j0,474 + 0,0019 + j0,0021 = 0,0319 + j0,4761; \quad (3.18)$$

Приведемо двопротеневу схему до однопротеневої, приймаємо ЕДС всіх паралельно працюючих генераторів при розрахунку струмів короткого замикання однаковими. В цьому випадку повний опір дорівнює:

$$Z_{1,2\delta} = \frac{Z_{1\delta} \cdot 1}{2} = 0,0159 + j0,238 \quad (3.19)$$

Визначимо розрахунковий опір

$$Z_{расч} = Z_{1,2\delta} \cdot \frac{P_{\Sigma}}{P_{\delta}} = \sqrt{(r_{1,2\delta})^2 + (X_{1,2\delta})^2} \cdot \frac{P_{\Sigma}}{P_{\delta}}; \quad (3.20)$$

$$Z_{расч} = Z_{1,2\delta} \cdot \frac{S_{\Sigma}}{S_{\delta}} = \sqrt{(0,0159^2 + 0,238^2)} \cdot \frac{1000}{1000} = 0,2385 \text{ (в.о)};$$

Із графіка [9] по кривим затухання $I_{nt} = f(Z_{расч})$ для $Z_{расч} = 0,2385$ знаходимо кратність величини періодичної складової струму короткого замикання для часу $t=0$ сек: $I_{nt=0}'' = 4,1$. Ударний коефіцієнт k_y визначається по графіку [9].

Визначимо відношення

$$\frac{X_{екв.\delta}}{r_{екв.\delta}} = \frac{0,2385}{0,0159} = 15; \quad (3.21)$$

Згідно графіку $k_y = 1,8$.

Ударний струм короткого замикання визначається за формулою

$$i_{p2} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{pt=0} \cdot I_{\sigma} = 1,8 \cdot \sqrt{2} \cdot 4,1 \cdot 1284,5 = 13406 \text{ (A)} ; \quad (3.22)$$

Таким чином ударний струм короткого замикання на відстані точки короткого замикання на фідерах від розподільних пристроїв 10 м при паралельній роботі трьох генераторів складає $i_{p2} = 13,406 \text{ кА}$.

Виберемо генераторні автомати та кабелі, які відходять від ГРЩ. При розробці схеми ГРЩ передбачається комбінування збірних шин, тобто їх розподіл на незалежні секції, кожна з котрих має кілька джерел живлення, що дозволяє збільшити живучість СЕЕС.

Для з'єднання окремих секцій використовуємо секційні роз'єднувачі. При розробці схеми СЕЕС потрібно виконувати вимогу щодо розподілення основних, відповідальних споживачів, механізмів та агрегатів між секціями збірних шин таким чином, щоб при виході зі строю однієї секції живлення ці споживачі отримували живлення від непошкодженої секції шин.

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 секції електромережі входять розподільні і спеціалізовані щити (РЩ) і лінії передачі електроенергії. Групові РЩ (DB) здійснюють розподіл електроенергії серед групи однакових або близьких за призначенням споживачів. За допомогою фідерів здійснюється передача електроенергії між двома будь-якими розподільними щитами чи між розподільним щитом і приймачем або джерелом електроенергії.

Підрулюючий пристрій отримує живлення по фідеру від ГРЩ (MSB). Для передачі електроенергії споживачам застосована трьохпровідна кабельна система з ізолюваною нейтраллю, оскільки вона достатнім чином забезпечує електробезпеку. З'єднання фази з корпусом судна не є коротким замиканням.

При виборі електровимірювальних приладів враховується 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 частотомерів 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 лінійних напружень. Ватметри та частотоміри встановлені на панелі синхронізації.

Генераторні панелі (ГП) призначені для керування та контролю роботи генераторів, на цих панелях встановлені автоматичні трьохполюсні автомати для комутації головного струму. Автомати забезпечені розчеплювачами струму для захисту генераторів від перевантаження; котушкою, що відключає, для дистанційного керування автоматом; реле зворотної потужності. Сигнальні лампи сигналізують щодо положення генераторного автомата, вимірювальні трансформатори струму і напруги забезпечують роботу контрольно-вимірювальних приладів. На панелях установлені кнопки регулювання приводом серводвигуна для керування частотою і навантаженням генераторів, амперметри з перемикачами на три положення для контролю фазних струмів, вольтметри, частотоміри з додатковими пристроями, ватметри для контролю навантаження генераторів, амперметри і вольтметри постійного струму для контролю параметрів збудження, плата з запобіжниками для захисту контрольно-вимірювальної апаратури та апаратури керування. На цих панелях також установлені рукоятки автомата “гасіння поля”.

Панель синхронізації СЕЕС призначена для керування і вмикання на рівнобіжну роботу генераторів або відключення якогось із них. На цій панелі встановлений секційний трьохфазний автоматичний вимикач із захистами аналогічними генераторним; синхроскоп; кнопки керування і лампи синхронізації генераторів; вимірювальний трансформатор напруги для роботи контрольної апаратури; по два вольтметра, частотоміра і ватметра з перемикачами на три положення для контролю параметрів працюючих генераторів та таких, що підключаються на рівнобіжну роботу. Панель ПНПП призначена для живлення підрулюючого пристрою. Встановлено амперметр з перемикачами на три

положення і сигнальні лампи положення автомату.

Всі електровимірювальні прилади витримують великі короткочасні навантаження: один удар десятиразовим струмом протягом 5 с, або десять ударів по 0.5 с. Для контролю опору ізоляції передбачено два сигналізуючих мегометри (для мережі 440 В та 220 В).

Зробимо вибір генераторних автоматів для основних дизель-генераторів. Вихідні дані для розрахунків: кількість генераторів: 2

Данні генераторів:	DSG 52 L2-4
Повна потужність:	$S_{\text{ном}} = 500 \text{ кВА}$
Номінальна напруга:	$U = 450 \text{ В}$
Номінальний струм:	$I = 642 \text{ А}$
Опір статора:	$r = 0,019 \text{ в.о.}$
Надперехідний опір:	$X''_d = 0,237 \text{ в.о.}$

На підставі номінального струму в якості генераторного автоматичного вимикача вибираємо селективний автоматичний вимикач фірми АВВ типу Tmax T7 1SDA060226R1 [7].

Номінальні дані обраного автоматичного вимикача:

Номінальна напруга:	450 В
Номінальний струм:	800 А
Ударний струм:	50 кА
Час замикання:	75 мс

Розрахована величина сумарного ударного струму короткого замикання на шинах ГРЩ дорівнює 13,406 кА, що менше величини ударного струму автоматичного вимикача 50 кА. Тому можливо зробити висновок, що обрані генераторні автоматичні вимикачі відповідають вимогам по динамічній стійкості, так як отриманий розрахунковим шляхом ударний струм короткого замикання менш, ніж ударний струм автоматичного вимикача.

Вибираємо кабелі, які відходять від ГРЩ. Виходячи з номінального струму генератора, який дорівнює 642 А в якості кабелю, який з'єднує ГРЩ із

генератором вибираємо 2 паралельно прокладених кабелю марки LSM-HF з перетином $3 \times 95 \text{ мм}^2$ [8].

Активний перетин кабелю: $r = 0,19 \text{ Ом/км}$.

Реактивний перетин кабелю: $x = 0,0003 \text{ Ом/км}$.

Для кабелів, що з'єднують окремі споживачі з РЩ:

$$I_{\Sigma H} = \frac{P_{\Sigma H} \cdot k_3}{\sqrt{3} \cdot U_{\Sigma H} \cdot \eta_H \cos \varphi}; \quad (3.23)$$

де k_3 - коефіцієнт завантаження споживача.

Розрахунковий струм кабелю розподільного щита, який живить групу споживачів, знаходимо за формулою:

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

$$\Sigma I_a = I_{a1} + I_{a2} + \dots + I_{an} - \text{сумарний активний струм.} \quad (3.25)$$

$$\Sigma I_r = I_{r1} + I_{r2} + \dots + I_{rn} - \text{сумарний реактивний струм.} \quad (3.26)$$

Після визначення перетину кабелю зробимо перевірку його на втрату напруги, при цьому керуємося вимогами Регістру [1, 2], згідно з якими втрата напруги ΔU не повинна перевищувати для силових кабелів – 6 %; для мереж освітлення - 5 %; низьковольтних мереж (36 В) - 10 %.

Для визначення втрати напруги ΔU в трифазній лінії електропостачання користуємося формулою:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} I L (r \cos \varphi + x \sin \varphi)}{U} \cdot 100\%; \quad (3.27)$$

де L – довжина кабелю від генератора до шин ГРЩ. Прийmemo $L = 10 \text{ м} = 0,01 \text{ км}$.

Робимо перевірку на втрату напруги для кабелів що з'єднують генератори с ГРЩ .

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 642 \cdot 0,01 \cdot (0,19 \cdot 0,8 + 0,0003 \cdot 0,6)}{450} \cdot 100 = 0,376\%$$

Отже перетин кабелю обраний правильно відповідно до вимог Регістра [1, 2].

3.5 Вибір апаратів, приладів, приборів ГРЩ

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

Трансформатори напруги вибираємо типу ET3S_G - 500. Основні дані: $S = 500 \text{ VA}$; $U_1 = 450 \text{ V}$; $U_2 = 230 \text{ V}$.

Трансформатори струму вибираємо наступні: CT6/800: $I_H = 800 \text{ A}$; $I_2 = 5 \text{ A}$, клас точності 0,5.

Всі електровимірювальні прилади витримують великі короткочасні навантаження: один удар десятиразовим струмом протягом 5 с, або десять ударів по 0,5 с. Для контролю опору ізоляції передбачено сигналізуючий мегаомметр типу MI733, робоча напруга якого $220 \sqrt{2} = 440 \text{ V}$. Занесемо прилади, встановлені на ГРЩ в таблицю 3.5.

Таблиця 3.5 – Параметри електровимірювальних пристроїв

Найменування приладу	Система приладу	Тип	Клас	Включення приладу
Амперметр	Електромагнітний	V- Aqs96	1.5	ТА 200/5

Амперметр	Електромагнітний	V- Aqs96	1.5	ТА 800/5
-----------	------------------	-------------	-----	----------

Продовження таблиці 3.5

Найменування приладу	Система приладу	Тип	Клас	Включення приладу
Амперметр	Електромагнітний	V- Aqs96	1.5	ТА 1000/5
Вольтметр	Електромагнітний	V- Aqs96	1.5	Безпосереднє
Вольтметр	Електромагнітний	V- Azqs96	1.5	Безпосереднє
Ватметр	Електродинамічний	V- Aqs96	1.5	3 ТА 1000/5
Частотомір	Електродинамічний	V-Fq96c	1.5	Безпосереднє
Ватметр	Електродинамічний	V- Aqs96	1.5	ТА 1500/5
Мегаомметр	Електромагнітний	V-Pqs96	2.5	Безпосереднє
Синхроноскоп	Електродинамічний	SQ0214	1.5	Безпосереднє

3.6 Вибір системи збудження синхронних генераторів

Вибираємо для даних генераторів систему збудження ТАІУО з вмонтованим електронним регулятором напруги [11], функціональна схема якої наведена на рис. 3.3.

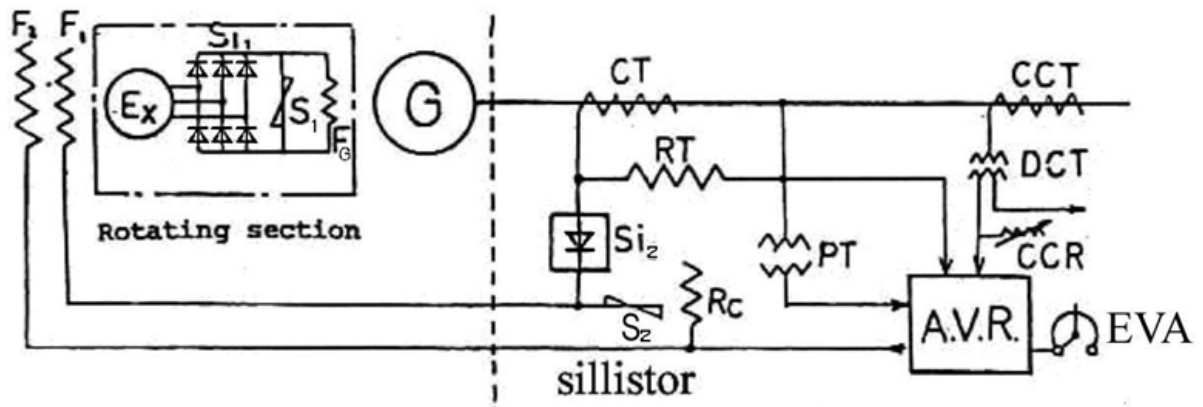


Рисунок 3.3 – Функціональна схема системи збудження

На рисунку 3.3 застосовані наступні позначення [11]:

F1 – основна обмотка збудження; F2 – управляюча обмотка збудження (від АРН); E_x – збудник змінного струму; CT - трансформатор струму; RT - реактор; Si1 – випрямляч, що обертається; Si2 – кремнієвий випрямляч; G – синхронний генератор; S1, S2 – захист від перевантаження; R_c – розрядний опір; PT – силовий трансформатор; CCT – трансформатор струму для компенсації зрівняльного струму; DCT – диференціальний трансформатор струму; CCR – компенсаційний опір реактивного струму; AVR — автоматичний регулятор напруги; EVA — реостат уставки напруги.

•З рисунка 3.3 видно, що вихідний струм якоря із збудником змінного струму, який розташований на валу ротора генератора, призначений для того, щоб збуджувати обмотку збудження F синхронного генератора, через випрямляч, що розташований на кінці валу генератора, що обертається [11]. Збудник змінного струму має два окремі обмотки збудження: F1 і F2. Струм проходить через реактор RT

і трансформатор струму СТ, при цьому він підсумовується і випрямляється. Випрямлений струм тече через першу обмотку збудження F1, яка служить для основного збудження збудника, тоді як струм, що виходить з автоматичного регулятора напруги тече через обмотку управління F2 і призначений для більш точного регулювання.

- Розглянемо принцип дії системи збудження. Статичне збудження системи складається з реактора RT, трансформатора струму СТ, силіконового випрямляча Si, силового трансформатора РТ та тиристорного автоматичного регулятора напруги.

- Вихідний струм якоря із збудником змінного струму, розташованого на валу ротора генератора, служить для збудження обмотки статора F генератора через випрямляч, розташований на роторі генератора, що обертається. Збудник змінного струму має два окремі обмотки збудження: F1 - основну і F2 - обмотку управління [11]. Перша обмотка збудження живиться постійним струмом, який створюється в результаті підсумовування струму, що протікає через реактор, і струму трансформатора так само як і в синхронних генераторах змінного струму, що самозбуджуються. Друга обмотка збудження є управляючою і призначена для стабілізації і точного регулювання напруги генератора за допомогою АРН.

- Реактор і трансформатор струму налаштовані таким чином, щоб забезпечувати струми збудження (i_{F1}, i_{F2}) , порівнюючи їх з необхідними значеннями, а також, щоб підтримувати необхідну напругу на клеммах генератора і компенсувати падіння напруги при зміні струму навантаження. В результаті АРН живить управляючу обмотку F2, забезпечуючи диференціальне управління обмотки збудження. Тому напруга на клеммах генератора залишається стабільною [11].

- Схема АРН (рис. 3.4) складається з наступних ланцюгів: вимірювання відхилення регульованої величини, підсилення цього відхилення, джерела імпульсів. Вони змонтовані на одній друкованій платі, яка знаходиться в окремій коробці разом з вимірjuвальним трансформатором РТ1 і головним тиристором.

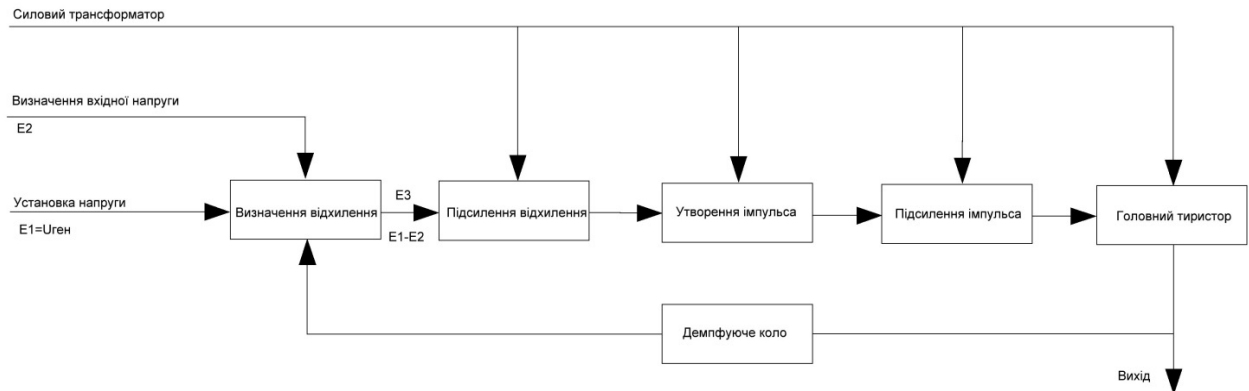


Рисунок 3.4 – Блок-схема АРН

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

- Відношення між EG, E1, E2 і E3 показана на рис. 3.5 [11].

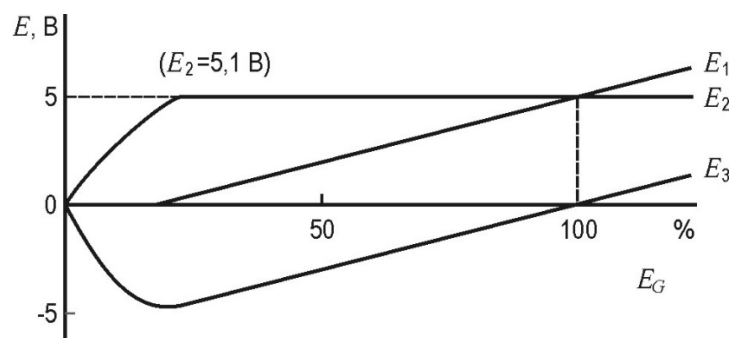


Рисунок 3.5 – Епюри співвідношення напруги

- Основні частини (ланцюг посилення величини відхилення напруги та коливальний контур) складаються з гібрида інтегральних схем (ICs). Сигнал відхилення E_3 , посилений операційним підсилювачем, який знаходиться в ланцюгу посилення відхилення, і сигнал відхилення E'_3 перетворюються в коливальному контурі в одиночний відрегульований у фазовому відношенні імпульс, як показано на рис. 3.6 [11].

- У підсилювальній схемі одиночний імпульс перетворюється в широкий імпульс за допомогою допоміжного тиристора, і цей сигнал подається до управляючого електроду головного тиристора, щоб управляти його кутом відкриття.

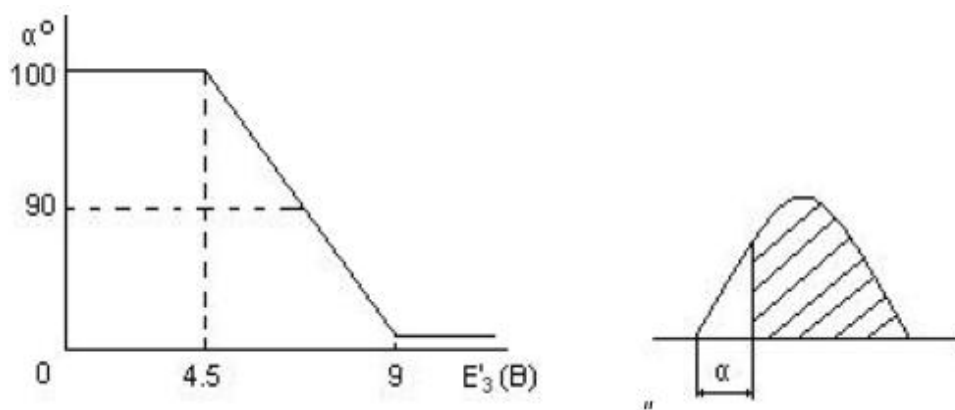


Рисунок 3.6 – Залежність сигналу відхилення E'_3 від кута відкриття тиристора α

- Демпфуючий ланцюг запобігає коливанням напруги. Він реагує на зміну сигналу на виході головного тиристора і працює при різкій зміні навантаження.

- Для забезпечення стабільності паралельної роботи генераторів і рівномірного розподілу реактивної потужності, між ними в ЦПР використовуються диференціальні струмові трансформатори DCT, які складаються з однієї первинної ССТ і двох вторинних обмоток А і В (А і В з'єднані між собою послідовно і обидві зустрічно обмотці ССТ).

DCTs вмикаються тільки при паралельній роботі генераторів, за допомогою АСВ. У цьому випадку, так як вторинні обмотки В1 та В2 з'єднані відповідно, їх струми будуть направлені також відповідно. Струми ж первинних обмоток DCT1 та DCT2 направлені зустрічно, так як їх обмотки з'єднані також зустрічно [11].

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

Характер зміни напруги генератора при пуску потужного асинхронного двигуна можна представити як накладення процесів зниження напруги генератора без регулятора и підвищення напруги генератора під дією регулятора.

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

Розрахунок будемо виконувати для генератору фірми AvK Deutschland GmbH & Co. KG, Dreieich типу DSG 52 L2-4 потужністю 500 кВА, номінальною напругою 450В;

Параметри АД підрулюючого пристрою: $P = 479$ кВт; $U_H = 6600$ В; $I_H = 82,5$ А, кратність пускового струму $K_n = 6$.

Визначимо приведенний реактивний опір двигуна:

$$x_{\partial в} = \frac{S_{H.г}}{K_n \cdot S_{H.д}} \left(\frac{U_{H.д}}{U_{H.г}} \right)^2; \quad (1.6)$$

де $S_{H.г}$, $S_{H.д}$ - номінальна потужність генератора і двигуна згідно.

$$x_{\partial в} = \frac{3 \cdot 500 \cdot 1000}{6 \cdot 479 \cdot 1000} \left(\frac{6600}{3300} \right)^2 = 2,088$$

Для пуску асинхронного двигуна електроприводу підрулюючого пристрою застосовується автотрансформаторний пуск з автотрансформатором 450:3300:6600 В

Максимальний провал напруги при холостому ході станції перед пуском згідно з інформації [12] може бути обчислений за формулою

$$\Delta U_{\max} = 1 - \frac{x_{\partial \epsilon}}{(x_{\partial \epsilon} + x''' d)}; \quad (1.7)$$

$$x''' d = \frac{x'' d + x' d}{2}; \quad (1.8)$$

Таким чином, так як

$$x''' d = \frac{0,237 + 0,155}{2} = 0,196;$$

$$\Delta U_{\max} = 1 - \frac{2,088}{(2,088 + 0,196)} = 0,086;$$

За результатами розрахунків видно, що падіння напруги при пуску асинхронного двигуна підрулючого пристрою буде складати 8.6 %, що є допустимою нормою миттєвого падіння напруги згідно вимог Регістру [1,2].

3.8 Перевірка кабелю одного з найбільш віддалених електроприводів на втрату напруги

Для перевірки кабелю одного з найбільш віддалених електроприводів на втрату напруги, візьмемо швартовну лебідку. Відповідно до вимог Регістру [1, 2], втрата напруги не повинна перевищувати 7%.

Розрахунковий струм розрахуємо за формулою:

$$I_{ar} = \frac{P \cdot 1000}{(\sqrt{3} \cdot U_r) \cdot \cos \varphi} \quad (3.42)$$

де – номінальна потужність електродвигуна приводу;

U_r – номінальна напруга електродвигуна

$$I_{ar} = \frac{26 \cdot 1000}{(\sqrt{3} \cdot 450) \cdot 0,87} = \frac{26000}{677} = 38,4 \text{ A}$$

Виберемо кабель, MPRXCX 4x(3x50) мм², який живить швартовну

лебідку через розподільчий щит [8]. Опір даних кабелів відповідно: активний $r = 0,17$ Ом/км; реактивний $x = 0,078$ Ом/км. Довжину кабелю приймемо рівною 100 метрам.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \frac{r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi}{U_H} \cdot 100\% \quad (3.43)$$

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 38,4 \cdot 0,1 \cdot \frac{0,17 \cdot 0,87 + 0,078 \cdot 0,76}{450} \cdot 100 = 0,306 \%$$

Отже перевірений розрахунками кабель, який живить електропривод швартової лебідки відповідає нормам Регістру.

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

Для автоматизації сучасних СЕЕС застовуються приладі дистанційного управління, при цьому використовують спеціальний комплекс апаратури. Засоби автоматизації забезпечують виконання найбільш характерних для будь-якої суднової електростанції операцій, наприклад таких, як пуск и зупинка ГА за командою оператора, синхронізація генераторів и включення їх на паралельну роботу, пропорційне розподілення потужності між паралельно працюючими ГА, стабілізація напруги і частоти обертання ГА, вмикання та відмикання резервних ГА при значній зміні навантаження та параметрів СЕЕС и т.д. [9, 13, 14]. В додатку Г наведена структурна схема сучасної автоматизованої СЕЕС, вимірювальні перетворювачі струму виконані в цифровому вигляді і встановлені поодинці на генераторі. Всі операції по перетворенню сигналів виконуються центральним процесором (ЦП). На вхід ЦП подаються тільки напруга всіх окремих силових контурів електростанції, струми генераторів, частоти генераторів і частоти обертання первинних двигунів. З виходу ЦП сигнали йдуть на управляючи термінали електроустаткування: виконавчі пристрої автоматичних

вимикачів, органи зміни уставок регуляторів напруги і частоти, систему автоматичного пуску первинних двигунів.

До складу сучасної суднової автоматизованої електростанції (САЕЕС) можуть входити до 16 дизель-генераторів та один аварійний дизель-генератор, до 2-х вводів живлення з берега і до 8 секційних вимикачів. Програмне забезпечення дозволяє зручно та просто конфігурувати систему відповідно до завдань того чи іншого проекту. Вбудований інструментарій дозволяє використовувати, визначені користувачем додаткові функції. Додаткові панелі оператора розширюють можливості взаємодії з системою. Використання режиму конфігурації електростанції дозволяє швидко реалізувати необхідні алгоритми управління.

Система управління судновою електростанцією – це мікропроцесорні пристрої та контролери, що містять широкий набір функцій, необхідний для вирішення завдань управління. Система забезпечує функції управління, контролю та захисту основних і аварійних дизель-генераторів. Система проводить вимірювання та відображення всіх необхідних параметрів електростанції [13, 14].

Система управління електростанцією підтримує підключення додаткових дисплеїв і панелей оператора, що дозволяє організувати контроль і управління електростанції з будь-якого місця на судні. Берегові та секційні вимикачі можуть бути просто інтегровані до складу суднової електростанції. Всі перемикання відбуваються в автоматичному режимі по одній команді оператора.

Система управління електростанцією складається з апаратної та програмної частин. Програмна частина являє собою алгоритм функціонування САЕЕС. В апаратну частину входять: центральний процесор, контролери (включаючи додаткові модулі - пристрої розширення), вимірювальні і перетворюючі пристрої, що забезпечують вимір і введення в центральний процесор різних фізичних і логічних величин, проміжна комутаційна апаратура.

Система управління судновою електростанцією призначена для автоматичного функціонування в усіх штатних і деяких позаштатних ситуаціях, що виникають в ході нормальної експлуатації судна, і виконує функції, які полягають в наступному:

- автоматична підтримка робочих параметрів суднової електричної мережі (напругу і частоту) в межах діапазону номінальних значень;
- автоматична видача команди на запуск, точна синхронізація і підключення до суднової мережі резервного дизель-генератора при збільшенні навантаження електростанції;
- автоматична видача команди на відключення від мережі і зупинку одного з декількох підключених до мережі генераторів при тривалому недовантаженні СЕЕС;
- автоматичний розподіл активної потужності між паралельно працюючими генераторами;
- автоматичне переведення живлення суднової мережі з берегового на автономне (від основної СЕЕС) і назад з синхронізацією;
- видача команди на запуск і підключення до суднової мережі резервного генератора, по команді з поста місцевого або дистанційного керування. Якщо після підключення запущеного генератора до мережі СЕЕС виявиться недовантаженою, то відключення генераторів від суднової мережі не проводиться аж до подачі команди на зупинку одного з генераторів з поста місцевого або дистанційного керування, тобто реалізується режим підвищеної надійності;
- у разі аварії генератора, підключеного до суднової мережі, автоматична видача команди на відключення його від мережі і зупинку, а також видача команди на запуск і підключення до суднової мережі резервного генератора;
- автоматична видача команди на запуск і підключення до суднової мережі резервного генератора, в разі виходу з ладу (неможливості включення) АВ вже підключеного до суднової мережі генератора;
- заборона підключення генератора до суднової мережі в автоматичному режимі управління в разі виявлення несправності (короткого замикання) шин головного розподільного щита (ГРЩ), а також заборона подачі живлення на підрулюючий пристрій в разі виявлення короткого замикання (КЗ) на його фідерах [13].

Система управління може перебувати в режимі автоматичного і ручного

управління. У режимі ручного управління завдання управління СЕЕС система не видає ніяких дій, що управляють і ігнорує всю інформацію, що надходить до неї. У режимі автоматичного управління система автоматично виконує перераховані вище функції.

Система управління здатна сприймати і аналізувати логічні та аналогові вхідні сигнали. До логічних належать такі сигнали: інформація про стан автоматичних вимикачів. Вважається, що кожен АВ може перебувати в одному з двох нормальних (“включений” або “вимкнений”) або одному з двох аварійних (“не може бути включений” або “не може бути виключений”) станів; інформація про наявність напруги на станції живлення з берега, яку вважають “готовність до прийому живлення з берега”; інформація про стан кожного ДГ. Кожен ДГ може перебувати в режимі автоматичного і ручного управління. У режимі автоматичного управління обробляються наступні стану ДГ: “в резерві” (зупинений, справний і знаходиться в режимі автоматичного управління), “робота на мережу”, “робота на ПУ”, “в запуску”, “в зупинці”, “готовий до підключення”, “аварія”, “несправність”.

У режимі ручного управління інформація про стан ДГ не аналізується. Переклад генератора з режиму автоматичного в режим ручного управління і назад здійснюється з постів місцевого або дистанційного керування [15].

На рис. 3.7 наведений алгоритм виведення САЕЕС зі знеструмленого стану. Знеструмлення САЕЕС оцінюється її системою керування по зникненню напруги на шинах ГРЩ. При знеструмленні судна система керування САЕЕС забезпечує екстрений пуск резервного ДГ. Перший ДГ, що досяг номінальної частоти обертання, одержує команду включення на шини ГРЩ. Якщо він за якимись причинами не включиться на шини ГРЩ, він буде блокований і наступний ДГ одержить аналогічну команду. Пуск декількох резервних ДГ передбачається для запобігання невдалого пуску одного з них в умовах знеструмлення судна і надійного забезпечення швидко зростаючого навантаження після ліквідації знеструмлення [13].

Сигнал на включення АВ резервного ДГ формується при виконанні

наступних умов: відсутнє блокування ДГ (немає аварії і перемикач керування ДГ знаходиться в положенні “Робота”; частота обертання ДГ перевищує її мінімально припустиме значення; немає команди на включення автоматичних вимикачів інших ГА. В цьому випадку можливо підключення на знеструмлені шини ГРЩ тільки одного резервного ДГ. Сигнал на включення його автоматичного вимикача подається протягом визначеного часу (0,5 с), після закінчення якого включення АВГ блокується.

Розглядаєма система автоматизації передбачає автоматичне введення у роботу аварійного дизель-генератора [13]. Для більш зрозумілого пояснення розглядаємого процесу нижче наведена його граф-схема алгоритму (рис. 3.8).

На рисунку 3.8 застосовані наступні позначення:

- S_n – старт програми,
- A1 – вибір режиму “Feedback”,
- A2 – живлення 24 В,
- A3 – ручка перемикача в положення “ручне”,
- A4 – дозвіл на старт,
- A5 – старт АДГ,
- P6 – датчик успішного пуску АДГ,
- P7 – датчик напруги,
- P8 – перевірка напруги на шинах АРЩ,
- A9 – сигнал на замикання генераторного автомата,
- A10 – розблокування генераторного автомата,
- A11 – увімкнення генераторного автомата АДГ,
- A12 – сигнал, що АРЩ живиться від АДГ,
- P13 – перевірка напруги на шинах ГРЩ,
- A14 – вимкнення всіх генераторних автоматів ДГ,
- A15 – сигнал на замикання автомата “Feedback”,
- P16 – перевірка спрацювання автомата “Feedback”,
- A17 – розблокування автомата “Feedback”,
- A18 – сигнал, що ГРЩ живиться від АДГ,

P19 – перевірка навантаження АДГ,

A20 – вимкнення невідповідальних користувачів,

A21 – вимкнення автомата “Feedback”,

S_к – кінець програми.

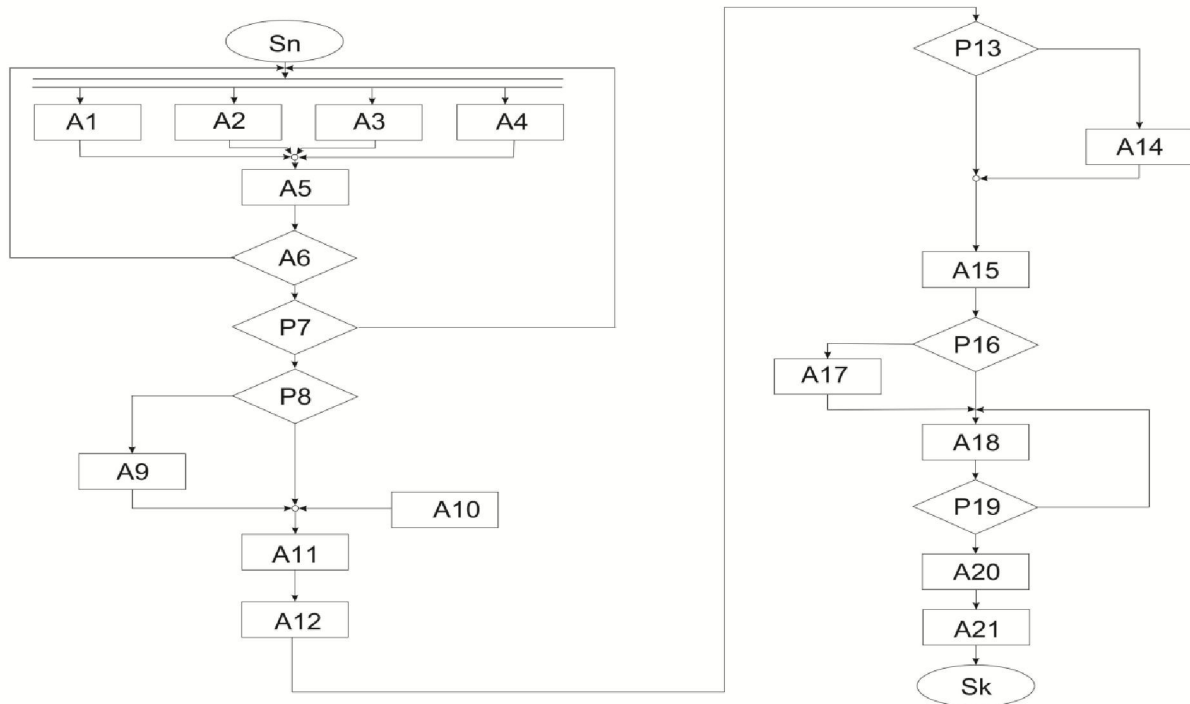


Рисунок 3.8 – Алгоритм запуску аварійного дизель-генератора

3.10 Загальні відомості о мережі суднового електричного освітлення, суднових сигнально-відмітних вогнях, низьконапружного освітлення

Електричне освітлення, яке застосовується на розглядаємому судні, складається з наступних самостійних ланцюгів: основного внутрішнього освітлення напругенням 220 V змінного струму; великого аварійного освітлення напругенням 220 V змінного струму; зовнішнього та трюмного освітлення напругенням 220 V змінного струму; малого аварійного освітлення напругенням 24 V постійного струму; сигнально-розпізнавальні вогні напругенням 220 V перемінного струму.

Мережа основного внутрішнього освітлення призначена для загального та

місцевого освітлення житлових, суспільних та виробничих приміщень та складається з: двох районних щитів з автоматами типу MCLbs 128 N; шістнадцяти групових щитів однофазного струму з автоматами типу MS 325-25; освітлювальної апаратури; з'єднувальних кабелів.

Мережа основного внутрішнього освітлення отримує живлення від секції 220 V ГРЩ. Живлення від ГРЩ подається на районні секції. Світильники ламп основного освітлення отримують живлення від групових щитів, автомати цих щитів забезпечують підключення та захист від КЗ будь-якої групи споживачів. Освітлення суднової канцелярії, кают, каюти-компанії, коридорів житлової частини судна, спортзалу, навігаційної рубки, ЦПК та камбузу виконано світильниками люмінесцентних ламп. У тамбурах сходу, у коридорах систем, у приміщеннях прийому палива, горловинах цистерн та коморі легкозапалювальних рідин встановлені вибухобезпечні світильники BAY51-D, а в акумуляторній - світильники EV-6200U.

У мережі основного освітлення застосовані розподільні коробки типу T-9-4M, вимикачі типу BC, 2BC, T-5M, T-5-4M, штепсельні розетки - P1e, 201e та інші.

Мережа великого аварійного освітлення складається з: шести групових щитів однофазного струму з автоматами типу AC-25; освітлювальної установчої апаратури та з'єднувальних кабелів.

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

Світильники великого аварійного освітлення входять до складу світильників мережі основного освітлення та встановлені: в радіорубці, в навігаційній рубці, в МВ, в ЦПК, в приміщенні АДГ, тобто в тих приміщеннях, де у разі виходу з ладу СЕЕС не повинна уриватися робота та при цьому можливі скупчення людей.

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

Мережа зовнішнього та трюмного освітлення служить для освітлення вантажних палуб, проходів на зовнішніх палубах, трюмів та забортних просторів і складається з: одного районного щита з автоматами MCLbs 128 N; п'яти групових щитів однофазного струму з автоматами типу MS 325-20; MS 325-25; освітлювальної установчої апаратури та з'єднувальних кабелів.

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

Мережа малого аварійного освітлення призначена для мінімального освітлення аварійних виходів, коридорів, тамбурів та деяких суспільних і службових приміщень у разі зникнення напруги в мережі великого аварійного освітлення. Мережа малого аварійного освітлення 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 30 хвилин. Через контактори від АКБ також отримують живлення розподільні коробки, які живлять мережу аварійного освітлення, авральну та пожежну сигналізацію, клинкетні двері.

Мережа сигнально-розпізнавальних вогнів служить для живлення ходових розпізнавальних вогнів і сигнальних вогнів, які забезпечують безпеку 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

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

Доступ будь-якого комп'ютера суднової мережі до пристроїв вводу-виводу або контролерів здійснюється за допомогою OPC – серверу [16, 17].

OPC-сервер – (OLE for Process Control) – набір повсюдно прийнятих специфікацій, що надають універсальному механізму обміну даними в системах контролю і управління. OLE (Object Linking and Embedding) - технологія скріплення і упровадження об'єктів в інші документи і об'єкти. OPC-технологія забезпечує незалежність споживачів від наявності або відсутності драйверів або протоколів, що дозволяє вибирати устаткування і програмне забезпечення, які відповідають реальним потребам. OPC-сервери можуть розташовуватися на декількох комп'ютерах або контролерах, і доступ до будь-якого з них може здійснюватися з будь-якого комп'ютера мережі.

Приклад архітектури описаної системи наведений на рисунку 4.1 Вона є достатньо загальною і широко використовується для автоматизації технологічних процесів. Окремі суднові мережі можуть мати різні протоколи і містити устаткування різних виробників, а також різне фізичне середовище передачі даних - оптоволокно, мідні дроти, радіоефір (через радіо- або GSM -модеми) та інші. OPC-сервер працює тільки з одним або декількома портами вводу-виводу комп'ютера, до кожного з яких підключена одна промислова мережа, тому кількість OPC-серверів в системі менше або дорівнює кількості промислових мереж. Завдяки наявності мережі Ethernet в систему легко можуть бути включені сервери баз даних, комунікаційні сервери, принтери, плоттери, АТС, факси, технологічне устаткування і інші пристрої з Ethernet -інтерфейсом.

Основою програмного забезпечення, яке встановлено на комп'ютерах мережі, є SCADA-пакети – програмні засоби диспетчерського рівня управління і збору даних. У контролерах виконуються завантажувальні модулі програм, які генеруються засобами візуального програмування ПЛК на мовах програмування стандарту MEK 61131-3.

Системи управління з багаторівневою архітектурою звичайно будуються за об'єктним принципом: структура системи вибирається подібній структурі об'єкту автоматизації, а кожна підсистема є локальною, тобто всі зворотні зв'язки замкнуті в межах цієї підсистеми. Кожна локальна підсистема виконує окрему функцію, яка задається логікою функціонування всієї системи. Об'єктний принцип побудови дозволяє спростити проектування багаторівневої системи і забезпечити її структурну (архітектурну) надійність.

Аналіз складних систем управління дозволяє виділити в них декілька однорідних рівнів ієрархії. WAN (Wide Area Network) – глобальна мережа, LAN (Local Area Network) – локальна мережа.

Нижчий (нульовий) рівень включає датчики і виконавчі пристрої (актуатори) [16, 17]: датчики температури, тиск, кінцеві вимикачі, дискретні датчики наявності напруги, вимірювальні трансформатори, реле-пускатчі, контактори, електромагнітні клапани, електроприводи та інші. Датчики і актуатори можуть мати інтерфейси

типа AS -інтерфейс (ASI), 1 - Wire або CAN, HART та інші. В даний час намітилася стійка тенденція до використання інтелектуальних датчиків, які мають цифровий інтерфейс, вбудований мікроконтролер, пам'ять, мережеву адресу і виконують автоматичне калібрування і компенсацію нелінійності статичної характеристики датчика.

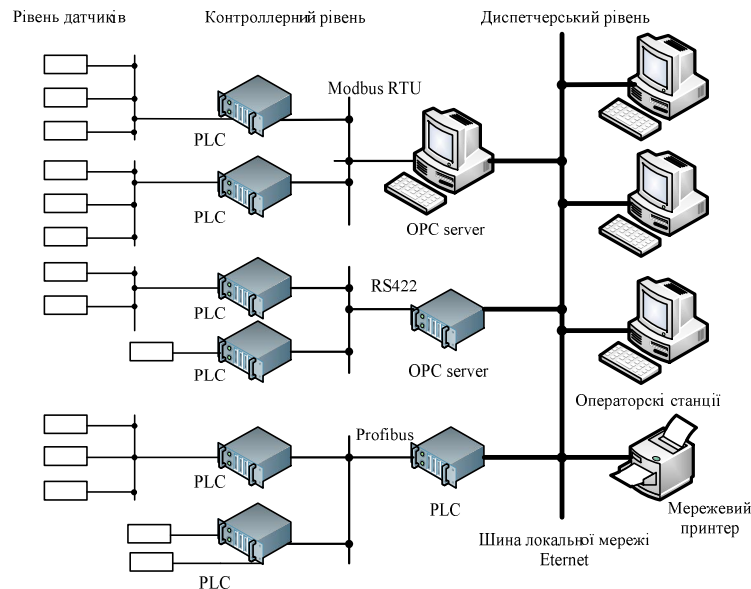


Рисунок 4.1 – Типова сучасна розподілена система автоматизації

Перший рівень складається з програмованих логічних контролерів і модулів аналого-цифрового і дискретного введення-висновку, які обмінюються інформацією по промисловій мережі (Fieldbus) типа Modbus RTU, Modbus TCP, Profibus і ін. Іноді модулі вводу-виводу виділяють в окремий рівень ієрархії.

Другий (диспетчерський) рівень складається з робочих станцій - комп'ютерів з людино-машинним інтерфейсом (ЛМІ, НМІ - Human Machine Interface), найпоширенішими варіантами якого є SCADA пакети. Диспетчер (оператор) здійснює спостереження за ходом технологічного процесу або управління їм за допомогою мнемосхеми на екрані монітора комп'ютера. Диспетчерський комп'ютер виконує також архівацію зібраних даних, записує дії оператора, аналізує сигнали системи технічної діагностики, дані аварійної і технологічної сигналізації, сигнали спрацьовуваних пристроїв протиаварійних захистів, а також виконує

частину алгоритмів управління технологічним процесом. Завдяки об'єднанню диспетчерських комп'ютерів в мережу, спостереження за процесами може бути виконане з будь-якого комп'ютера мережі, але управління, щоб уникнути конфліктів, допускається тільки з одного комп'ютера, або функції управління розділяються між декількома комп'ютерами. Права операторів встановлюються засобами обмеження доступу мережевого серверу. Важливою частиною другого рівня комп'ютерної мережі є також бази даних реального часу, які є сховищами інформації і засобом обміну з третім рівнем ієрархії системи управління [16, 17].

4.2 Аналіз роботи системи управління електроприводом суднової провізійної кран-балки

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

Електропривод з асинхронним короткозамкненим електродвигуном і релейно-контакторним управлінням застосовуються в якості електроприводу кранових механізмів, що не вимагають регулювання швидкості. До таких механізмів відносяться тельфери, кран-балки, механізми підйому і пересування мостових кранів. Прямий пуск двигунів в деяких випадках може призвести до надмірних прискорень і підвищених навантажень на металеві конструкції кранів. Тому в електроприводах таких механізмів застосовуються різні способи обмеження пускового моменту. В даний час все більшого поширення набувають тиристорні пускові пристрої, виконані на основі силової схеми тиристорного перетворювача напруги. Такий пристрій включається в одну фазу електродвигуна і забезпечує плавне наростання напруги (і відповідно моменту) від деякого початкового значення до номінального. Значення початкової напруги і часу розгону регулюється. Застосування однофазного пускового пристрою замість трифазного призводить до деякого збільшення пускових втрат, однак з огляду на невелику кількість пусків механізму цілком допустимо.

Широке поширення набув електропривод з асинхронними

багатошвидкісними короткозамкненими електродвигунами, за допомогою яких можна отримати найбільш простими засобами близькі до бажаних характеристики. Такий електропривод дозволяє забезпечити достатній для багатьох кранових механізмів діапазон регулювання швидкості до 6: 1. Залежно від числа незалежних обмоток з різним числом полюсів і можливості різного з'єднання груп цих обмоток можливе отримання трьох фіксованих швидкостей.

Робота електроприводу при будь-якій швидкості здійснюється на природній характеристиці, що має високу жорсткість і забезпечує автоматичний перехід з рухового в гальмівний режим. Багатошвидкісні асинхронні двигуни відрізняються високою надійністю і мінімальними експлуатаційними витратами, проте мають великі габарити в порівнянні з одношвидкісними двигунами аналогічної потужності. Крім того, при перемиканні з швидкохідної обмотки на тихохідну, виникає великий динамічний момент, який може викликати поломки механізмів. Цей недолік легко усувається схемним рішенням станції управління: короткочасним послідовним включенням обмоток, включенням однієї фази тихохідної обмотки з витримкою часу. Управління може здійснюватися кулачковими і магнітними контролерами. Асинхронні дво- і тришвидкісні електродвигуни застосовуються в електроприводах механізмів підйому суднових кранів і стріл, баштових кранів при потужності до 37 кВт, а також в електроприводі механізмів пересування вантажних візків мостових та баштових кранів при одиничній потужності двигунів до 11 кВт.

Електроприводи з перетворювачами частоти в останні роки знаходять все більшого поширення в крановому електроприводі. Застосування перетворювачів частоти дозволяє розширити діапазон регулювання швидкості, підвищити плавність перехідних процесів, виключити зі схем управління релейно-контакторну апаратуру. Практично у всіх сучасних частотно-регульованих електроприводах розглянутого діапазону потужності і рівня напруги використовується перетворювач частоти з ланкою постійного струму, тобто побудований за схемою випрямляч - інвертор з дворазовим перетворенням електричної енергії. У другому ланці перетворювача в основному

використовується автономний інвертор напруги, виконаний на транзисторах типу IGBT і забезпечує завдяки використанню методу широтно-імпульсної модуляції (ШІМ) з досить високим рівнем частоти комутації транзисторних ключів широкий діапазон регулювання величини і частоти вихідної напруги при високій синусоїдальності кривої струму двигуна.

Сучасні перетворювачі частоти реалізують як скалярні (задаються співвідношення напруги і частоти - U / f на статорі двигуна), так і різні закони векторного управління. При цьому діапазон регулювання вхідної частоти перетворювача в кранових електроприводах від 2 Гц до 100 Гц і відповідний діапазон регулювання швидкості 1:20 в нижній зоні регулювання і 2: 1 –у верхній зоні. Для забезпечення гальмівного режиму при сверхсинхронної швидкості в схемах ПЧ є “гальмівний ключ” підключає до ланки постійного струму резистор для розсіювання енергії гальмування. При великій потужності електроприводу механізму підйому потужність і габарити гальмівного резистора надзвичайно зростають. Так при потужності електродвигуна 75 кВт потужність гальмівного резистора становить не менше 55 кВт. При інтенсивній роботі електропривода втрати енергії дуже великі, що погіршує високі енергетичні характеристики частотного електроприводу. У цьому випадку застосовуються додаткові напівпровідникові пристрої для рекуперації енергії в мережу живлення. Їх недоліком є висока вартість, тому що ціна додаткового пристрою інвертування порівнянна з ціною перетворювача частоти.

К електроприводу кранових механізмів висуваються наступні вимоги.

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

2). Для асинхронних електродвигунів з полюсами, які перемикаються, пусковий момент повинен складати $1,5 \div 2,5$ номінального значення при номінальній напрузі в електромережі, для обмотки з найменшою швидкістю $M_n \geq 1,3M_{НОМ}$.

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

номінальної;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Управління кран-балкою здійснюється двома способами:

1). З підвісного поста управління, який може пересуватися разом з талю, пересуватися уздовж пролітної балки незалежно від талі, закріпленій стаціонарно на пролітної балки.

2). Через бездротовий зв'язок з переносного пульта управління.

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

На рисунку 4.2 застосовані наступні позначення:

S_{II} – початок,

A_1 – попередній огляд,

A_2 – живлення увімкнено (головний вимикач),

P_3 – підйом гаку закінчився?

A_4 – зняти стопори з крана,

A_5 – краном можна управляти за допомогою підвісного перемикача,

A_6 – операція завантаження / розвантаження завершена,

A_7 – підйом гака до верхньої межі робочого положення підйому,

A_8 – провести кріплення траверси крана,

- A_9 – живлення вимкнено,
- A_{10} – технічне обслуговування крана,
- A_{11} – включити перемикач на стопор гака (відключити підвісний перемикач),
- A_{12} – підйом гака до верхньої межі за допомогою кнопки стопора гаків,
- A_{13} – стопор гака не використовуватиметься,
- A_{14} – переключити вимикач на інший пульт,
- A_{15} – опустити підйомний гак більш, ніж на 1 м нижче місця зберігання,
- A_{16} – вимкнути перемикач вибору для стопора гака для включення підвісного вимикача,
- A_{17} – закінчити етап обслуговування крана,
- S_K – кінець роботи.

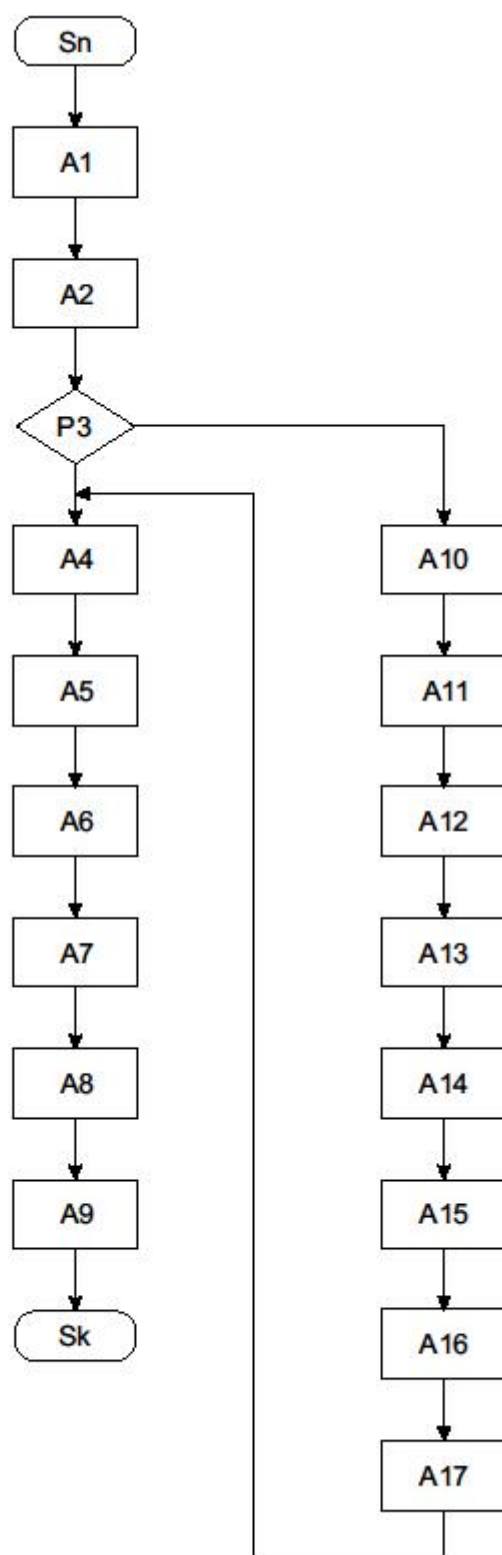


Рисунок 4.2 – Алгоритм роботи системи управління електроприводом провізійної кран-балки

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

Невід'ємною частиною суднового електрообладнання є пристрої управління судном. Так як судно представляє собою велико-габаритну конструкцію, персонал може перебувати у будь-якій частині судна. Для забезпечення безпеки, та надання інформації членам екіпажу, на судні обов'язковою є система сигналізації. Управління судновими механізмами також може здійснюватися з різних частин судна. Для забезпечення ефективної спільної роботи усього персоналу існує внутрішній зв'язок, який візуально надає інформацію про роботу пристрою та необхідність зміни певних параметрів, прийняття дій. До основних пристроїв управління судном можна віднести такі прилади:

Машинні телеграфи - це синхронні прилади передачі кута, які служать для двостороннього зв'язку між командними пунктами і машинним відділенням судна. Особливостями машинного телеграфу є розвинена система сигналізації і з'єднання елементів синхронного зв'язку, які працюють на одну шкалу, в одному приладі. На судах, як правило, встановлюють основний і резервний машинний телеграф. Основний машинний телеграф є автономною установкою синхронних приладів передачі кута, який забезпечує передачу наказів з постів управління судном (рубка, місток) в машинне відділення і передачу з машинного відділення в командні пункти відповідей щодо прийому наказів, а також в спеціальних постах отримуються, як передані накази, так і прийняті відповіді. На командних пунктах встановлені датчики, приймачі встановлені в машинному відділенні. Управління машинним телеграфом можна здійснювати тільки з одного командного пункту. Для передачі наказів з командного пункту в машинне відділення достатньо повернути рукоятку датчика в потрібне фіксоване положення, наприклад "Середній вперед", синхронно на той же кут відхилиться і сельсин-приймач.

Одночасно з цим слідкуюча система включить звукові і світлові прилади. У машинному відділенні, одержавши наказ, передають відповідь по телеграфу на командний пункт. Автоматичне відключення звукових і світлових приладів вказує на те, що наказ прийнятий правильно.

Між рульовою рубкою, центральним і місцевим постами управління головним двигуном, а також між рульовою рубкою і румпельним відділенням передбачається, як правило, не менше двох автономних систем командного зв'язку для забезпечення управління діями екіпажу на місцевих постах з рульової рубки.

Рульові телеграфи застосовуються для передачі команд з рульової рубки в румпельне відділення про необхідні перекладання керма при переході на аварійне управління кермом у разі виходу з ладу основного дистанційного керування, а рульові індикатори - для контролю на всіх постах за перекладанням і положенням керма

При перекладках керма задається кут установки рукоятки і стрілки рульового телеграфу на відповідний розподіл шкали команд, при якому змінюється стан датчика ДК. Від датчика ДК по лінії зв'язку команда передається на приймач ПК, на якому стрілка встановлюється на відповідний розподіл шкали.

Для дистанційного контролю частоти обертання і напряму обертання гребного гвинта в рульовій рубці, в центральному і місцевому постах управління встановлюються електричні тахометри та індикатори напряму обертання гвинта.

Електричні тахометри, які призначені для вимірювання частоти обертання гребних валів судна, виявляють собою автономну систему приладів. На судах зазвичай встановлюються індукційні системи тахометрів постійного та змінного струму. До складу установки тахометрів незалежно від принципу його роботи входять датчик (за допомогою якого безпосередньо вимірюється частота обертання), індикатори частоти обертання і дротяна лінія зв'язку. Найчастіші датчики – це невеликі магнітоелектричні генератори постійного струму і приймачі-передавачі – вольтметри магнітоелектричної системи. Для розглядаємого судна використовувався тахометр фірми YIDA electronic типу RS422 Основні технічні характеристики вказаного тахометра такі:

Діапазон обертів – ± 300 , ± 600 , ± 900

Модельний номер – 45С

Розмір – 110x110 мм

Група індикаторів обертів валу – 2 аналогових індикатора, 2 цифрових індикатора.

Електрична сигналізація на суднах є невід'ємною частиною багатьох суднових систем: енергетичної установки, допоміжних механізмів, загальносуднових систем, систем судноводіння та інших. Сигналізація служить для попередження обслуговуючого персоналу про досягнення граничних значень деяких параметрів. Важко уявити собі на судні пристрій або механізм, що не має світлової або звукової сигналізації, будь то сепаратор або компресор, масляний насос або насос охолодження, основний або аварійний дизель-генератор. Крім того, на судні є самостійні незалежні схеми сигналізації, наприклад, авральна, пожежна та інші. Використання і технічне обслуговування систем суднової електричної сигналізації регламентуються правилами технічної експлуатації суднових технічних засобів.

Сигналізація, в свою чергу, має багато різновидів. Вона залежить від типу сигналу (звукова, голосова, світлова та інші). На судні встановлена система сигналізації фірми SELMA. Дана система призначена для контролю і спостереження суднових двигунів. Вона включає в себе PLC та SCADA, а також датчики моніторингу стану об'єкта.

Судна обладнаються авральною сигналізацією у тому випадку, коли оголошення авралу голосом або гучномовцем не може бути чути одночасно у всіх місцях, де можуть перебувати люди. За допомогою авральної сигналізації забезпечується гарна чутність сигналів у всіх місцях, де можуть перебувати люди; звукові прилади встановлені в наступних місцях: у машинних приміщеннях, у суспільних приміщеннях, у коридорах житлових, службових і суспільних приміщеннях, на відкритих палубах, у виробничих приміщеннях.

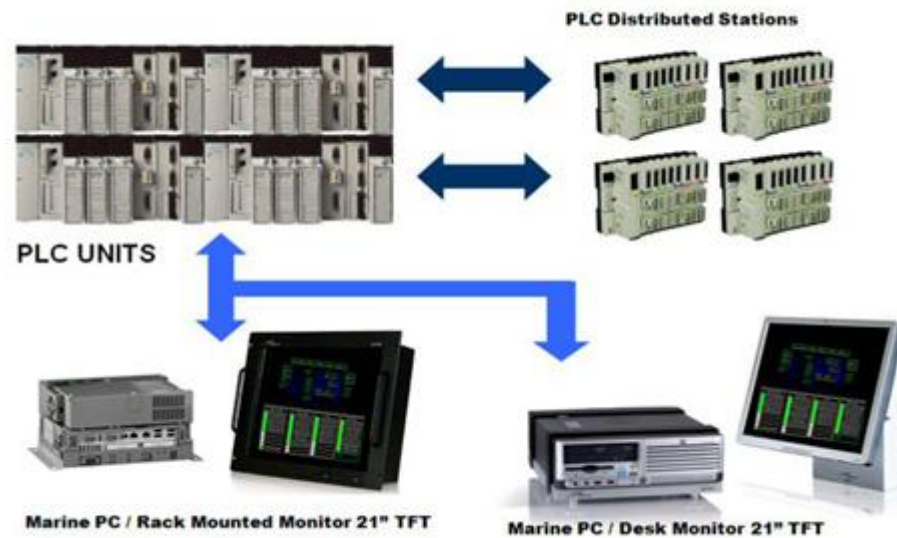


Рисунок 4.3 – Структурна схема сигналізації фірми SELMA

Звукові прилади, які встановлені в приміщеннях з великою інтенсивністю шумів, забезпечуються світловою сигналізацією. Тональність звукових приладів авральної сигналізації повинна відрізнятися від тональності звукових приладів інших видів сигналізації. Система авральної сигналізації живиться від акумуляторної батареї, яка розміщена вище палуби перебирань, тобто поза межами машинного відділення. На судні встановлена авральна сигналізація фірми MPC типу AC-2

У кермовій рубці встановлена станція пожежної сигналізації із мнемосхемою, за допомогою якої швидко визначається місце пожежі. Система пожежної сигналізації для виявлення пожежі містить датчики-сповіщувачі ручної і автоматичної дії.

Автоматичні сповіщувачі встановлюються у всіх житлових і службових приміщеннях, у коморах вибухових, легкозаймистих і горючих матеріалів; на постах керування, приміщеннях для сухих вантажів, у машинному й котельному відділеннях.

Ручні сповіщувачі встановлюються в коридорах житлових, службових і суспільних приміщеннях, у вестибюлях, у машинно-котельних відділеннях, у

виробничих приміщеннях, на відкритих палубах, а також у районі розташування вантажних люків.

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

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

Попереджувальна сигналізація об'ємного пожежогасіння живиться від тієї ж акумуляторної батареї, що й пожежна сигналізація. Система повинна постійно перебувати в дії й перевірятися.

На судні встановлена велика кількість датчиків диму (smoke detector), датчики полум'я (fire detector), та інші датчики, які постійно контролюють усі приміщення суден. На судні встановлені датчики диму PW-507W, та датчики полум'я TA-2988 фірми Ningdo Kingdun. Їх технічні характеристики наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Основні технічні дані пожежних датчиків фірми Ningdo Kingdun

Датчик	Тип	Кількість	Звуковий сигнал	Живлення
Smoke Detector	PW-507W	120	85 db на 10м	12 В ~
Fire Detector	TA-2988	120	90 db на 15м	12 В ~

Аварійно-попереджувальна сигналізація (АПС) призначена для сигналізації стану енергетичної установки, роботи допоміжних механізмів і компонується залежно від типу судна, енергетичної установки, рівня автоматизації і т.д. На автоматизованих судах застосовують узагальнену аварійно-попереджувальну

сигналізацію (УАПС), що подає сигнали не тільки в машинному відділенні й у ЦПУ, але і на зовнішніх об'єктах – на місток, в каюти механіків і інші.

4.4 ГМЗСБ і навігація, технічні характеристики та конструкційні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв, та радіозв'язку

Радіонавігаційна система (РНС) – це радіотехнічний комплекс, який складається з системи берегових або космічних синхронізованих випромінювачів і бортових прийом-індикаторів та споживачів навігаційної інформації. Окрім основної задачі – знаходження місцеположення РНС можуть забезпечувати об'єкти навігаційною інформацією параметрів їх руху, реалізувати функції контролю за фактичним переміщенням судна відносно обраної траєкторії руху. В основу будування всіх сучасних РНС покладено відому властивість радіохвиль – розповсюдження по найкоротшому шляху з кінцевою швидкістю, значення якої вважається відомим відносно даних умов.

ГМЗСБ або GMDSS (англ. Global Maritime Distress and Safety System) - міжнародна система, яка використовує сучасні наземні, супутникові та суднові системи радіозв'язку, розроблена членами Міжнародної Морської Організації (ІМО) і являє собою значне поліпшення способів аварійного зв'язку. Усі судна, що підпадають під дію Міжнародної Конвенції про безпеку життя на морі повинні повністю відповідати вимогам GMDSS.

Наступне радіообладнання обов'язково встановлюється на всіх морських судах:

- УКХ радіостанція з ЦИВ CH70;
- EPIRB-406, що працює на частоті 406 МГц;
- Суднова станція INMARSAT-C з РПУ розширеного групового виклику, системи GPS;
- Радіолокаційний відповідач, який працює на частоті SART-9,0 ГГц;
- Радіостанція для двостороннього зв'язку для рятувальних засобів CH16,13,6.

На судні встановленні такі радіонавігаційні прилади фірми FURUNO:
VHF станція – FM-8900S.

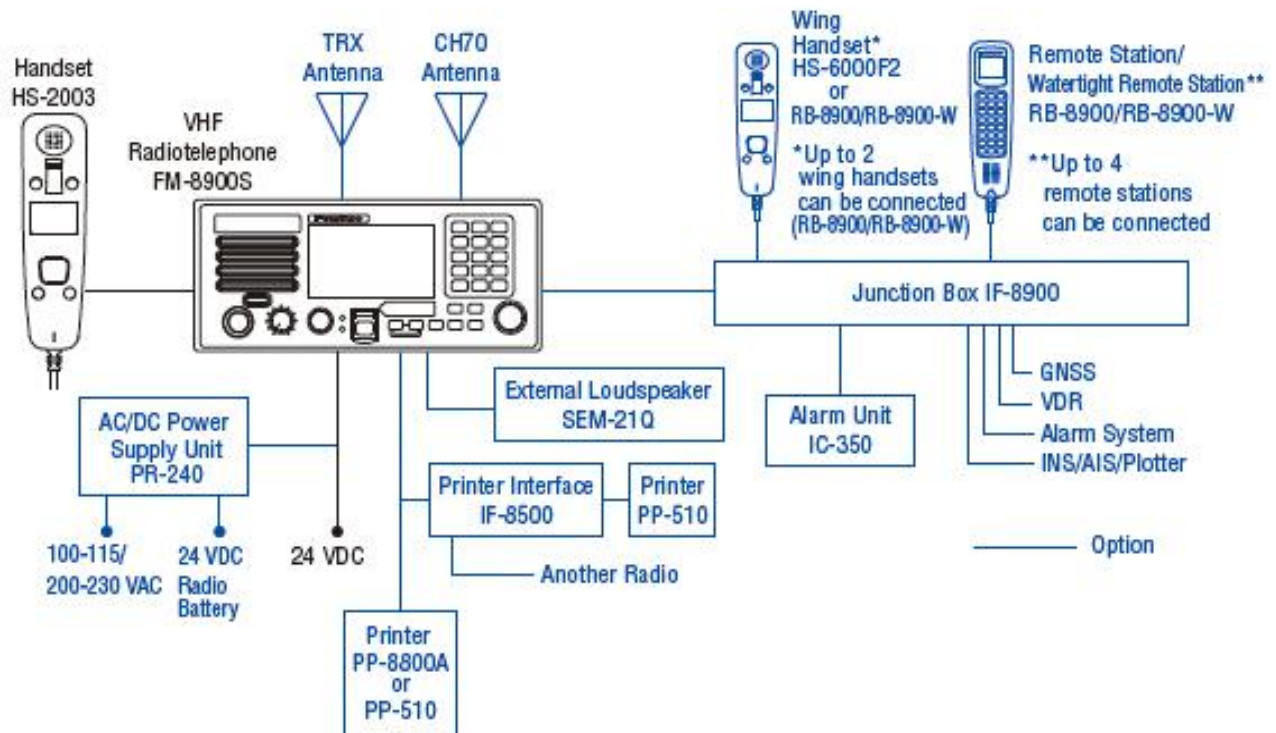


Рисунок 4.4 – Технічні блоки VHF станції

Однією з характерних особливостей розвитку сучасного морського флоту є підвищення швидкості судна, що потребує забезпечення безпеки мореплавання суден. У рішенні цієї задачі важливе місце займає створення гірокомпасів, які могли б при високій швидкості і, відповідно, кращій маневреності суден, видавати справжній курс з високою точністю.

На судні встановлений гірокомпас фірми FURUNO моделі SC-30 з наступними основними технічними характеристиками:

- Точність курсу – $0,5^{\circ}$ rms;
- Гідроізоляція – IP56;
- Живлення – 12-24 В постійної напруги.

Ехолот – це прилад, який необхідний для вимірювання глибини, розпізнання рельєфу дна та визначення наявності риби. Для проведення аналізу підводних просторів ехолоти використовують датчики, які посилають

ультразвукові хвилі за допомогою одного або декількох промінів та приймають віддзеркалені сигнали назад. На основі даних про час проходження цих хвиль і виводяться дані щодо глибини, рельєфу та структури дна, а також наявності різного роду перешкод на шляху промінів, які пізніше ідентифікуються. Основні технічні характеристики ехолота фірми FURUNO встановленого на судні наведені нижче:

Марка – FCV–688;

Частота – 50 та 200 кГц;

Перетворювач – 600 Вт;

Діапазон шкали – 2–1200 м;

Діапазон зсуву – 2–10 м;

Тривалість імпульсу – 0.1 – 0.3 мс, максимально 3000 пульсацій на хвилину.

Лаг – це прилад, необхідний для вимірювання швидкості ходу судна. Принцип роботи сучасних приладів полягає у вимірюванні напору води або гідролокації морського дна. Найбільш розповсюджений лаг представляє собою вертушку, яка крутиться під напором води. Число оборотів вертушки за одиницю часу визначається за допомогою електронного або механічного приладу. Зазвичай вертушка кріпиться на корпусі судна, але на малих судах використовують портативний варіант лагу, в якому вертушка викидається за корму на тросі, а замірювальний механізм знаходиться в руках у матроса.

Радіолокатор (система навігації GPS) необхідний для визначення гідрометеоутворень, небезпечних для проходження, а також для спостереження на екрані електронно-променевого індикатора радіолокаційного зображення місцевості. Локатор також дає можливість визначати координати радіолокаційних орієнтирів і по них визначати місце знаходження.

Радіопеленгатори є радіоприймальними приладами, необхідними для визначення напрямку на передавальну радіостанцію.

GPS – це система, яка дозволяє судну отримати своє місцезнаходження через супутник. Точність сягає від 5 до 20 метрів в залежності від рівня сигналу з'єднання зі супутником. На судні встановлений сучасний пристрій навігації

NavNet 3D Series фірми FURUNO. Пристрій має наступні можливості та характеристики:

- 3D формат карти, програмне середовище для зручного перегляду місцевості морських берегових шляхів. Висока роздільна здатність перегляду фотографій зі супутника, встановлений UHD (Ultra High Definition) радар.
- точність місцезнаходження судна: GPS – 10 м, MSAS – 7 м, WAAS – 3 м;
- карта – MapMedia mm3d chart;
- обсяг пам'яті – до 10000 точок слідувань судна, 2000 точок користувача, 200 планових маршрутів (100 точок на маршруті).
- інтервал стеження маршруту – 15, 30, секунд; 3, 6, 10, 30 хвилин і довше;
- цільове стеження – до 30 цілей;
- живлення – 12/24 В постійної напруги.

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.

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 [18, 19].

Умови контролю також дозволяють Урядам, що домовляються інспектувати суду, 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.

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).

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:

- 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 [19].

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.

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 голо-

суючих в Комітеті з безпеки на морі розширеного складу під час схвалення поправки [19].

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 посилення в цих підпунктах на Комітет з безпеки на морі розширеного складу означає посилення 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.

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

[19].

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 валовій місткості становить не менше 50% світового торгового флоту.

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 [19].

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.

Стаття XII: Здача на зберігання і реєстрація. Ця Конвенція здається на зберігання Генеральному секретарю Організації, який направляє її завірених копій 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 [20, 21].

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.

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 [20, 21].

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.

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. [20, 21].

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 вантажопідйомних 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. [20, 21].

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 [20, 21], 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 Забезпечення екологічної безпеки експлуатації СЕУ

Розвиток суднових енергетичних установок в значній мірі визначається вимогами економічності і екологічної безпеки, які відображені в міжнародних і національних нормативних документах. У числі останніх - конвенції МАРПОЛ 73/78, СОЛАС 74, Федеральний закон про охорону атмосферного повітря [19].

У сформованій практиці процеси використання паливно-енергетичних ресурсів в елементах суднових енергетичних установок як на морському транспорті, так і на судах флоту рибної промисловості супроводжуються значними втратами енергії, а також забрудненням навколишнього середовища.

Введення в дію конвенції МАРПОЛ 73/78 прискорило створення «екологічно чистих» судів і енергоустановок, а також сприяла поява у джерел енергії і суднових систем додаткових функцій щодо зниження шкідливих викидів. Впровадження енергозберігаючих технологій при використанні паливно-енергетичних ресурсів на судах сприяє зниженню шкідливих викидів, а саме їх сумарній кількості, але не вирішує проблему екологічної безпеки.

Екологічна безпека використання паливно-енергетичних ресурсів на судах залежить від ряду факторів. У практиці питання економічності, надійності СЕУ і екологічності виявляються взаємопов'язаними. Зі зниженням надійності і зростанням теплової напруженості СЕУ зростає кількість токсичних газових викидів.

З метою зниження теплонапруженості і підвищення надійності при проектуванні СЕУ з дизельними двигунами збільшують сумарний коефіцієнт надлишку повітря, а це призводить до збільшення втрат з газами і збільшення токсичних сполук.

Для змінних режимів суднових котельних установок (головних і допоміжних) істотне значення на токсичні викиди впливає коефіцієнт надлишку повітря, сорт палива і надійність роботи горілчаного пристрою.

Проведені дослідження показують, що значний вплив на токсичність газових викидів котельних установок надають викиди мазутної золи, які обумовлені застосуванням важких палив з вмістом сірки до 2%, а також наявністю п'ятікисеню ванадію.

При вирішенні питань раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів СЕУ з урахуванням зниження токсичних викидів і теплових втрат важливе значення має нормування витрат палива. Для транспортних суден питомі витрати палива нормуються на перевезення вантажу (на тонно-милю) і залежать від технічного стану корпусу судна і досконалості гвинто-рульової частини судна.

Для рибпромислових і рибообробних суден флоту рибної промисловості структура норм витрати палива має ряд особливостей, які характеризуються не тільки питомими витратами палива на одиницю потужності в різних режимах роботи, а й питомими витратами палива на одиницю виловленої і переробленої продукції [18].

Розробка методики нормування витрат палива на судах з урахуванням енергозберігаючих та екологічних чинників сприяє раціональному використанню паливно-енергетичних ресурсів на морському транспорті. При цьому в методиці нормування витрат палива повинні враховуватися наступні енергозберігаючі та екологічні чинники:

- економія за рахунок зниження втрат палива при його підготовці і горінні;
- економія за рахунок оптимізації режимів роботи судна з урахуванням його специфіки (режимів тралення рибпромислових пудів, ходових і виробничих режимів роботи судна і т.д.);
- за рахунок ефективності пропульсивного комплексу, що враховує особливості роботи гвинта, корпусу і двигуна;
- за рахунок оснащення СЕУ економічними і надійними двигунами, теплообмінниками і системами;

- економія за рахунок збільшення експлуатаційного часу роботи судів на промислі;
- проведення організаційно-технічні заходи щодо підтримання технічного стану СЕУ і судна;
- за рахунок впровадження заходів з підвищення екологічної безпеки (організація контролю токсичних скидів і викидів, застосування технологій з придушення токсичних газових викидів та очисних пристроїв по л'ял'ним і стічним водам);
- за рахунок використання вторинних енергоресурсів (тепло відхідних газів, відпрацьованої пари, охолоджуючої води і т.і.) двигунів, котлів та технологічного обладнання.

Розробка науково обґрунтованих норм витрат палива як для окремих споживають паливо агрегатів так і для судна в цілому дозволить виробити критерії для встановлення потреби в паливі для роботи флоту рибної промисловості і транспортного флоту.

Рентабельність суден значною мірою залежить від надійності СЕУ і експлуатаційних витрат, пов'язаних з витратами на паливо СЕУ і технічне обслуговування. Витрати на паливо залежать від існуючих цін на паливо.

Для встановлення науково-обґрунтованих цін на нафтове паливо використовуються різні підходи. Облік якості палива в ціноутворенні, представлені в роботі, заснований на принципі планування ціноутворення - єдності цін на взаємозамінні види продукції. Такий підхід на основі технічних еквівалентів не характеризує в достатній мірі змін у витратах і матеріалізованої праці, що відбуваються у споживачів при заміні одного палива іншим.

Крім того, в оцінці якості палива при ціноутворенні не враховується екологічний збиток. Розробка методики розрахунку цін з урахуванням екологічного збитку є актуальним завданням. Слід зазначити, що в умовах ринкової економіки ціни на паливо в основному формуються на основі попиту і необхідності реалізації транспортних перевезень. Суднові компанії (судновласники) прагнуть придбати паливо за низькими цінами без урахування його якості по

відношенню до забруднення атмосфери. Екологічні збитки при використанні важких палив на установках, що не мають очисних і нейтралізують пристроїв, становить від 10 до 15% вартості палива [18].

При генеруванні енергії в котлах на рідкому паливі мають місце викиди і теплові втрати з газами, що, хімічний та механічної дії-дожоге. Частина теплоти втрачається в навколишнє середовище. Сума цих втрат на змінних режимах досягає 15-25%. У головних і допоміжних двигунів внутрішнього згоряння значна кількість теплових втрат з охолоджуючим середовищем 15-28% і з відпрацьованими газами 25-42%. Наявність такої кількості втрат обумовлює проблему повернення тепла і незгорілого палива для регенерації та утилізації в СЕУ, в тому числі з метою зниження шкідливих викидів в атмосферу.

Проблемі зниження втрат палива при його підготовці і збільшення повноти його згоряння присвячені багато досліджень. У роботах та ін. Доводиться доцільність спалювання палива при відповідному розпилюванні і сумішістворення а також спалювання водотоп-зливи емульсії (ВТЕ) з вмістом води 8-20% в дизелях і 15-50% в котлах [18].

Дослідження показують, що вода в паливі сприятливо впливає на процес горіння. Існує кілька гіпотез впливу води на процес згоряння («мікрровибухи» і каталітичного впливу на окислення палива). Однак при всіх перевагах спалювання обводненого палива системи приготування ВТЕ не знайшли широкого поширення на морському транспорті. Більшість досліджень, спрямованих на підвищення ефективності систем ВТЕ, проводилися на експериментальних стендах і в основному сприяли поліпшенню окремих пристроїв: дозаторів, змішувачів, диспергаторов, емульгаторів і ін.

Зниження забруднення навколишнього середовища нафтосодержащими відходами паливopідготовки в даний час вирішується шляхом їх вогневого знешкодження. Відповідно до вимог конвенції МАРПОЛ 73/78 спалювання нафтового шламу на транспортних судах повинно проводитися в інсинератор, парових і термомасляних котлах [18].

Досвід використання подібних систем утилізації нафтозалишків у допоміжних котлах та інсинератор сприяє економії паливо-енергетичних ресурсів і поліпшенню екологічної безпеки. Однак складність конструкції і автоматизації, а також низька надійність і експлуатаційна ефективність цих установок знижують широке впровадження їх на морському транспорті.

На думку фахівців технічного управління і суднових механіків АТ «Далекосхідне морське пароплавство», спалювання шламу сепараторів в котлах призводить до значних відкладень зольних сполук на поверхнях нагріву з вогняної боку, а також ванадієвої корозії. Крім цього, має місце додатковий витрата дизельного палива, що досягає 60% обсягу спалюваного суміші. Використання інсинератор для спалювання відходів (промасленим дрантя, шламу і т.д.) ускладнює екологічний контроль газових викидів токсичних сполук.

Підвищення екологічної безпеки суднових енергетичних установок сприяють не тільки заходи і конструктивні рішення на стадії проектування суден і суднових енергетичних установок, а й в процесі експлуатації і технічного обслуговування СЕУ [18].

В процесі роботи СЕУ виникають різні умови роботи паливної апаратури і систем, що забезпечують функціонування енергетичної установки. При цьому для різних типів енергетичних установок повинні застосовуватися специфічні підходи до оцінки екологічної безпеки.

В даний час існують різні підходи до визначення складових «КОМПЛЕКС ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ» суднової енергетичної установки.

Питання оцінки екологічної безпеки СЕУ специфічні і в даний час однозначного рішення не мають. Залежно від типу СЕУ при експлуатації судна мають місце впливу цілком певні кількості шкідливих антропогенних чинників (загазованість атмосфери ІОх, СО, 802, мазутної золи, забруднень вуглеводнями гідросфери, шум, вібрація, електромагнітні поля і СВЧ, теплові забруднення).

Цілком очевидно, що екологічна безпека СЕУ це процес забезпечення захисту навколишнього середовища від шкідливого впливу антропогенних чинників в СЕУ. При цьому мається на увазі і проведення організаційно-технічних заходів

як на стадії будівництва СЕУ, так і в процесі експлуатації з урахуванням встановлення науково-обґрунтованих цін на паливо, методики нормування витрат палива, що передбачає оцінку екологічних збитків [18].

5.4 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 скрапленим 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 [22].

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.

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

5.4.1 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);

$K_7 = 1$ - коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на швидкість утворення первинного хмари (таблиця 2);

$Q_0 = 330$ - кількість розлився 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	$\frac{0}{0,9}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{1}$

Примітка:

1. У таблиці наведені значення K_7 в чисельнику - K_{7I} (для первинного хмари), в знаменнику - K_{7II} (для вторинного хмари).

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

Площа розливу S_p (м²) аміаку дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0 / \rho}{H - 0,2} = \frac{330 / 0,681}{0,3} = 749 \text{ м}^2,$$

де: - обсяг розлився 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:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_{7II}} + \frac{1}{K_m \cdot v_{II}} = \frac{0,3 \cdot 0,681}{0,025 \cdot 1 \cdot 1} + \frac{1}{0,2 \cdot 6} = 21,8 + 0,83 = 22,63 \text{ ч.} = 22 \text{ ч.} 50 \text{ мин.},$$

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);

$K_{7II} = 1$ - 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);

$v_{п} = 6$ - 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										
K_4										

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
Рівнинний, рідкі дерева	0,5	0,6	0,6
Рівнинний, 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 $v_{п}$ переднього фронту хмари зараженого повітря в залежності від швидкості вітру

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

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

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

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);

$K_7^{II} = 1$ - коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинного хмари (таблиця 2).

5.4.3 Визначення глибини і площі зони зараження

Визначення глибини зони зараження первинним (вторинним) хмарою 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 и 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:

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

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_{ϕ} (км²):

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

де: $K_8 = 0,133$ - коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря - ізотермії (п. 3.4. Методики прогнозування наслідків надзвичайних

ситуацій на об'єктах Морського транспорту).

5.4.3 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 (км):

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

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

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,01 + 0,045 = 0,055$ – 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):

$$\Gamma_{0,41} = \lambda \cdot K_{\text{м}} \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,41}} \right)^{\Psi} = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,055}{2,4} \right)^{0,606} = 0,07 \text{ км},$$

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):

$$\Gamma_{0,21} = \lambda \cdot K_{\text{м}} \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,21}} \right)^{\Psi} = 3,73 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,055}{1,2} \right)^{0,606} = 0,12 \text{ км},$$

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 ме не е	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, 60 6	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:

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

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 різних режимів роботи судна та обрано два основних дизель-генератори фірми AvK Deutschland GmbH & Co. KG, Dreieich типу DSG 52 L2-4 потужністю 500 кВА, один вало-генератор фірми AvK Deutschland GmbH & Co. KG, Dreieich типу DSG 52 L2-4 потужністю 500 кВА та один аварійний дизель-генератор фірми AvK Deutschland GmbH & Co. KG, Dreieich типу DSG 52 M1-4 потужністю 315 кВА.

2. Обрані генераторні автоматичні вимикачі фірми АВВ типу Тмах Т7 цілком відповідають вимогам по динамічній стійкості тому, що отримане розрахунковим шляхом значення ударного струму КЗ менше ударного струму автоматичного вимикача.

3. Для найбільш потужного асинхронного двигуна приводу підрулюючого пристрою з потужністю 479 кВт при автотрансформаторному способі пуску розрахований провал напруги генератора. Встановлено, що провал напруги знаходиться в допустимих межах.

4. Проаналізована робота дистанційної автоматизованої системи пуску дизель-генераторного агрегату та розроблений алгоритм його автоматичного пуску.

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 судових технічних засобів і конструкцій. РД 31.21.30 – Санкт-Петербург. 1997. – 336 с.
5. Самонов Ф.А. Автоматизированные электроприводы и системы управления курсом судна. – Одесса: Моряк, 1989. – 39 с.
6. Браславский И.Я., Ишматов З.Ш., Поляков В.Н. Энергосберегающий асинхронный электропривод. – М.: Академия, 2004. – 256 с.
7. Електронний ресурс: <https://elmar.com.ua/oborudovanie-zaschity/avtomaticheskie-vykljuchateli/avtomaty-abb/>
8. Електронний ресурс: https://absel.ua/kabelnaja-produkcija/sudovoi-kabel?gclid=EAIaIQobChMlKPy1x4SV8QIVTOqyCh2b7w-YEAAAYASAAEgLbufD_BwE.
9. Яковлев М.С. Судовые электроэнергетические системы. – Л.: Судостроение, 1987. – 269 с.
10. Електронний ресурс: https://germangenerator.de/?gclid=EAIaIQobChMIy8mWioqV8QIV5UeRBR1wewmdEAAAYASAAEgL4SPD_BwE.
11. Толстов А.А. Устройство и эксплуатация судовых синхронных генераторов. Одесса, ОНМА, 2007. – 150 с.
12. Електронний ресурс: «<http://www.hyundai-elec.com/elec/en/customer>»
13. Баранов А.П. Судовые автоматизированные электроэнергетические системы. М.: Транспорт, 1988. – 328 с.
14. Захарченко В.М. Электрооборудование судов: электрические станции. Одесса, ОНМА, 2003. – 119 с.
15. Електронний ресурс: «<https://dvk-electro.ru/06powerStation>»
16. Шапо В.Ф. «Введение в судовые компьютерные сети». Одесса: ОНМА,

2011. – 77 с.

17. Алексеев Н.А. Микропроцессорные системы контроля и управления судовых технических средств. М.: Транспорт, 2005. – 416 с.

18. Міжнародні нормативні документи (кодекси, конвенції): ОСПС, МКУБ, МАРПОЛ, STCW78/95.

19. Електронний ресурс: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_238#Text

20. Колегаєв М.О. Безпека життєдіяльності і виживання на морі: Навч. посібн. / М.О.Колегаєв, Б.М. Іванов, М.Г. Басанец. – Одеса: Одеськ. нац. морська академія, 2007. – 372 с.

21. Іванов Б.М. Основи охорони праці на морському транспорті: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / Б.М.Іванов, М.О. Колегаєв та інш. – Одеса: КОМПАС, 2003. – 416 с.

22. Методичні вказівки по виконанню розділу дипломних проектів (робіт) «Цивільний захист/оборона» / В. Б. Терновський, С. Н. Стреминовський – Одеса: ОНМА, 2011. – 49 с.