

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки
(заочний відділ)

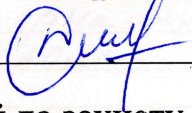
Кафедра електрообладнання і автоматики суден

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

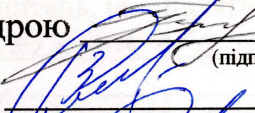
на тему

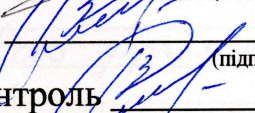
**«Електрообладнання, електронна апаратура та системи
управління балкеру водотоннажністю 22 500 тон»**

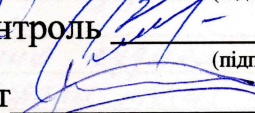
Виконав: студент 5 курсу, спеціалізація
271.03 ЕСЕО і ЗА
(шифр і назва спеціалізації)

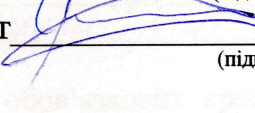
 Кухаренко Д.В.
(підпис, прізвище та ініціали)

допущений до захисту 14.12.2021
(дата малого захисту)

Зав. кафедрою  Гвоздева І.М.
(підпис, прізвище та ініціали)

Керівник  Зеленюк С.О.
(підпис, прізвище та ініціали)

Нормоконтроль  Зеленюк С.О.
(підпис, прізвище та ініціали)

Рецензент  Малавічук Т.П.
(підпис, прізвище та ініціали)

м. Одеса - 2021 року

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Інститут ННІ А та ЕМ Кафедра ЕО і АС

Спеціальність Річковий та морський транспорт

Затверджую

Завкафедрою

У.М. Гвоздева
„ 8 ” 11 2021 р.

ЗАВДАННЯ ПО ДИПЛОМНОЇ РОБОТІ КУРСАНТА

(прізвище, і'мя, по батькові)

1. Тема роботи Електрообладнання, електрона-
паратура та системи управління балкеру
водотоннажністю 22500 тон

затверджена наказом по академії від „ 8 ” 11 2021 р. № 1694

2. Строк здачі курсантом закінченої роботи 16.12.2021

3. Вихідні дані до роботи

Балкер водотоннажністю 22500 тон, електрообладнання
холодильної установки, перелік установлених на судні
електрообладнання, суднова ком'ютерна мережа,
система управління паровим котлом

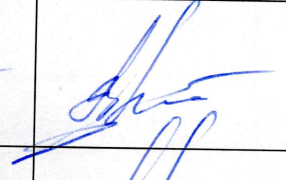
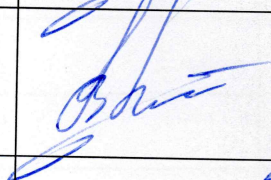
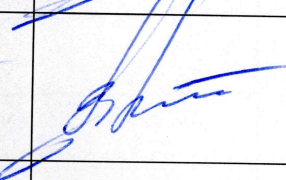
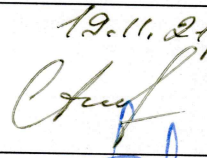
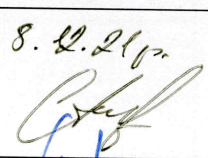
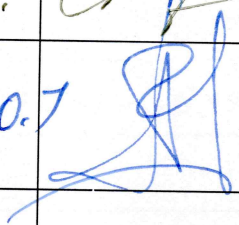
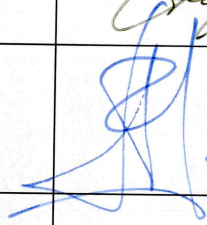
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

Технічно-експлуатаційні характеристики та конструктивні особли-
вості судна
Судновий електроприлад (ЕП) та система його управління
Суднова електроенергетична система
Аналіз системи та пристроїв управління судном
Питання цивільного захисту та охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точними вказівками обов'язкових креслень)

Система управління компресором і насосом охолодження
холодильної установки
Електрична схема ГРУ
Система самозбудження COSIMAT N
Структурна схема системи управління котла та
граф-схема алгоритму.

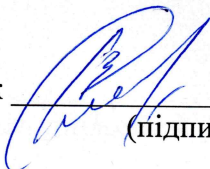
6. Консультанти по роботі, з вказівками розділів роботи, що до них відносяться

Розділ	Консультант	Підпис і дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
О А Е П	Лещинко ВВ		
С А Е Е С	Лещинко ВВ		
Б та Вка олюрі	Розиндоль О.М.	19.11.21р. 	8.12.21р. 
ОЗ та ЧО на судні	Солобогорько О.Г.		 2.12.21

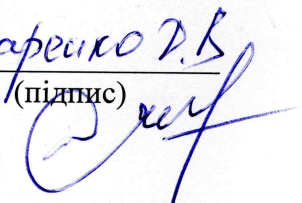
7. Дата видачі завдання

15.11.2021

Керівник


(підпис)

Завдання прийняв до виконання

 Кухаренко Т.В.

 (підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер п-п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Техніко-експлуатаційні характеристики та кон-структивні особливості судна	15.11.21 - 17.11.21	Виконав
2	Судновий електропривод (ЕП) та система його управління	18.11.21 - 22.11.21	Виконав
3	Суднова електроенергетика системи	23.11.21 - 29.11.21	Виконав
4	Аналіз системи та пристроїв управління судном	30.11.21 - 7.12.21	Виконав
5	Питання цивільного захисту та охорони праці	8.12.21 - 15.12.21	Виконав

Курсант-дипломник



Керівник



РЕФЕРАТ

Дипломна робота бакалавра: сторінок - 90, рисунків - 10, таблиць – 16, додатків - 5, креслень - 4, джерел - 26, мова українська

В дипломній роботі наведено загальний опис судна та його рушія. Розглянутий електропривод компресора та насоса холодильної установки, 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, системи управління. Наведені технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем, технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації та внутрішнього зв'язку. Розглянуті питання охорони праці та цивільного захисту.

**СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД; СУДНОВА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ;
ГОЛОВНИЙ ТА АВАРІЙНИЙ РОЗПОДІЛЬНИ ЩИТИ; ІНТЕГРОВАНА
СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ; АВТОМАТИЗАЦІЯ; АЛГОРИТМ
УПРАВЛІННЯ; ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.**

ABSTRACT

Bachelor's degree work: pages - 90, pictures - 10, tables - 16, additions - 5, drawings – 4, sources - 26, language Ukrainian

In bachelor's degree work provides a general description of the vessel and its engine. The electric drive of the electric compressor and pump refrigeration, the circuit of power supply and control of the electric drive is chosen. Considered ship electric power system. Designed a table load characteristic modes of vehicles. Individuals have the main and emergency generator units. There were calculations of short-circuit failure and voltage for selecting and bundling SPS protective equipment. The system distribution. Selected SPS automation, control systems. These characteristics and design features of the ship's computer network and information management systems, specifications and design features of the basic device management vessel monitoring system, alarm and intercom. Questions of safety and protection.

SHIP ELECTRIC DRIVE; SHIP POWER STATION; MAIN AND EMERGENCY DISTRIBUTION BOARDS; INTEGRATED MANAGEMENT; AUTOMATION; FLGORITHM OF MANAGEMENT; LABOR PROTECTION AND CIVIL DEFENSE.

ЗМІСТ

1. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА

- 1.1 Стислий опис корпусу судна та рушія, головної енергетичної установки, вантажного комплексу, допоміжних механізмів і систем
- 1.2 Обґрунтування основних параметрів суднової електроенергетичної системи (СЕЕС) та вибір її типу

2. СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД (ЕП) ТА СИСТЕМА ЙОГО УПРАВЛІННЯ (СУДНОВА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА СИСТЕМА, СЕМС)

- 2.1 Розрахунок потужності та вибір електродвигуна одного з електроприводів суднового механізму (за погодженням із керівником дипломної роботи)
- 2.2 Обґрунтування і вибір схеми живлення та управління електроприводом
- 2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та засобів електромагнітної сумісності електроприводу із СЕЕС
- 2.4 Розробка інструкції з експлуатації суднового електроприводу, який розраховувався

Графічна частина: 1. Принципова схема силової частини електроприводу та його системи управління

3. СУДНОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА (СЕЕС)

- 3.1 Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості, потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів СЕЕС (метод розрахунку за погодженням із керівником дипломної роботи)
- 3.2 Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії
- 3.3 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійних схем головного (ГРЩ) та аварійного (АРЩ) розподільних щитів
- 3.4 Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів
- 3.5 Вибір апаратів, приладів, приборів ГРЩ, та фідерів, що відходять від ГРЩ
- 3.6 Вибір системи збудження синхронних генераторів (СГ)
- 3.7 Розрахунок провалу напруги на шинах СЕЕС під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії
- 3.8 Перевірка кабелю живлення одного з найбільш віддаленого електроприводу на втрату напруги

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

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

Графічна частина: 1. Однолінійна схема ГРЩ і АРЩ. 2 Система збудження СГ. 3. Структурна або функціональна схема АСУ СЕЕС, алгоритм управління, тощо

4. АНАЛІЗ СИСТЕМ І ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ

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

4.2 Аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки (наприклад, ДАУ ГД, ДАУ ДГ, системи управління допоміжними механізмами та загально судновими системами, тощо) (за погодженням із керівником дипломної роботи)

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

4.4 ГМЗСБ і навігація (технічні характеристики та конструктивні особливості електрорадіо-навігаційних пристроїв, та радіозв'язку)

Графічна частина: 1. Принципова або структурна схема системи управління технічним об'єктом, граф-схема алгоритму функціонування

5. ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1 Безпека та виживання на морі.

5.2 Охоронні заходи та цивільна оборона на судні

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АВР- Автоматичне ввімкнення резерву
АДГ – Аварійний дизель генератор
АРН - автоматичний регулятор напруги
АСУ - Автоматизована система управління
АРЩ - Аварійний розподільний щит
ГА - Генераторний агрегат
ГД - Головний двигун
ГРЩ – Головний розподільний щит
ДАУ – Дистанційне автоматичне управління
ДГ – Дизель генератор
ЕП – Електропривод
ККД – Коефіцієнт корисної дії
МВ – Машинне відділення
МТ – Машинний телеграф
РЩ – Розподільний щит
СГ – Синхронний генератор
СЕЕС – Суднова електроенергетична система
СЕМС – Суднова електромеханічна система

ВСТУП

Судна транспортного флоту мають велику кількість різних електрифікованих механізмів, схем енергоустаткування та автоматики, які відрізняються різноманітністю систем керування. Сучасні технології дозволяють застосовувати технічні засоби збору, перетворення, передачі й відображення інформації, формування, передачі й реалізації керуючих впливів на об'єкти управління. Системи керування виконують функції автоматичного регулювання, управління, контролю, захисту, діагностування стану суднових технічних засобів. На сучасних судах кількість споживачів електроенергії суднової електростанції безупинно збільшується, потужності споживачів росте, відповідно ростуть і потужності суднових електричних станцій. Відбувається підвищення рівня суднових електростанцій у напрямках застосування комплексної автоматизації суднових електростанцій і систем, підвищення їх надійності, гнучкості та економічності, підвищення якості вироблюваної електричної енергії.

Останнім часом на морському флоті широке застосування отримали мікропроцесорні системи керування, які майже повністю витіснили релейно-контакторні системи керування, що дозволяє значно підвищити безпеку плавання й надійність роботи механізмів, а також покращити умови праці плавскладу.

1. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА

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

Архітектурно-конструктивний тип судна: однопалубне, з коротким баком і ютом, з надбудовою і МВ в кормі, з легко нахиленим носом в надводній частині і прямим у підводній, з крейсерською кормою.

Розміри судна:

$L_m = 171.2\text{м}; B = 30.6\text{м}; D = 16.2\text{м};$

$DW = 22\,500\text{т}.$

Швидкість судна: у повному вантажі – 16.2 вузлів, у баласті – 17.0 вузлів.

Район плавання: необмежений.

Дальність плавання: 20000 миль.

Кількість контейнерів: на палубі – 820 TEU, у трюмі – 824 TEU, кількість рефрижераторних контейнерів – 110 розеток

Вантажний пристрій:

Крани вантажні: тип – TOWIMOR 40030/5D4RO1, кількість – 3, максимальна вантажопідйомність – 40 тонн.

Кран провізійний: тип – TOWIMOR PB7010/2022AB0101, кількість – 1, максимальна вантажопідйомність – 7 тонн.

Якірний та швартовний пристрій:

Якірно-швартовні лебідки (електричні): TOWIMOR 160kN, 9/17 м/хв., кількість – 2.

Швартовні лебідки (електричні): TOWIMOR 160kN, 14 м/хв., кількість – 4.

Головний двигун: кількість – 1, тип – Зульцер 6RTA 58T, потужність – 12000 кВт, конструкція – крейцкопфна, максимальне число – 104 обертів/хв., вид палива – HFO.

Гвинт: кількість гвинтів – 1 фіксованого шага, кількість лопатей – 4, напрям обертання – правий.

Генераторні агрегати:

Основні генератори: кількість – 3, тип – AVK DSG86 M1-8, потужність – 1130 кВА.

Аварійний генератор: кількість – 1, тип – HFC7 280-4, потужність – 350 кВА.

Електроживлення на борту: 450V, 60Hz.

Пожежні насоси :

Аварійно-пожежний насос – 4 пожежних шланга, 0.4 МПа.

Пожежний насос – 4 пожежних шланга, 0.46 МПа.

Повітряний компресор: модель – CEGIELSKI SF3-125, тиск - 30 kg/cm², продуктивність – 226 m³/h.

Парові котли

Паровий котел: «AALBORG AQ12», тиск 7 bar .

Утилізаційний котел: «AALBORG AV9», тиск 7 bar

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

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

Рід струму вибираємо змінний, тому що в даний час більшість споживачів працюють на змінному струмі. Електроустаткування на змінному струмі більш надійно в роботі і просте в конструкції, а отже й в обслуговуванні. Пускова апаратура значно простіша і більш надійна ніж апаратура постійного струму. Вага і вартість електрообладнання змінного струму також менші. Частота змінного струму в СЕЕС дорівнює 60 Гц.

2. СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД (ЕП) ТА СИСТЕМА ЙОГО УПРАВЛІННЯ (СУДНОВА ЕЛЕКТРОМЕХАНІЧНА СИСТЕМА, СЕМС)

2.1 Розрахунок потужності та вибір електродвигуна одного з електроприводів суднового механізму (за погодженням із керівником дипломної роботи)

2.1.1 Розрахунок потужності та вибір електродвигуна компресора

У даній главі проводиться вибір і перевірка електродвигунів компресора та насоса охолодження.

Розрахунок потужності електродвигуна компресора.

Тип компресора: 4D58.

За прийняті робочі параметри приймаємо:

- температура випаровування фреону $t_0 = -15^{\circ}\text{C}$
- температура конденсації фреону $t_k = +40^{\circ}\text{C}$

Нам необхідно знайти на діаграмі малюнка точки перетину лінії температури випаровування з лінією температури конденсації фреону, що відповідає експлуатаційним параметрам провізійної установки.

Від перетину лінії t_0 і t_k малюємо перпендикулярні лінії на осі діаграми до моменту перетину з лініями заданого компресора і лінією N_e – ефективної електричною потужністю необхідного електричного мотора. Отримуємо, що нам необхідний електричний двигун потужністю $P_{\partial e} = 8$ кВт.

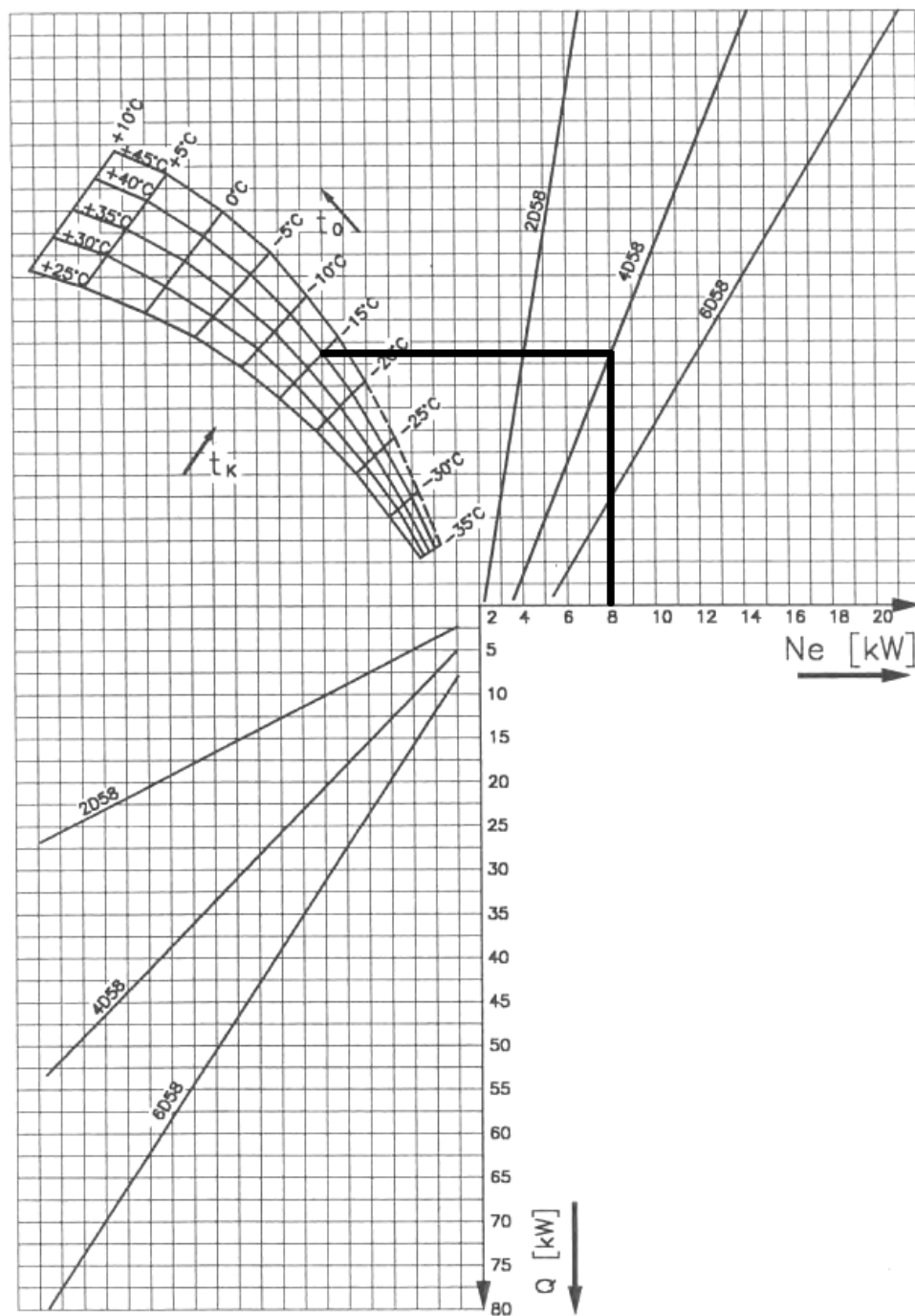


Рис. 2.1 - Діаграма навантажень

де, N_e – ефективна електрична потужність електричного двигуна;

Q – холодопродуктивність компресора;

t_o – температура випаровування фреону в $^{\circ}\text{C}$;

t_k – температура конденсації фреону в $^{\circ}\text{C}$;

Після визначення потужності двигуна визначаю його тип:

Трифазний асинхронний: 4А132500М2;

Потужність двигуна: $P_{\text{дв}} = 8$ кВт;

Частота обертання: $n = 1720$ об/хв.;

Струм статора при $U_n = 440$ В: $I_1 = 12,2$ А;

ККД: $\eta = 0,85$;

Коефіцієнт потужності: $\cos \varphi = 0,8$;

Кратність пускового струму: $I_n / I_n = 6,5$.

2.1.2 Розрахунок потужності та вибір електродвигунів насоса

Дані для розрахунку по вибору електродвигуна насосу:

Подача: $Q = 60 \text{ м}^3 / \text{ч}$; ($0,016 \text{ м}^3 / \text{с}$);

Напір: $H = 3$ м; ($0,03$ мПа);

Удільна маса рідини: $\gamma = 1025 \text{ кг} / \text{м}^3$;

ККД насоса: $\eta_n = 0,8$;

ККД передачі: $\eta_n = 1$;

Частота обертання: $n = 1420$ об/хв.

Потужність двигуна розраховується за формулою [1,2]:

$$N_{\text{дв}} = \frac{\gamma \cdot Q \cdot H}{102 \cdot \eta_i} \quad N_{\text{дв}} = \frac{1025 \cdot 0,016 \cdot 3}{102 \cdot 0,8} = 0,6 \text{ кВт}.$$

Згідно з отримано потужністю виберемо двигун А32-4 та насос типу ЗК-6а;

Потужність електродвигуна: $P_{\text{дв}} = 1$ кВт;

Частота обертання: $n = 1710$ об/хв.;

ККД: $\eta = 0,785$;

Коефіцієнт потужності: $\cos \varphi = 0,79$;

Струм статора: $I = 3,9$ А при напрузі $U = 440$ В.

2.2 Обґрунтування і вибір схеми живлення та управління електроприводом

Принципова електрична схема керування та сигналізації розробляється для роботи установки в автоматичному та ручному режимах.

Для роботи машини потрібен змінний струм напругою 220 В або 440 В. Схема керування використовує напругу 220 В змінного струму незалежно від напруги мережі.

Установка працює автоматично в залежності від температури в камерах, яка підтримується за допомогою термореле 5Т та 6Т типу ТР1. При збільшенні температури в однієї з камер вище допустимої автоматично вмикається соленоїд однієї з цих камер. Піднімається тиск фреону на всмоктуванні компресора, і компресор вмикається.

Якщо температура однієї з камери знизиться до встановленого значення, подача фреону в неї переривається за допомогою одного з соленоїдних клапанів 5У та 6У. Тиск фреону на всмоктуванні компресора падає та компресор зупиняється. Тиск фреону на всмоктуванні компресора контролюється датчиками В1 та 2В1.

В системі є наступні види захисту:

1. Компресор захищений від надмірного збільшення тиску на нагнітанні та від зниження тиску на всмоктуванні за допомогою реле тиску РД-1.

2. Двигуни компресора та насоса захищені від надмірного перегріву за допомогою теплового реле К1.1, 2К1.1, 3К1.1, 4К1.1, вмонтованих в пускачі. При надмірному перегріві установка автоматично вимикається та з'являється сигнал «Аварія».

3. Захист ланцюгів від струмів короткого замикання здійснюється автоматичними вимикачами F1, 2F1, 3F1, 4F1, 5F1, 6F1 на лінії живлення установки та плавкими запобіжниками F2, F3, F4, 2F2, 2F3, 2F4, 3F2, 3F3, 3F4, 4F2, 4F3, 4F4, 5F2, 5F3, 5F4, 6F2, 6F3, 6F4, 7F1, 7F2 на лінії живлення схеми керування.

Перед пуском установки необхідно перевірити схему, надійність з'єднання проводів та контактів. Автоматами F1, 2F1, 3F1, 4F1, 5F1, 6F1 вмикається живлення на установку. Пуск установки здійснюється кулачковими перемикачами S1, 2S1, 5Q1, 6Q1. При встановленні рукоятки кулачковими перемикачами компресора в положення «Ввімкнено» замикаються його контакти S1-1 та S1-2 (2S1-1 та 2S1-2). Якщо тиск фреону знаходиться в робочій зоні, компресор вмикається. Реле К4 шунтує датчик контролю тиску масла В3 (2В3)

Якщо контакти теплових реле компресора і насоса 3K2 (4K2) замкнуті та замкнуті контакти реле тиску і термореле, реле K1 (2K1) вмикається і вимикає підігрівач масла E (2E) компресора.

Перемикачами 5Q1 і 6Q1 встановлюємо режим управління: автоматичний чи ручний. При ручному управлінні перемикачем 5Q1 і 6Q1 ставиться в положення «Ручний» (положення 2) і ,якщо машина справна (контакти усіх захисних реле замкнуті, і реле насоса охолодження компресора 3K2 (4K2) ввімкнено і його контакти також замкнуті), на котушку пускача K1 (2K1) подається напруга незалежно від температури в камерах і компресор вмикається.

При положенні рукояток пакетних перемикачем 5Q1 і 6Q1 «Автоматика» (положення 1) включення компресора здійснюється при замкненні контакту одного з термостату 5T чи 6T, або разом.

Одночасно відкривається соленоїдний вентиль 5Y (6Y) на лінії фреону відповідної камери, котушка якого отримує живлення через контакт перемикачем 5Q1-17 та 5Q1-18 (6Q1-17 та 6Q1-18), термостат 5T (6T) і через замкнутий контакт реле часу розморожування 5K2 (6K2). Піднімається тиск фреону на всмоктуванні компресора (який контролюється датчиками мінімального тиску фреону B1 та 2B1), і компресор вмикається.

Під час роботи холодильної установки горить лампа «Охолодження».

Якщо йде підвищення тиску фреону вище максимально заданого, відбувається перемикання контактів датчика високого тиску фреону B2 (2B2), припиняється подача живлення на реле K4 (2K4). В результаті чого відключається реле K1 (2K1), компресор зупиняється, надходить живлення на реле K2 (2K2) загоряється сигнальна лампа «Високий тиск фреону» і подається сигнал в ЦПУ машинного відділення.

Якщо йде падіння олії в компресорі нижче заданого мінімального значення, то відбувається перемикання датчики контролю тиску масла B3 (2B3), припиняється подача живлення на реле K4 (2K4). В результаті чого відключається реле K1 (2K1), компресор зупиняється, надходить живлення на реле K3 (2K3) загоряється сигнальна лампа «Несправність мастила» і подається сигнал в ЦПУ машинного відділення.

Повторне включення установки після аварійного відключення можливо тільки вручну поворотом рукоятки кулачковим перемикачем компресора S1(2S1) в положення «Відключено», а потім в положення «Включено».

Дзвінок встановлено в ЦПУ машинного відділення, сигнальні лампи розташовані на щиті управління.

Відключення установки здійснюється в наступній послідовності:

1. Рукоятка кулачкових перемикачів S1, 2S1, 5Q1, 6Q1 переводиться в положення «Відключено».
2. Вимикаються автомати F1, 2F1, 3F1, 4F1, 5F1, 6F1 та 7F1.
3. Вимикається QF37 на ГРЩ.

2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та засобів електромагнітної сумісності електроприводу із СЕЕС

2.3.1 Потужність, яку двигун компресора використовує з мережі розраховується за формулою [1,2]:

$$P_i = \frac{D_{\hat{a}\hat{a}}}{\eta} \quad P_i = \frac{8,0}{0,85} = 9,4 \text{ кВт.}$$

Струм навантаження двигуна компресора розраховується за формулою [1,2]:

$$I_i = \frac{D_i \cdot \hat{E}_c \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_i \cdot \cos \varphi} \quad I_i = \frac{9,4 \cdot 0,65 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 440 \cdot 0,8} = 11,6 \text{ А,}$$

де $K_s = 0,65$ - коефіцієнт завантаження електродвигуна.

Згідно зі струмом двигуна, виберу кабель КНРП $3 \times 1,5 \text{ мм}^2$, $l = 10 \text{ м}$. Кабель з резиною ізоляцією жил і зовнішньою оболонкою, зробленою як панцирна металева сплітка. $\Delta U_{\text{дон}} \leq 6\%$ від U_n - допустиме падіння напруги.

Визначу падіння напруги для цього кабелю розраховуємо за формулою [1,2]:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^2 \cdot I_i \cdot l \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S \cdot U_{\text{н}}} \quad \Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^2 \cdot 11,6 \cdot 10 \cdot 0,8}{46 \cdot 1,5 \cdot 440} = 0,6\% \leq \Delta U_{\text{д\ddot{a}т}}$$

де $\gamma = 46 \text{ м / Ом} \times \text{мм}^2$ - удільна провідність міді при $t = 65^\circ \text{C}$.

2.3.2 Потужність, яку двигун насоса використовує з мережі розраховується за формулою [1,2]:

$$P_i = \frac{D_{\hat{a}\hat{a}}}{\eta} \quad P_i = \frac{1,0}{0,785} = 1,27 \text{ кВт.}$$

Струм навантаження двигуна насоса розраховується за формулою [1,2]:

$$I_i = \frac{D_i \cdot \hat{E}_c \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_i \cdot \cos \varphi} \quad I_i = \frac{1,27 \cdot 0,65 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 440 \cdot 0,79} = 1,6 \text{ А.}$$

Згідно зі струмом навантаження виберу кабель КНР $3 \times 1 \text{ мм}^2$, $l = 32 \text{ м}$.
 Перевірю кабель на падіння напруги ΔU
 Падіння напруги розраховується за формулою [1,2]

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^2 \cdot I_f \cdot l \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S \cdot U_{\text{н}}} \quad \Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^2 \cdot 1,6 \cdot 32 \cdot 0,79}{46 \cdot 1 \cdot 440} = 4\% \leq \Delta U_{\text{н}}$$

2.3.3 Магнітні пускачі призначені для дистанційного керування та захисту двигунів змінного струму. Найбільш вживаними є магнітні пускачі серії ПМ. Вони використовуються для мереж змінного струму з напругою 220 В та 440 В, частою 60 Гц в інтервалі номінальних струмів 22,5 – 150 А. Пускачі серії ПМ мають чотири величини по номінальному струму.

Вибір пускача виконується по значенню номінального струму двигуна і по допустимому пусковому струму. Для електродвигуна компресора та насоса холодильної установки виберу магнітні пускачі серії ПМ-1000. Їх технічні характеристики:

Таблиця. 2.1 - Технічні характеристики магнітних пускачів серії ПМ-1000

Призначення пускача	Максимальний пусковий струм, А	Номинальний струм, А	Допустимий робочий струм у режимах роботи, А				Максимальна частота вмикань на годину
			30 хв.	5 хв.	ПВ = 40 %		
					Еквівалентний струм	Струм навантаження	
Двигун компресора	104	11,5	20	23	16	18,5	600
Двигун насоса	21	1,6	3,4	4	3	3,2	600

Після вибору магнітного пускача виберу теплові реле.

Для електродвигуна компресора виберу теплове реле ТРТ 131 з номінальним струмом двигуна 11,5 А та струмом нагрівача реле 14,5 А. Для насоса охолодження виберемо теплове реле ТРТ 111 з номінальним струмом двигуна 1,6 А та струмом нагрівача 1,8 А.

Згідно зі струмом навантаження електродвигуна виберу установочний автоматичний вимикач типу АЗ134. Далі виберу установочний автоматичний

вимикач типу А3134 з комбінованим розчеплювачем для насосу охолодження.

2.4 Розробка інструкції з експлуатації суднового електроприводу, який розраховувався

2.4.1 Розробка інструкції по технічному використанню (безпечний пуск, зупинка) одного з електрифікованих об'єктів (по завданню)

Інструкція з експлуатації повітряного компресора типу SF-125.

Підготовка компресора до першого пуску.

1. Перевірити правильність електричних з'єднань і захисту електродвигуна.

2. Перевірити правильність установки датчиків контролю і захисту компресора.

3. Перш ніж залити мастило в компресор, ретельно очистити внутрішню частину картера.

4. Картер повинен бути наповнений свіжим маслом до рівня, який визначається положенням верхньої мітки на щупі.

5. Повернути вручну кілька разів, перевірити маховик кривошипа, шатуна і поршневого механізму на наявність при своєму русі опорів обертанню або стукотів.

6. Відкрийте охолоджуючу воду в блок циліндрів і перевірте її надходження.

7. Перед першим пуску компресора, після тривалої стоянки або після його ремонту, необхідно демонтувати будь-який елемент системи змащення циліндра першої ступені, і закапати приблизно 20 крапель олії на поверхню циліндрів. Після цього компресор може бути запущений.

Обслуговування компресорів.

Один раз за 24 години рівень масла в картері перевіряється за допомогою щупа. Рівень масла повинен бути між мітками максимального і мінімального рівня на щупі. Робочі параметри повітря, охолоджувальної води та мастила системи повинні періодично перевірятися.

Припинення роботи компресора.

1. Відключити електродвигун на щиті.

2. При зупинці компресора на тривалий термін повинні бути виконані наступні кроки:

- змащувальне масло з картера необхідно злити,

- охолоджуючої води з блоку циліндрів і з кришок циліндрів водних просторів повинні бути осушені шляхом повороту дренажних клапанів охолоджуючої води на впускний трубопровід.

Примітка: перед початком зливу охолоджувальної води від компресорної установки її подача повинна бути закрыта за допомогою запірного клапана, встановленого на трубопроводі водопостачання.

Потім компресор повинен бути ретельно очищений, особливо картер. Зовнішні компоненти піддаються корозії повинні бути покриті захисною змазкою.

3. Якщо температура в компресорному приміщенні може впасти нижче 0°C, охолоджуюча вода повинна бути осушена з просторів у блоку циліндрів та головки циліндрів. Повітряні трубопроводи та ресивери повинні бути також осушені.

2.4.2 Розробка технології ремонту електричних машин по відновленню ізоляції обмоток

Сушка електричних машин.

Електричні машини піддаються сушці після просочення і в тому випадку, якщо вони були залиті прісною водою або відсиріли. Перед сушінням машину необхідно ретельно очистити і продути повітрям. Дуже відвологі або рясно залиті прісною водою машини слід спочатку сушити методом зовнішнього обігріву. Електричним струмом слід сушити тільки ті машини, у яких опір ізоляції становить не менше 0,01 МОм (якщо воно менше, може статися пробій ізоляції). При сушінні струмом корпус машини повинен бути надійно заземлений.

При низькому опорі ізоляції особливу небезпеку представляє сушка постійним струмом, так як при цьому спостерігається явище електролізу. При будь-яких способах сушіння нагрівання не повинно проводитися швидко, щоб уникнути місцевих перегрівів, викликають механічні напруги в ізоляції, інтенсивне пароутворення, підвищення тиску всередині ізоляції і прискорене старіння

Опір ізоляції обмоток електричних машин знижується в початковий період сушіння, а надалі зростає і стає постійним. Сушіння припиняють після того, як опір ізоляції при постійній температурі буде практично незмінним протягом 2-3 год. У виняткових випадках сушка машини може бути припинена, коли опір ізоляції досягла 0,5 МОм.

Відсирілі машини після сушіння рекомендується просочити електроізоляційними лаками і покрити емаллю. Сушіння після пропіткі і

покриття здійснюють у відповідності з температурними режимами, зазначеними для даних лаків і емалей. В процесі сушки необхідно контролювати температуру обмоток, частин машини та повітря.

При тривалій сушці електричних машин температура шарикопідшипників не повинна перевищувати 80 °С.

Не дозволяється форсувати сушку перевищенням найбільших допустимих температур або більш швидким підвищенням температури до початку сушіння. Опір ізоляції рекомендується вимірювати через кожні 15-30 хв, а після досягнення сталої температури — через 1 год. Нижче наводяться способи сушіння електричних машин.

Сушка синхронних машин струмом короткого замикання.

У цьому випадку фазові обмотки статора машини закорочуються через амперметри РА. Шляхом зміни частоти обертання машини і струму її порушення встановлюється значення сили струму сушіння, рівне 0,5—0,8 номінального. Температура обмоток регулюється струмом збудження.

Необхідно стежити за температурою бандажів, яка не повинна перевищувати 100 °С. Зниження напруги досягають регулюванням напруги збудження генератора або включенням через трансформатор. Інтенсивність сушіння регулюється зміною підводиться напруги або періодичним включенням і вимиканням струму.

Сушка асинхронного двигуна стороннім джерелом постійного або однофазного змінного струму.

При сушінні цим методом, якщо початку і кінці обмоток фаз статора виведені в коробку електродвигуна, струм пропускається послідовно через обмотки всіх фаз. Значення струму сушіння встановлюють рівним 0,5—0,7 номінального значення струму електродвигуна. При однофазному струмі значення напруги має становити 0,2—0,3 номінального значення напруги електродвигуна.

Ротор електродвигуна повинен бути нерухомий. При сушінні постійним струмом включення і вимикання його, щоб уникнути пробою ізоляції обмоток повинно проводитися тільки через реостат. Інтенсивність сушіння регулюється зміною струму або періодичним відключенням його.

Якщо з'єднання між обмотками фаз двигуна виконані усередині нього і на щиток коробки висновків виведені тільки три кінця, то струм подається поперемінно на кожну пару висновків з перемиканням через кожну годину і перестановкою перемички.

Сушка електричних машин зовнішнім нагріванням.

Спосіб рекомендується для всіх машин і обов'язковий при сушінні сильно відвологлих машин. В цьому випадку в якості джерела теплоти

застосовуються повітродувку, електронагрівальні елементи і лампи розжарювання. В останньому випадку дуже ефективний метод сушіння інфрачервоним опроміненням за допомогою спеціальних сушильних ламп; цей метод прискорює процес сушіння та дозволяє вести її при більш низьких температурах, не погіршуючи діелектричних і механічних властивостей ізоляційних матеріалів, при цьому відбувається безпосередня передачу променистої енергії обмотках.

Спеціальні сушильні лампи на відміну від звичайних мають меншу температуру розжарення, що збільшує термін їх служби до 10 000 ч. Ці лампи випускаються промисловістю потужністю 250, 500 і 1000 В і забезпечуються рефлектором з хорошою відбивною здатністю, що забезпечує більш повне використання променистого потоку і рівномірне розподіл його. Найбільш зручно сушити електричну машину зовнішнім нагріванням в закритому ящику. В суднових умовах не завжди можливо виготовити ящик. Тому в процесі сушіння обмежуються укриттям брезентом машини, не допускаючи зближення брезенту з гарячими деталями.

При сушінні зовнішнім нагрівом температура найближчих до джерела теплоти частин машини не повинна бути більше 100 °С. Великі суднові машини мають роз'ємні станини, що дозволяє сушити (а також просочувати) якоря цих машин на місцях, в підшипниках. Для цього, піднявши на талях верхню половину станини, знімають полюса на верхній і нижній половинах станини і утворюються порожнинах встановлюють нагрівачі, після чого верхню половину станини ставлять на місце і закривають усі отвори; утворюється подобу сушильного шафи. Цей спосіб може бути використаний для просочення якорів шляхом установки під якорем піддону, спирається своїми краями на нижню станину в місцях рознімання.

3. СУДНОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА (СЕЕС)

3.1 Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості, потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів СЕЕС (метод розрахунку за погодженням із керівником дипломної роботи)

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

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

На сьогоднішній день найбільш розповсюдженим є табличний метод, що вважається порівняно простим і універсальним.

У табличному методі випадковість споживання враховується за допомогою коефіцієнтів завантаження й одночасності, які характеризують споживання.

Однак правильний вибір цих коефіцієнтів є досить складною задачею.

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

В роботі прийнятий табличний метод розрахунку.

При виборі кількості ГА і їхньої потужності потрібно виконати такі умови:

- завантаження генераторів в тривалих експлуатаційних режимах (стоянка, хід) знаходиться в межах 70-90% від номінальної в короточасних режимах (швартування, аварійний режим, зйомка з якоря) бути не нижче 50% для дизель-генераторів і не нижче 30-40% для турбогенераторів (вказані значення завантаження забезпечують економічну роботу генераторів). Завантаження дизель-генераторів нижче 50% від номінальної не рекомендується з причин моторесурсу та підвищеної витрати палива. Так, для вантажопасажирського судна, вимоги до безпеки мореплавання якого, а значить і до надійності СЕЕС, вище, ніж у звичайного транспортного судна, при виборі ГА будемо керуватися тим, що завантаження генераторів буде не більш 70% від номінальної, незважаючи на зниження ККД;

- згідно до вимог Регістра України [3] щодо кількості ГА треба встановлювати у складі СЕЕС не менше двох генераторних агрегатів;

- з метою підвищення живучості електроенергетичної системи потужність цих ГА повинна бути такою, щоб при зупинці одного з них вона була достатньою для живлення пристроїв і систем, необхідних для забезпечення нормальних експлуатаційних умов руху і безпеки судна і необхідних умов перебування на ньому;

- усі можливі варіанти комплектації СЕЕС повинні задовольняти вимогам до основних джерел електроенергії на морських судах, зазначеним у Міжнародній конвенції по охороні людського життя на морі 1974 року, Публікації Міжнародної електротехнічної комісії (електричні установки на судах) і Правилах класифікації і будівництва морських суден Регістра України;

- сумарна потужність і миттєва перевантажувальна здатність СЕЕС при виході з ладу кожного з наявних ГА повинні забезпечити пуск самого потужного електродвигуна з найбільш важким пуском без порушення стійкості СЕЕС і споживачів електроенергії;

- ГА повинні допускати можливість роботи з перевантаженням не менш як 10% від номінальної потужності протягом не менш 1 г.

Відповідно до вимог Регістра України [3], потужність АДГ повинна бути достатньою для забезпечення наступних споживачів електроенергії:

- автоматики життєзабезпечуючих систем – пуску ГД, ДГ, котла;
- живлення аварійної стернової машини ;
- аварійного пожежного насосу ;
- аварійне освітлення в усіх коридорах, трапах і виходах із службових приміщень, а також у кабінах пасажирських ліфтів і їхніх шахтах, машинних приміщеннях, приміщеннях ГА, усіх постів керування, а також ГРЩ і АРЩ, приміщеннях АДГ, рульової рубки, штурманської рубки і радіорубки,

приміщеннях рульового приводу, у пожежного та аварійного осушувальних насосів, приміщеннях гірокомпаса, медичних приміщеннях, шлюпкових палуб і позабортних просторів;

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

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

- радіо і навігаційного устаткування;

- системи сигналізації виявлення пожежі.

Розрахунок навантажень для різних режимів роботи наведено у Додатку.

У таблиці 3.1 наведені підсумкові дані розрахунків таблиці навантажень.

Таблиця 3.1 - Підсумкова таблиця навантажень

Найменування режиму роботи	Сумарна споживана потужність*		
	P, кВт	Q, кВар	S, кВА
Ходовий	1616	931	1865
Стоянковий	1729	1046	2021
Маневровий	1776	1032	2054
Аварійний	134	81	157

* Сумарне навантаження з урахуванням коефіцієнту різночасності ($K_p=0,80$) та витрат у мережі ($K_{п}=1,04$).

Виходячи з вищевикладеного вибираємо три генератори фірми AVK типу DSG86 M1-8 потужністю 1130 кВА, та один аварійний генератор HFC7 280-4 потужністю 350 кВА.

Таблиця 3.2 - Паспортні данні генераторів

Генератор	Тип	2р	Потужність кВА	Об/хв	Напруга	Струм	Частота	Cos(φ)
Основний	AVK DSG86 M1-8	4	1130	900	440	1450	60	0,8
Аварійний	HFC7 280-4	4	350	1500	440	500	60	0,8

3.2 Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії

В якості резервного джерела живлення використовуються акумулятори типу 6FM-180 та 6CQA-195.

Таблиця 3.3 - Перелік типів акумуляторів та їх дані

Кл.	Тип	Напруга	Ємкість	Споживач	Розміщення	Цикл тех. обслуговування	Період заміни
1	6CQA-195	24V	195Ah	GMDSS	Пеленгаторна	Згідно інструкції виробника	5 років
1	6FM-180	24V	180Ah	General UPS	ЦПУ	Не обслуговуються	3 роки
2	G60	24V	56Ah	АДГ	АДГ	Не обслуговуються	8 років
1	6CQW	24V	60Ah	Alarm monitoring	ЦПУ	Не обслуговуються	3 роки
1	ES650	24V	12Ah	ДАУ ГД	ЦПУ	Не обслуговуються	3 роки

В якості перетворювачів електроенергії судна вибираємо трансформатори напруги :

2 одиниці TSDC-105M-P, 3f 3W 95кВА 440/230В.

2 одиниці TSDC-45M, 45кВА , 450/220 В.

3.3 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійних схем головного (ГРЩ) та аварійного (АРЩ) розподільних щитів

3.3.1 Вибір раціональної структури СЕС

Лінії електропередачі, що входять в електричні мережі, підрозділяються на фідери і магістралі.

Фідером називають лінію електропередачі, включену між двома будь-якими розподільними щитами або між розподільним щитом і приймачем або джерелом електроенергії.

Магістраллю називають лінію електропередачі, паралельно до якої по її довжині підключається кілька розподільних щитів або окремих приймачів електроенергії.

У загальному випадку будь-яка електрична мережа може складатися як з фідерів, так і магістралей. Однак на практиці мережі звичайно підрозділяють на фідерні і магістральні в залежності від переважної кількості

в них одних або інших ліній. При рівній кількості тих і інших мережу називають фідерно-магістральною.

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

СЕЕС з фідерно-магістральним розподілом електроенергії займає у відношенні безперебійності електропостачання проміжне положення між СЕЕС з фідерним і СЕЕС з магістральним розподілом.

Однак, якщо в системі через фідери живляться найбільш відповідальні і потужні приймачі електроенергії, а через магістралі — другорядні, то вона по безперебійності електропостачання наближається до фідерної.

Відповідно до Правил Регістра безпосередньо від ГРЩ електростанцій повинні одержувати живлення щити електроприводів кермового, якірного та швартовного пристроїв, насосів (пожежні, осушувальні та спринклерної систем), компресорів; гірокомпас; щити холодильної установки вантажних трюмів; щити основного освітлення, радіостанції, навігаційних приладів, сигнально-відмітних вогнів, електроприводи механізмів силової (енергетичної) установки, вентиляції, нагрівальних приладів, пристроїв керування гвинтом регульованого кроку й інші відповідальні приймачі, що мають на даному судні. З цього випливає, що Правила Регістра віддають перевагу СЕЕС з фідерним розподіленням електроенергії.

Однак СЕЕС з фідерним розподіленням електроенергії мають ряд недоліків, що виявляються на судах з високим рівнем електрифікації і великою кількістю приймачів електроенергії (пасажирських, промислових, науково-дослідних і ін.) До числа цих недоліків варто віднести велику довжину ГРЩ, що утрудняє його розміщення. У ряді випадків ГРЩ доводиться виконувати Г-образної або П-образної форми. Недоліком є значна трудомісткість електромонтажних робіт, викликана тим, що фідери, що відходять від ГРЩ, утворюють велику кількість різнотипних кабельних трас, багаторазово пронизуючі палуби і перегородки судна в різних напрямках. Траси часто перетинаються. Виконання таких трас вимагає

заготівлі великої кількості кабелів різних діаметрів і перетинів. Для затягування, укладання і кріплення кабелів у таких криволінійних трасах залучається значна кількість людей, продуктивність праці яких досить низька.

Застосування магістралей дає можливість зменшити довжину ГРЩ і скоротити кількість трас, що відходять від них. Траси, як правило, менш криволінійні і рідше перехрещуються.

Електричні ланцюги ліній передачі мереж розподілу електроенергії СЕЕС виконуються цілком ізольованими від корпусу судна.

Заземлення нульових точок ланцюгів на корпус судна, а також використання корпусу судна в якості струмопроводу, як правило, не допускається.

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

Правила Регістра України [3] пред'являють до схеми силової мережі такі вимоги:

А) Споживачі електроенергії можуть бути підключені безпосередньо до ГРЩ або до АРЩ або до вторинного РЩ;

Б) Живлення вторинних і групових РЩ може здійснюватися по наступних системах:

- 1) кільцевій;
- 2) магістральній;
- 3) фідерній;

В) Від ГРЩ повинні живитись такі споживачі:

- 1) механізми відповідального призначення;
- 2) групові щити допоміжних механізмів;
- 3) щити освітлення, вентиляції; нагрівальних пристроїв;

Г) від АРЩ повинен живитись комутатор сигнальних і відмітних вогнів, радіостанція, гірокомпас та ін.;

Д) кожна кабельна лінія, що відходить від ГРЩ та АРЩ, повинна мати відповідний захист;

Є) силова мережа і мережа освітлення повинні бути розділені.

На підставі вищевикладеного, зважаючи на підвищені вимоги до

надійності СЕЕС та на багато численну кількість електроспоживачів, вибираємо фідерну структуру СЕЕС, але з частковим магістральним розподілом. Через фідери будуть живитися найбільш відповідальні і потужні приймачі електроенергії, а через магістралі — другорядні. По безперебійності електропостачання вибрана структура наближається до фідерної.

З метою підвищення безпеки і поліпшення опору ізоляції силової мережі, мережа освітлення відділена від силової трансформаторами. Схемою передбачене дистанційне відключення, сепараторів, суднової вентиляції. Деякі, найбільш відповідальні споживачі одержують живлення по двох фідерах, що можуть проходити через АРЩ.

3.3.2 Розробка однолінійної схеми ГРЩ і АРЩ

Відповідно до правил Регістра України [3], до ГРЩ пред'являються такі вимоги :

а) Конструктивні. Всі суднові РЩ повинні забезпечити захист від доторку до струмоведучих частин з лицьової і бічної сторін. Комутаційна апаратура відкритими струмоведучими частинами повинна бути встановлена за щитом, а проводи виведені на лицьову сторону. ГРЩ повинні мати генераторні панелі для кожного генератора і, по можливості, для груп механізмів, освітлення, вентиляції. Конструкція РЩ повинна бути жорсткою, кожний прилад або устрій повинні встановлюватися так, щоб їхня заміна або ремонт могли бути здійснені з мінімальним розбиранням. Всі струмоведучі частини, шайби, болти, гайки повинні бути з матеріалу, що забезпечує надійний електричний контакт, що виключає виникнення корозії. На проводах комутаційних апаратів, апаратури різноманітного призначення, повинні бути табличка з чіткими написами про положення приводу автомата або призначенні апаратури. На передній і задній стороні ГРЩ повинні бути поруччя з ізоляційного матеріалу;

б) Вимоги до схеми ГРЩ. Розташування апаратури на ГРЩ повинно забезпечувати зручність керування і контролю за приладами. На кожній панелі ГРЩ повинні встановлюватися амперметр, вольтметр із перемикачами на 3 фази, автоматичний вимикач максимального струму з розчеплювачем миттєвої дії і захистом від перевантаження з витримкою часу (не менш, ніж у 2-х фазах), частотомір, ватметр, апарат дистанційного керування приводом регулятора частоти, реле зворотного струму, реле нульового захисту. На ГРЩ, якщо передбачена рівнобіжна робота ГА, повинні бути встановлені устрої, що синхронізують. На ГРЩ і АРЩ повинна бути забезпечена

можливість виміру розміру опору ізоляції. Для контролю за роботою відповідальних споживачів повинні бути встановлені амперметри. На ГРЩ або АРЩ або поблизу від них повинні бути укріплені їх принципові однолінійні схеми і схеми генерування і розподілу електроенергії. РЩ призначені для розподілу енергії між окремими групами споживачів. На них встановлюють або настановні автоматичні вимикачі, або пакетні вимикачі і плавкі запобіжники.

Визначимо приймачі електроенергії, що будуть одержувати живлення безпосереднє від ГРЩ електростанції (з урахуванням специфіки даного судна і вимог Регістра України [3]).

- 1) ЕП рульового приводу;
- 2) ЕП якірних та швартовних пристрою;
- 3) ЕП пожежних насосів;
- 4) ЕП осушувальних насосів;
- 5) ЕП компресорів і насосів спринклерної системи;
- 6) Гірокомпас;
- 7) Секційний щит основного освітлення;
- 8) РЩ радіостанції;
- 9) РЩ навігаційних приладів;
- 10) РЩ об'єднаних ПУ;
- 11) РЩ станції автоматичної сигналізації виявлення пожежі;
- 12) ЕП механізмів, що забезпечують ГД;
- 13) Зарядний пристрій акумуляторних батарей;
- 14) РЩ живлення ЕП закриття водонепроникних дверей;
- 15) РЩ холодильної установки вугільнокислотного гасіння;
- 16) РЩ живлення інших споживачів відповідального призначення.
- 17) ЕП підрулюючого пристрою.

3.4 Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів

На підставі номінального струму в якості генераторного автоматичного вимикача вибираємо селективний автоматичний вимикач фірми АВВ типу E2B/N20 з мікропроцесорним розчіплювачем SACE PR112.

Номінальні дані обраного автоматичного вимикача:

Номінальна напруга	450 В
Номінальний струм	2000 А
Номінальна гранична здатність, що відключає	65 кА
Ударний струм	143 кА

Час замикання	80 мс
Час спрацьовування на струм до 55 кА	70 мс
Час спрацьовування на струм понад 55 кА	30 мс

Налаштування уставок спрацьовування.

Уставка спрацьовування по перевантаженню:

- на 115%, 1668А (60 секунди);
- на 140%, 2030А (40 секунди);
- на 160%, 2320А (20 секунди).

Уставка селективного захисту від КЗ на 4350 А (0.5 секунд).

Уставка на миттєве спрацьовування на струм понад 4350 А.

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

Для нашого генератора приймаємо:

Надперехідний опір по подовжній осі $X''_d = 0.15 \text{ Ом}$

Активний опір фази статора $r_a = 0.013 \text{ Ом}$

Виходячи з номінального струму генератора рівного 1450 А в якості кабелю з'єднуючого ГРЩ із генератором вибираємо чотири паралельно прокладені кабелі марки МРРхСх перетином $3 \times 240 \text{ мм}^2$. Активний опір кабелю $r = 0,092 \text{ Ом/км}$, реактивний $x = 0,073 \text{ Ом/км}$. Розрахункову довжину кабелю приймаємо рівної 10 м. У такий спосіб розрахункове значення опору кабелю $r_{\text{каб}} = 0,092/(3 \cdot 100) = 0,0003 \text{ Ом}$; $x_{\text{каб}} = 0,073/(3 \cdot 100) = 0,000243 \text{ Ом}$.

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

Приймаємо активний опір контактів, що підходять до ГРЩ кабелів рівним $r_{\text{кон}} = 0.045 \text{ мОм}$.

Складаємо розрахункову схему для визначення струму КЗ при короткому замиканні на шинах ГРЩ. Базисну потужність приймаємо рівній сумі потужностей генераторів, базисна напруга – рівним номінальній напрузі генераторів (на шинах ГРЩ), тобто

$$S_6 = 1130 + 1130 = 2260 \text{ кВА}; U_6 = 440 \text{ В}; I_6 = 1450 + 1450 = 2900 \text{ А}.$$

Визначаємо значення опорів обмоток статора генераторів за формулою [4,5]:

активні

$$r_1 = r_2 = r_a \cdot \frac{S_a \cdot 1000}{U_a \cdot U_a} \quad r_1 = r_2 = 0.013 \cdot \frac{2260 \cdot 1000}{440 \cdot 440} = 0.139, \text{ Ом}$$

реактивні

$$x_1 = x_2 = x''_d \cdot \frac{S_a}{S_{1,2}} \quad x_1 = x_2 = 0.15 \cdot \frac{2260}{1179} = 0.26, \text{ Ом}$$

Визначаємо опір автоматичних вимикачів, контактів і кабелів за формулою [4,5]:

активне

$$r_3 = r_4 = (r_{aa} + r_{eaa} + r_{eii}) \cdot \frac{S_a \cdot 1000}{U_a \cdot U_a}, \text{Ом}$$

$$r_3 = r_4 = (0.000045 + 0.000045 + 0.0003) \cdot \frac{2260 \cdot 1000}{440 \cdot 440} = 0.004, \text{Ом}$$

реактивне

$$\tilde{x}_3 = x_4 = (\tilde{x}_{aa} + \tilde{x}_{eaa}) \cdot \frac{S_a \cdot 1000}{U_a \cdot U_a}, \text{Ом}$$

$$\tilde{x}_3 = x_4 = (0.0001 + 0.00024) \cdot \frac{2260 \cdot 1000}{440 \cdot 440} = 0.0036, \text{Ом}$$

Визначаємо опір генераторних віток за формулою [4,5]:

активні

$$r_5 = r_6 = r_1 + r_3 = r_2 + r_4, \text{Ом}$$

$$r_5 = r_6 = 0.128 + 0.004 = 0.132, \text{Ом}$$

реактивні

$$x_5 = x_6 = x_1 + x_3 = x_2 + x_4, \text{Ом}$$

$$x_5 = x_6 = 0.3 + 0.0036 = 0.3036, \text{Ом}$$

Для визначення еквівалентного опору двох генераторних віток скористаємося комплексною формою їхнього вираження [4,5]:

$$Z_5 = Z_6 = r_5 + jx_5 = r_6 + jx_6 \quad Z_5 = Z_6 = 0.132 + j0.3036 ;$$

$$Z_7 = \frac{Z_5 \cdot Z_6}{Z_5 + Z_6} \quad Z_7 = \frac{(0.132 + j0.3036) \cdot (0.132 + j0.3036)}{(0.132 + j0.3036) + (0.132 + j0.3036)} = 0.066 + j0.152$$

$$r_7 = 0.066 \text{ Ом}; \quad x_7 = 0.152 \text{ Ом.}$$

$$Z_7 = \sqrt{r_7^2 + x_7^2} \quad Z_7 = \sqrt{0.066^2 + 0.152^2} = 0.166 \text{ Ом.}$$

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

По розрахункових кривих відповідно $Z_7 = 0,166 \text{ Ом}$ визначаємо $I_0 = 6.2 \text{ А}$; $I_{0.01} = 5.1 \text{ А}$; $I_{0.6} = 3.6 \text{ А}$; $I_\infty = 3.6 \text{ А}$.

Відношенню $x_7/r_7 = 0,152/0,066 = 2,3$ відповідає ударний коефіцієнт 1,25.

Ударний струм генератора розраховується по формулі [4,5]:

$$i_{\text{уд.г}} = \sqrt{2} \cdot I_6 (I_{0.01} + I_0 (k_{\text{уд}} - 1)) \quad [19] \quad i_{\text{уд.г}} = 1,4 \cdot 2900 (5,1 + 6,2(1,25 - 1)) = 33516 \text{ А.}$$

Визначення струму підживлення від еквівалентного електродвигуна потужністю 1000 кВт виробляється при наступних початкових умовах:

$$\cos \varphi_n = 0,7; \quad E''_d = 0,9; \quad Z''_{\text{э.д.}} = 0,2 \text{ Ом}$$

Кратність струму підживлення дорівнює

$$I_D'' = \frac{E_D''}{Z_{\Sigma D}''} = 4,5$$

Ударний струм підживлення еквівалентного електродвигуна при цьому буде дорівнює [4,5]:

$$i_{\sigma\ddot{a}\ddot{a}} = \sqrt{2} I_D'' I_{f\ddot{a}} \Sigma \quad i_{\sigma\ddot{a}\ddot{a}} = 1.41 * 4,5 * 2062 = 13083, \text{ A}$$

де

$$I_{f\ddot{a}} = \frac{D_{\Sigma\ddot{a}}}{\sqrt{3} U_{f\ddot{a}} \cos \varphi_f} = \frac{1000 * 1000}{1,73 * 440 * 0,7} = 1877 \text{ A}$$

Величина сумарного ударного струму короткого замикання на шинах ГРЩ буде наступною:

$$i_{\sigma\ddot{a}} = i_{\sigma\ddot{a},\ddot{a}} + i_{\sigma\ddot{a},\ddot{a}} = 33516 + 13083 = 46600, \text{ A}$$

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

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

ГРЩ (головний розподільний щит) - складова конструкція, за допомогою якої відбувається прийом і подальший розподіл електроенергії. ГРЩ захищає від перевантажень і струмів короткого замикання. Дана щитова конструкція обов'язково містить такі частини: ввідна, секційна, лінійна панелі.

У ввідній панелі ГРЩ розміщені ввідні автомати, що приймають електроенергію з трансформаторів, і прилади для обліку.

У секційної панелі розміщений автоматичний вимикач для можливості живлення декількох секцій з одного вводу. Також там може бути встановлене обладнання аварійного введення резерву (АВР), яке використовується при необхідності резервного електропостачання споживачів.

Лінійна панель призначена для живлення ліній, що відходять.

У ролі секційних і ввідних апаратів можуть виступати як автоматичні вимикачі, так і вимикачі-роз'єднувачі.

Незаперечною перевагою ГРЩ є те, що він складається з розбірних секцій. Це дуже зручно.

Основними характеристиками головного розподільного щита є:

- Номінальні струми ввідних і ліній, що відходять;

- Номінальна напруга мережі;
- Система заземлення;
- Характеристики корпусу (тип, габарити, маса).

Розташування апаратури на ГРЩ повинно забезпечувати зручність керування і контролю за приладами. На кожній панелі ГРЩ повинні встановлюватися амперметр, вольтметр із перемикачами на 3 фази, автоматичний триполюсний вимикач максимального струму з розчіплювачем миттєвої дії і захистом від перевантаження з витримкою часу (не менш, ніж у 2-х фазах), частотомір, ватметр, апарат дистанційного керування приводом регулятора частоти, реле зворотного струму, реле нульового захисту.

На ГРЩ, якщо передбачена рівнобіжна робота ГА, повинні бути встановлені устрої, що синхронізують. На ГРЩ і АРЩ повинна бути забезпечена можливість виміру розміру опору ізоляції.

Для контролю за роботою відповідальних споживачів повинні бути встановлені амперметри.

Вибираємо автоматичні вимикачі фірми Terasaki:

Team power 2: AR325S 2500A

AR216H 1600A

Team breaker 2: H100-NF 3P PM 3X2.5

H225-NF 3P PM 3X95

H630-NE 3P PM 3X(3X95)

H800-NE 3P PM 3X(3X120)

TL-1000NE 3P PM 1000 5X(3X120)

H400-NE 3P PM 2X(3X95)

Вибираємо контрольно вимірювальні прилади зі шкалою вимірювання:

- амперметри: 0~4000 А;
0-2000-10000 А;
0-400 А;
0-600 А;
0-250-1250 А;
0-150-750 А;
- вольтметри: 0~600 В; 0~300 В;
- кіловатметри: -200~2000 кВт;
- частотоміри: 55~65 Гц;
- мегометри: ∞ -10-0 МОм;

3.6 Вибір системи збудження синхронних генераторів (СГ)

Система збудження синхронного генератора та АРН типу COSIMAT N+

Система збудження є компактним аналого-цифровим пристроєм, призначеним для регулювання напруги синхронних генераторів типу DIG та DSG при одиночному та паралельному режимах роботи.

При одиночній роботі напруга генератора підтримується постійною незалежно від навантаження, частоти та температури. При паралельній роботі генераторів забезпечується рівномірне розподілення реактивної частини потужності. Це досягається автоматичним регулюванням струму збудження генераторів.

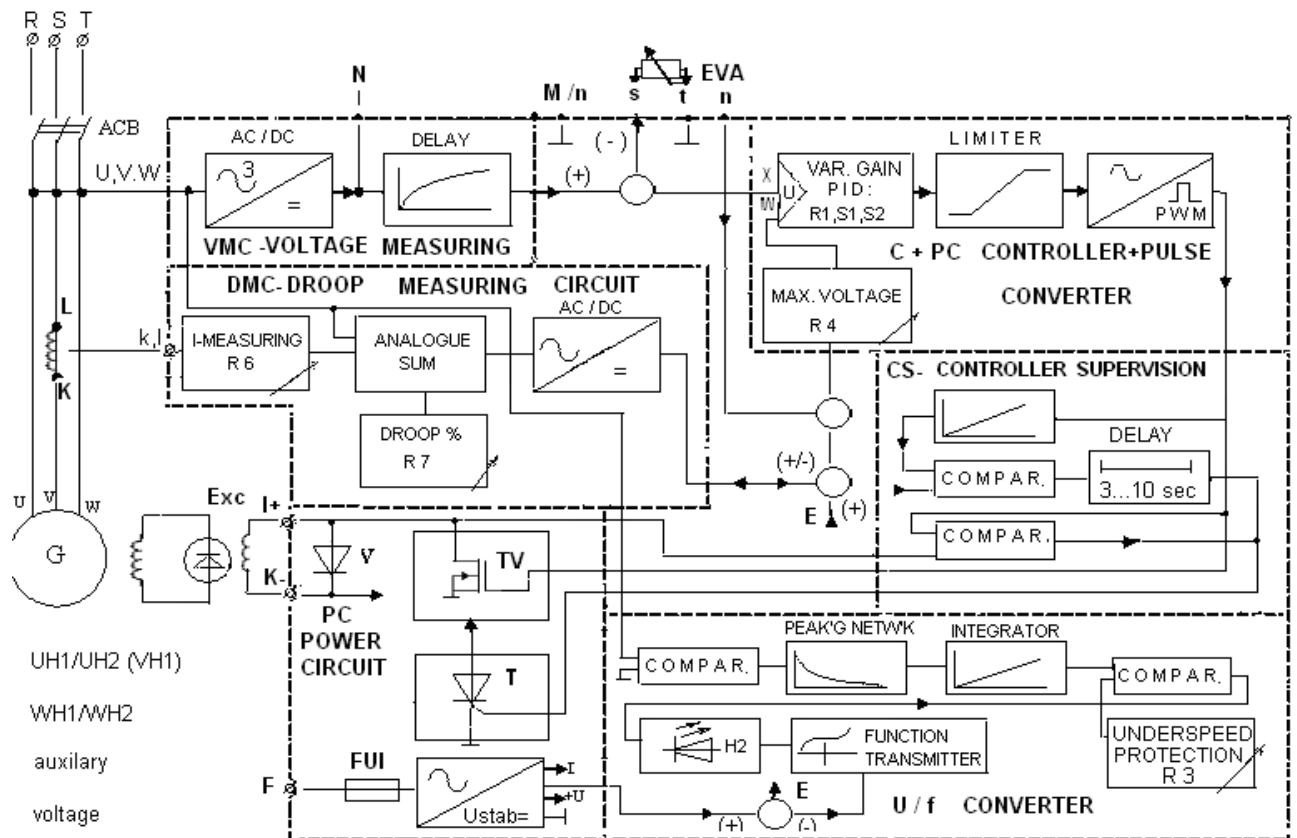


Рис.3.1- Блочна схема АРН типу COSIMAT N+.

Склад. Схема АРН складається із шести основних блоків (Рис.3.1):

1. VMC (Voltage Measuring Circuit) - вимірник поточної напруги генератора;
2. C+PC (Controller + Pulse Converter) – PID - підсилювач з обмежувачем та широтно-імпульсним модулятором сигналів;
3. DMC (Droop Measuring Circuit) – вимірювач струму, напруги та величини статизму системи регулювання;
4. CS (Controller-Supervision) – інтегратор швидкості зміни імпульсних сигналів із двома компараторами для порівняння вхідного та вихідного сигналів;

5. PC (Power Circuit)- силовий ланцюг забезпечує живленням збудження генератора відповідно до вихідного сигналом С + PC ланцюги (PID-підсилювача).TV- потужний польовий транзистор MOSFET, керуючий струмом збудження генератора; використовується як виконавець широтно-імпульсної модуляції вихідного сигналу PWM (Pulse Width Modulation), тобто час включення (відкритого стану) TV змінна, а частота включень залишається незмінною.

6. U/f – перетворювач напруга-частота;

T- тиристор, включений у ланцюг ОЗ, є виконавцем захисної функції при короткому замиканні, який повністю відкривається, форсуючи струм збудження та компенсуючи неминучий провал напруги, а два запобіжники, що знаходяться на лицьовій панелі AVR, при цьому перегорають.

Струм збудження надходить від силового випрямляча трифазної напруги, що знаходиться в силовому ланцюзі.

Крім цього, на лицьовій панелі АРН є клеми для підключення:

- U, V, W – напруга генератора;
- VN1, VN2, WN1, VN1A, VN1-A – допоміжних обмоток живлення AVR, розташованих на статорі генератора;
- S, t – зовнішньої ручної уставки заданої напруги, EVA;
- k, l – вторинної обмотки трансформатора струму;
- K,I– обмотки збудження збудника.

Технічні дані АРН зведено до таблиці 3.4

Таблиця 3.4- Технічні дані АРН

Точність регулювання	до 0,2%U _n
Споживана потужність	50 VA
Вхідна напруга	до 500 V
Частота	50...400 Hz
Напруга вихідного ланцюга	85 – 130 V _{dc}
Напруга ЦПР	3 – 7 V _{ac}
Робоча температура	-25 ... +70°C
Розміри регулятора	121×116×162,5
Кріплення	Вертикальне

АРН знаходиться у герметичній алюмінієвій коробці.

Крім того, при використанні додаткових модулів можлива реалізація таких функцій:

- регулювання $\cos \phi$ СГ або електродвигуна;
- обмеження пускових струмів при включенні потужного синхронного електродвигуна та генератора;
- компенсація втрат у кабелях.

Додаткові модулі дають можливість широко використовувати COSIMAT N+ у різних установках. Вони забезпечують:

- сталість $\cos \phi$ при паралельній роботі генераторів та змінному навантаженні – регулятор $\cos \phi$;
- сталість реактивної потужності при паралельній роботі генераторів з коливаннями напруги та навантаження – регулятор реактивної потужності з однофазним виміром QPF;
- автоматичне перемикання на резервний регулятор у разі виходу з ладу основного – автоматичний перемикач резерву;
- регулювання напруги валогенераторів у функції частоти $U/f = \text{const}$ – модуль U/f характеристики.

До додаткових модулів можна віднести: RC-фільтр низької частоти - зменшення пульсацій, SR-обмеження струму СГ при включенні потужних споживачів; КК-компенсація втрат у кабелі та ін.

Використовуються також модулі розширення діапазонів регулювання:

- напруги;
- U/f характеристики;
- $\cos \phi$;
- реактивної потужності

Введення в дію АРН

Перед включенням ДГ необхідно встановити такі уставки АРН:

- R1 – по центру ;
- R3 – вправо, до упору, потім вліво, доки не згасне індикатор ланцюга $U/f, H_2$;
- R4 – ліворуч, до упору (при пуску відрегулювати U_n генератора);
- S1 – 4; 6 (для DIG і DSG генераторов); 9 – 600/900 об/хв;
- S2 – 4-х кодовий вимикач для оптимізації D- характеристики різних типів генераторів (S2.4 для генераторів DIG, DSG типів 74-125);
- R7 – по центру ($S=3\%$).

Робота АРН.

Трьохфазна поточна напруга генератора перетворюється на VMC в постійну напругу, потім порівнюється із заданим, встановленим за допомогою потенціометра зовнішньої уставки EVA.

Різниця $\Delta U = U_{тек} - U_{зад}$ надходить у PID-підсилювач контролерного блоку C+PC.

Крім цього, до PID-підсилювача надходять сигнали від:

- DMC (Droop Measuring Circuit) представляє собою (випрямлену та відрегульовану потенціометром R7, Droop Voltage %) аналогову суму напруги та струму навантаження генератора;
- преобразователя U/f с (U/f controller), компенсуючого зниження частоти;
- зовнішнього входу "n", що дозволяє грубо коригувати EVA щодо заданої напруги генератора.

Всі ці сигнали надходять на вхід PID-підсилювача. Вихідні сигнали лімітуються обмежувачем та йдуть на вхід аналогового широтно-імпульсного перетворювача PWM. Вихід з PWM у вигляді одиночних імпульсів регулює струм збудження генератора за допомогою силового польового транзистора збіденого типу з n-каналом, позначеного на схемі TV, ланцюга ОЗЗ.

Ці одиночні сигнали надходять як на транзистор TV, так й у ланцюг контролера спостереження (Control Supervision), що складається з інтегратора, двох компараторів та лінії затримки. Таким чином, у цьому ланцюзі відбувається вимір швидкості зміни широтно-імпульсних сигналів з PMW. У перший компаратор надходять сигнали від інтегратора та від ОЗЗ (вх. А). Вихід із першого компаратора порівняння йде на вхід лінії затримки. На вхід другого компаратора надходять два сигнали порівняння від ОЗЗ (т.-І) та вихід від аналогового широтно-імпульсного перетворювача. Тобто. обидва ланцюги ОЗЗ контролюються ланцюгом спостереження CS та захищають її від короткого замикання. У цьому випадку надходить на електрод керуючий сигнал від CS відкриває тиристор Т і за допомогою польового транзистора TV відключає ланцюг ОЗЗ.

Таким чином, в PID-підсилювач надходять різні за характером сигнали, що забезпечують реалізацію наступних функцій системи збудження COSIMAT N+:

- безперервний контроль струму збудження ОЗЗ та обмеження за часом його максимального значення;
- вимір $U_{ген}$, I_n , ΔU и $\cos\phi$;

- стабілізацію реактивної потужності (stable reactive power), здійснює заданий (за допомогою потенціометра R7) статизм і, отже, нахил зовнішньої характеристики регулювання;

- регулювання напруги з точністю $0,2\%U_n$.

Захисні функції АРН.

1. Захист за мінімальною частотою обертання. (рис.3.2)

За допомогою резистора R3 встановлюється поріг (knee point) напруги, починаючи з якого, при величині ($0,95 f/In$) регулятор знижує значення U/U_n до величини $0,675 f/In$ із затримкою 2 секунди з метою запобігання зниженню частоти обертання приводного двигуна під час пуску.

У виняткових випадках функцію «underspeed protection» можна вимкнути за допомогою кодового вимикача S2.2.

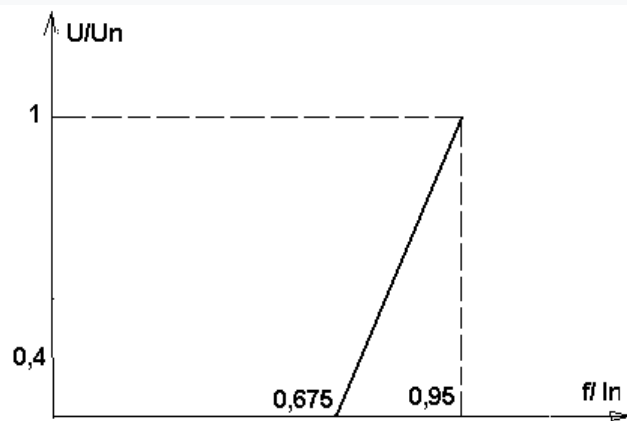


Рис.3.2- Характеристика регулювання захисту від зниженої частоти обертання ДГ.

2. Обмеження максимального струму збудження.

Якщо генератор працює тривалий час при максимальному струмі збудження (fully on), система збудження може вийти з ладу. Щоб запобігти цьому, регулятор обмежує час максимального збудження до 10 секунд. Якщо струм збудження не знизиться, захист відключить ОЗЗ за допомогою запобіжників. Крім двох вищезгаданих захистів, може статися і перегорання запобіжників при таких неполадках:

- несправності ланцюгів виміру;
- вимкнення або неправильне регулювання захисту за низькою частотою обертання (underspeed);
- короткого замикання в ланцюзі ОЗ;
- несправності силових випрямлячів системи збудження;
- надперевантаження СГ (коротке замикання) тривалістю більше 10с.

Регулювання АРН.

Регулювальні та сполучні термінали АРН приведенні на Рис.3.3, де:

R1 – регулювання Р-характеристики PID-підсилювача;

S1 – регулювання І-характеристики;

S2 – захист за мінімальною частотою обертання;

R3 – регулювання захисту від зниженої частоти обертання;

R4 – грубе регулювання V_{max} (2,5 Vac);

R6 – регулювання номінального струму - вліво, до упору (при пуску відрегулювати 2,5 Vac);

R7 – регулювання статизму (Droop Voltage).

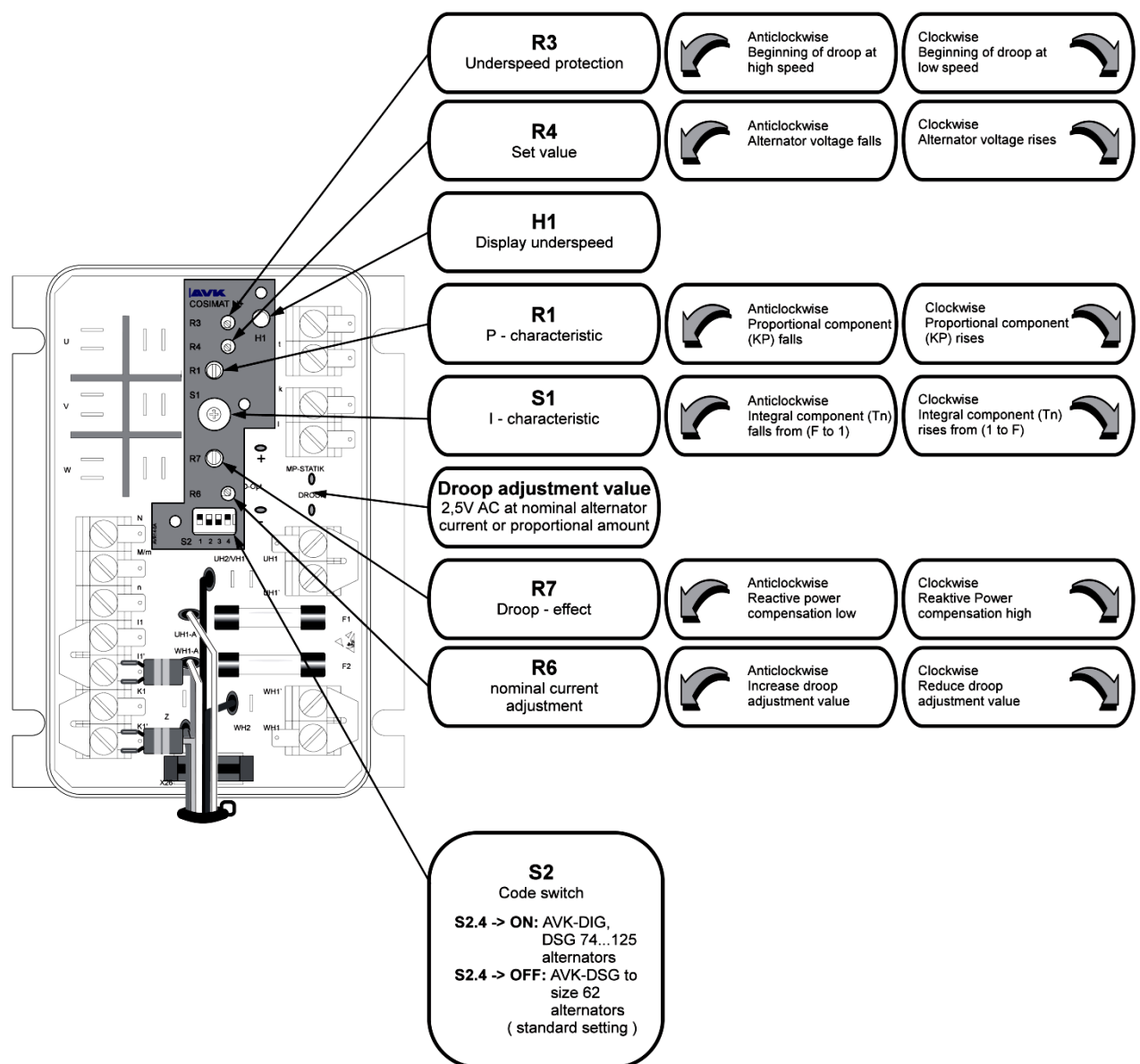


Рис.3.3-Термінали уставок та регулювань АРН.

Можливі несправності системи збудження зведено до таблиці 3.5

Таблиця 3.5- Можливі несправності системи збудження

Несправність	Причина	Метод
Низька напруга генератора	Малі обороти ДГ Обрив у ланцюзі EVA Випрямляч несправний	Підвищити обороти ДГ Перевірити Замінити
Високе $U_{ген.}$	Коротке замикання в ланцюгу EVA	Замінити EVA
Падіння U_g під навантаженням	Несправний механічний регулятор Діоди, що обертаються несправні Варистор несправний	Замінити регулятор ДГ Перевірити, замінити Перевірити, замінити
Збудження генераторів не відповідає U_n	Залишкова напруга недостатня Несправно AVR	Збудити від АБ Перевірити ланцюг I+K- Замінити запобіжник FUI регулятора або діод .
Періодичні коливання U_g	Неправильно відрегульовано EVA Обрив ланцюга EVA	Відрегулювати EVA Перевірити, закріпити
Реактивна потужність висока (низька)	Статизм встановлено зменшеним Обмотка k-l закорочена Обрив ланцюга k-l	Збільшити R7 по годинниковій стрілці. Усунути Усунути
Активна потужність розподілена нерівномірно	Несправний регулятор ДГ	Усунути або замінити мех. регулятор

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

Проведемо розрахунок електроприводу вантажного крану, так як він являється найбільш потужним.

Особливістю суднових електростанцій є наявність потужних асинхронних короткозамкнених двигунів. Відсутність колектора дає можливість запускати їх без пускових реостатів, використовуючи найпростіші схеми пуску. Однак, пусковий струм в процесі розгону таких двигунів у 5-7 разів перевищує номінальний. При начерку індуктивних струмів синхронні генератори сильно розмагнічуються і на деякий час знижують напругу, що прийнято називати провалом напруги.

Розрахунок провалу напруги генератора необхідно виконувати для випадку підключення найбільш потужних асинхронних двигунів.

Початкові дані:

Тип генератора: AVK DSG86 M1-8;

$S_{нг} = 1130$ кВА;

$U_{нг} = 440$ В;

$X_d' = 27$ Ом;

$X_d = 182$ Ом;

$T_{d0}' = 2.3$;

$K = 25$ В/с (коефіцієнт лінеаризації регулювальника напруги);

$t_1 = 0.8$ с (час затримки вступу регулювальника в роботу);

генератор працює на холостому ході ($E_d = 1$ – ЕРС генератора).

Параметри електродвигуна:

$U_{нд} = 440$ В;

$I_{нд} = 168$ А;

$P_{нд} = 180$ кВт;

кратність пускового струму $K_n = 6$.

Реактивний опір двигуна рівний:

$$X_d = \frac{S_{нг} \cdot 10^3}{K_n \cdot \sqrt{3} \cdot U_{нд} \cdot I_{нд}} \cdot \left(\frac{U_{нд}}{U_{нг}} \right)^2 [19] \quad X_d = \frac{1130 \cdot 10^3}{6 \cdot \sqrt{3} \cdot 440 \cdot 168} \cdot \left(\frac{440}{440} \right)^2 = 0.557 \text{ Ом}$$

Початкова напруга генератора рівна:

$$U_{нач*} = \frac{X_d}{X_d + X_d'} = \frac{182}{182 + 27} = 0.87.$$

Встановлена напруга дорівнює:

$$U_{уст*} = \frac{X_d}{X_d + X_d} = \frac{182}{182 + 182} = 0.5.$$

Коефіцієнт K_2 дорівнює:

$$K_2 = \frac{U_{уст*}}{E_{d*}} = \frac{0.5}{1} = 0.5.$$

Постійна часу обмотки збудження генератора в замкненій обмотці статора на опір X_d дорівнює:

$$T'_d = T'_{d0} \cdot \frac{Xd + X'_d}{Xd + Xd} = 2.3 \cdot \frac{182 + 27}{182 + 182} = 1.32 \text{ (с)}.$$

Час досягнення мінімального значення напруги:

$$t_{\min} = \tau' d \cdot 2.3 \lg \left(\frac{U_{\tilde{r}\div} - U_{\tilde{o}\tilde{n}\tilde{o}}}{U_{\tilde{o}\tilde{n}\tilde{o}} \cdot \hat{E} \cdot \tau' d} + 2.72^{t_1/\tau' d} \right) [19];$$

$$t_{\min} = 1.32 \cdot 2.3 \lg \left(\frac{0.87 - 0.5}{0.5 \cdot 25 \cdot 1.32} + 2.72^{0.8/1.32} \right) = 1.87 \text{ (с)}.$$

Значення мінімальної напруги:

$$U_{\min} = U_{\tilde{o}\tilde{n}\tilde{o}} + (U_{\tilde{i}\tilde{a}\div} - U_{\tilde{o}\tilde{n}\tilde{o}}) \cdot 2.72^{-t_{\min}/\tau' d} + U_{\tilde{o}\tilde{n}\tilde{o}} \cdot \hat{E} \cdot [(t_{\min} - t_1) - \tau' d (1 - 2.72^{-(t_{\min} - t_1)/\tau' d})] [19];$$

$$U_{\min} = 0.5 + (0.87 - 0.5) \cdot 2.72^{-1.87/1.32} + 0.5 \cdot 25 \cdot [(1.87 - 0.8) - 1.32 (1 - 2.72^{-(1.87 - 0.8)/1.32})] = 0.86$$

Максимальна провал напруги рівна:

$$\Delta U_{\max} = (1 - U_{\min}) \cdot 100\% = (1 - 0.86) \cdot 100\% = 14\%.$$

Як видно, падіння напруги знаходиться в допустимих нормах.

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

Перевірка на втрату напруги кабелю живлення електродвигуна пожежного насосу, який має найбільшу довжину.

Необхідні дані:

$$U = 440 \text{ В}$$

$$P_{\partial\theta} = 34.5 \text{ кВт}$$

$$\cos \varphi = 0.88$$

$$\eta = 0.9$$

$$S = 3 \times 16 \text{ мм}^2$$

$$l = 170 \text{ м}$$

Потужність, яку двигун насоса використовує з мережі розраховуємо за формулою [4,5]:

$$P_i = \frac{P_{\partial\theta}}{\eta} \quad P_i = \frac{34.5}{0.9} = 38.3 \text{ кВт}.$$

Струм навантаження двигуна насоса розраховуємо за формулою [4,5]:

$$I_i = \frac{P_i \cdot \hat{E}_c \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_i \cdot \cos \varphi} \quad I_i = \frac{38.3 \cdot 0.65 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 440 \cdot 0.88} = 37.1 \text{ А}.$$

Згідно зі струмом навантаження виберу кабель КНР $3 \times 16 \text{ мм}^2$,
 $l = 170 \text{ м}.$

Перевірю кабель на падіння напруги ΔU за формулою [4,5]:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^2 \cdot I_f \cdot l \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S \cdot U_{\text{нн}}} \quad \Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 10^2 \cdot 37,1 \cdot 170 \cdot 0,88}{46 \cdot 16 \cdot 440} = 2,96\% \leq \Delta U_{\text{дн}} .$$

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

В даному розділі була розроблена концепція комплексної автоматизації судна на основі інтегрованої системи управління, що отримала найменування "автоматизована система управління технологічними процесами (АСУ) судна".

Застосування загальносуднових АСУ забезпечує комплексне рішення завдань автоматизації судна. Автоматизація суднових технологічних процесів дозволяє виключити людину-оператора з трудомістких, часто повторюваних і відповідальних процесів управління та контролю, особливо при виникненні аварійних ситуацій. При цьому життєзабезпечення та безпеку судна повинні бути обумовлені таким складом засобів автоматизації та електротехнічного обладнання, при якому максимально знижується вплив "людського чинника" в умовах експлуатації судна.

Основною концепцією побудови АСУ судна є реалізація всіх її підсистем на основі обмеженого за складом набору типових уніфікованих програмно-апаратних засобів [6].

За принципом функціонально-структурної побудови АСУ судна відноситься до класу розподілених систем (розподілена АСУ). Вона являє собою людино-розосереджених по суднових мікропроцесорних систем (станцій), об'єднаних локальною мережею передачі даних і забезпечують ефективне управління як окремими судновими об'єктами і судном в цілому. Кожна станція має власну адресу в мережі передачі даних і забезпечує виконання однієї або декількох типових функцій.

У типовий склад структурних одиниць судовий АСУ входять:

- станція операторська (СО);
- станція локальна технологічна (СЛТ);
- блок зв'язку з об'єктом (БЗО);
- панель контролю та управління (ПКУ);
- блок сигналізації та індикації (БСІ);
- блок живлення (БЖ).

Аналіз оснащення автоматизованих судів показує, що системи управління виконуються на базі програмованих контролерів різних типів, що випускаються різними фірмами. Це призводить до суттєвого збільшення запасних частин і істотно ускладнює експлуатацію систем. Як правило, такі системи працюють до першої відмови, який не може бути усунутий судновим персоналом. Тому необхідність впровадження загально суднових АСУ, побудованих на базі типових уніфікованих програмно-апаратних засобів має особливу актуальність.

В якості комплектуючих виробів для побудови суднових АСУ застосовується, в основному, продукція одного з світових лідерів Schneider Electric (Франція). На вимогу замовника можуть використовуватися програмно-апаратні засоби виробництва Siemens, Omron, Wago та інші.

Операторські станції виконуються на базі ПК-моніторів, в тому числі сенсорного виконання.

В склад системи автоматизації керування судновою електроенергетичною системою входить щит контролю та керування, на якому розміщені сигнальні та вимірювальні прилади для контролю за роботою генераторних агрегатів ГА, а також органи дистанційного керування. Система керування судновою електроенергетичною системою входить в комплекс систем керування судновими технічними засобами.

В основу побудови типових систем автоматизованого керування СЕЕС покладені наступні принципи:

- Кожен ГА являється самостійною функціональною групою, яка забезпечує електропостачання споживачів в звичайних експлуатаційних та аварійних режимах;
- всі ГА мають автоматичне та ручне керування;
- кожен ГА функціонально незалежний (має свою будову і системи запуску, зупинки, захисту, підключення до мережі і т.д.);
- будь-яка із систем може функціонувати самостійно;
- до складу функціональної групи входять щит контролю і керування, на якому знаходяться сигнальні та вимірювальні прилади для контролю стану всієї групи та її елементів, органи ручного (дистанційного) керування;
- кнопки керування включені таким чином, щоб забезпечувався запуск та зупинка ГА незалежно від положення вимикачів їх систем автоматизації;
- режим роботи функціональної групи задається оператором вручну;
- заданий режим роботи, після дії на вимикачі системи автоматизації, піддержуються автоматично;

- однією з умов нормального функціонування дизель-генераторів є підтримка їх в прогрітому стані, коли вони не працюють і знаходяться у резерві.

Система автоматизації керування судновою електроенергетичною системою забезпечує наступний об'єм автоматизації:

- подачу сигналу на автоматичний пуск і підключення резервного ДГ при досягненні навантаження 90% номінального на робочому генераторі;
- автоматичну і точну синхронізацію генераторів з шинами ГРЩ;
- автоматичний розподіл активної загрузки між паралельно працюючими генераторами після підключення резервного;
- автоматичне відключення автомату фідера живлення з берегу при обриві однієї з живлячих фаз та сигналізацію про зниження напруги у берегової мережі менше 85% номінального значення;
- відключення другорядних споживачів при перенавантаженні генераторів;
- автоматичний контроль опору ізоляції на шинах ГРЩ;
- автоматичну світлову сигналізацію про розгрузку любого паралельно працюючого ДГ до 35% номінального значення;
- напівавтоматичну синхронізацію з берегом;
- дистанційний пуск і зупинку первинних двигунів ДГ через систему ДАУ СДГ та сигналізацію про їхню роботу;
- дистанційний контроль основних параметрів електроенергії;
- аварійно-попереджувальну сигналізацію.

Розроблена система побудована на базі наступних універсальних функціональних пристроїв:

- пристрій автоматичної синхронізації (ПАС);
- пристрій включення резерву (ПВР);
- пристрій автоматичного розподілу потужності (ПРП) (активної загрузки);
- пристрій контролю ізоляції (ПКІ);
- пристрій світлової та звукової сигналізації (ПСС, ПЗС);
- пристрій струмового захисту (ПСЗ);
- пристрій захисту електродвигунів від обриву фаз та пониження напруги (ЗОФН).

Функціонування системи виконується наступним чином:

Оператор включає живлення на систему і включає в роботу один із ГА, потім, за допомогою, відповідних перемикачів встановлює послідовність включення резервних ГА, яка може змінюватися для забезпечення рівномірного використання моторесурсу первинних двигунів.

Підсистема ДАУ СДГ забезпечує автоматичний пуск резервного ДГ та вивід його на номінальну частоту оборотів. Генератор збуджується до номінальної напруги. Після цього автоматично вступає в роботу прибор синхронізації (ПС). Після закінчення процесу синхронізації починають діяти засоби розподілу активної навантаження між паралельно працюючими генераторами. У разі перенавантаження ГА автоматично спрацьовують засоби струмового захисту (ЗСЗ), які відключають (з відтерміновкою часу) другорядні споживачі.

Зі зменшенням навантаження до 35% від номінального прибор ЗВР формує сигнал в систему сигналізації про розгрізку генераторів.

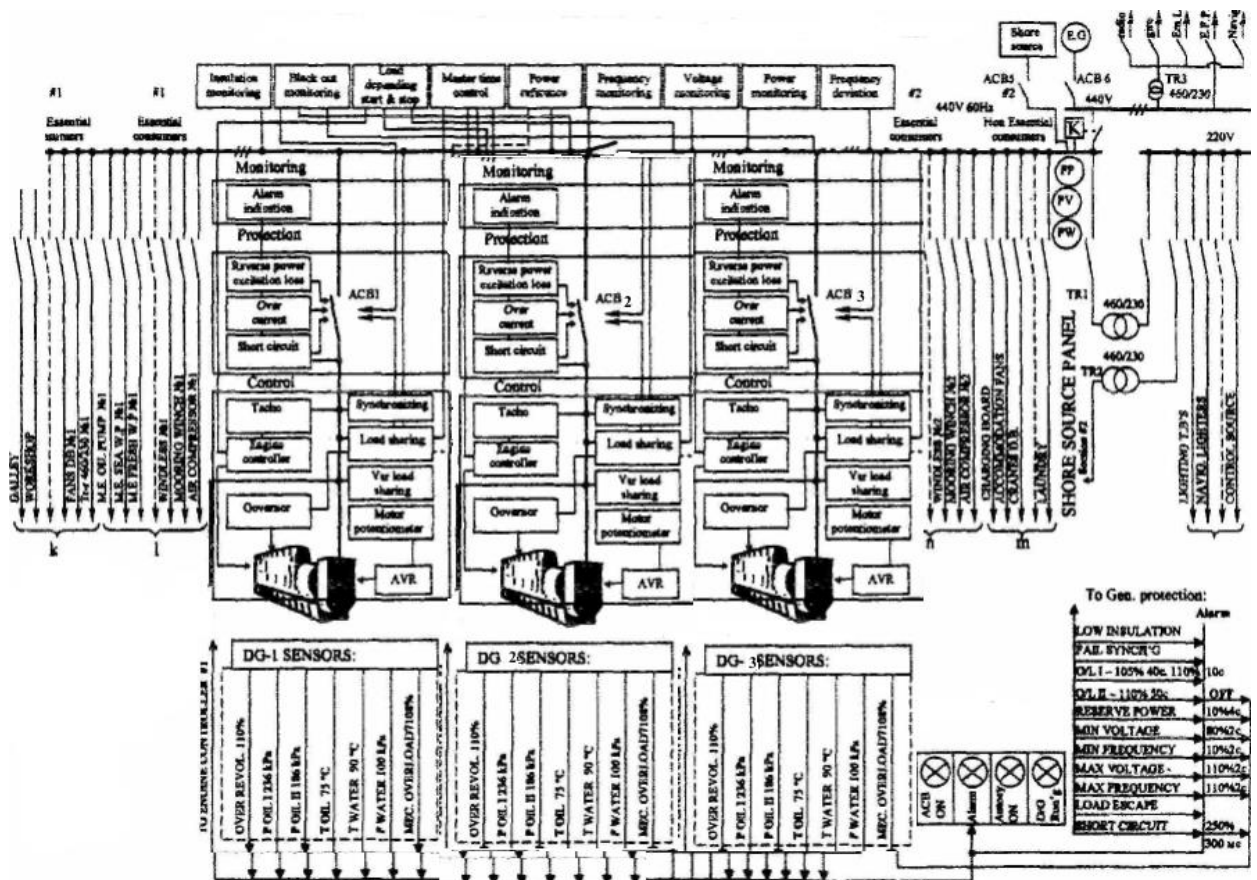


Рис. 3.4- Структурна схема АСУ СЕЕС

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

Суднове електричне освітлення складається з наступних самостійних ланцюгів:

- основного внутрішнього освітлення напругою 220 В перемінного струму;
- великого аварійного освітлення напругою 220 В перемінного струму;
- зовнішнього та трюмного освітлення напругою 220 В перемінного струму;
- малого аварійного освітлення напругою 24 В постійного струму;
- сигнально-розпізнавальні вогні напругою 220 В перемінного струму.

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

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

Мережа основного внутрішнього освітлення отримує живлення від секції 220 В ГРЩ. Живлення від ГРЩ подається на районні секції. Світильники ламп основного освітлення отримують живлення від групових щитів, автомати котрих забезпечують підключення та захист від КЗ будь-якої групи. Освітлення кают, каюти-компанії, суднової канцелярії, спортзалу, навігаційної рубки, ЦПК, коридорів житлової частини судна та камбузу виконано світильниками люмінесцентних ламп. У коридорах систем, у тамбурах сходу, у приміщеннях прийому палива, горловинах встановлені вибухобезпечні світильники ВЗГ-100, а в акумуляторній - світильники В4А60.

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

Мережа великого аварійного освітлення складається з:

- шести групових щитів однофазного струму з автоматами типу АС25;
- освітлювальної установчої апаратури та з'єднувальних кабелів.

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

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

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

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

- одного районного щита з автоматами АК-50;
- п'яти групових щитів однофазного струму з автоматами типу АС-25, АК-25;
- освітлювальної установчої апаратури та з'єднувальних кабелів.

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

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

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

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

На судні встановлені такі основні вогні:

- 1) топові (білий колір);
- 2) бортові відмітні (правий борт — зелений, лівий борт — червоний колір);
- 3) кормовий (гакобортовий) (білий колір);
- 4) якірні (на кормі і на носу) (білий колір);
- 5) "Не можу справлятися" (2 вогні) (червоний колір);
- 6) клотиковий (білий).

Як ліхтарі використовуються світлосигнальні ліхтарі, що забезпечують необхідну для кожного вогню дальність і кут видимості. Типи ліхтарів: 559М (топові), 557М (бортові). 641 (кормовий), 568 (якірні), 566-2 ("Не можу справлятися"), 565 (клотикові).

4. АНАЛІЗ СИСТЕМ І ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ

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

На даному судні встановлено комп'ютерну мережу відповідну Міжнародній організації по стандартизації (ISO). В протигагу закритим мережевим системам з різними видами обчислювального обладнання та різними стандартами протоколів встановлено описову модель взаємодії відкритих систем. ISO-модель та семирівнева модель представлена в табл.4.1.

Табл. 4.1- Рівні та функції семирівневої моделі OSI

Рівень	Функція
7. Прикладний	Забезпечує зв'язок програм користувача із об'єктами мережі
6. Представницький	Обирає синтаксис даних, керує їх відображенням на віртуальному терміналі
5. Сеансовий	Керує веденням діалогу між об'єктами мережі
4. Транспортний	Забезпечує прозорість передачі даних між абонентами мережі
3. Мережевий	Обирає маршрутизацію в мережі і зв'язок між мережами
2. Канальний	Передача даних по каналу, контроль помилок, синхронізація даних
1. Фізичний	Установка та підтримання фізичного зв'язку

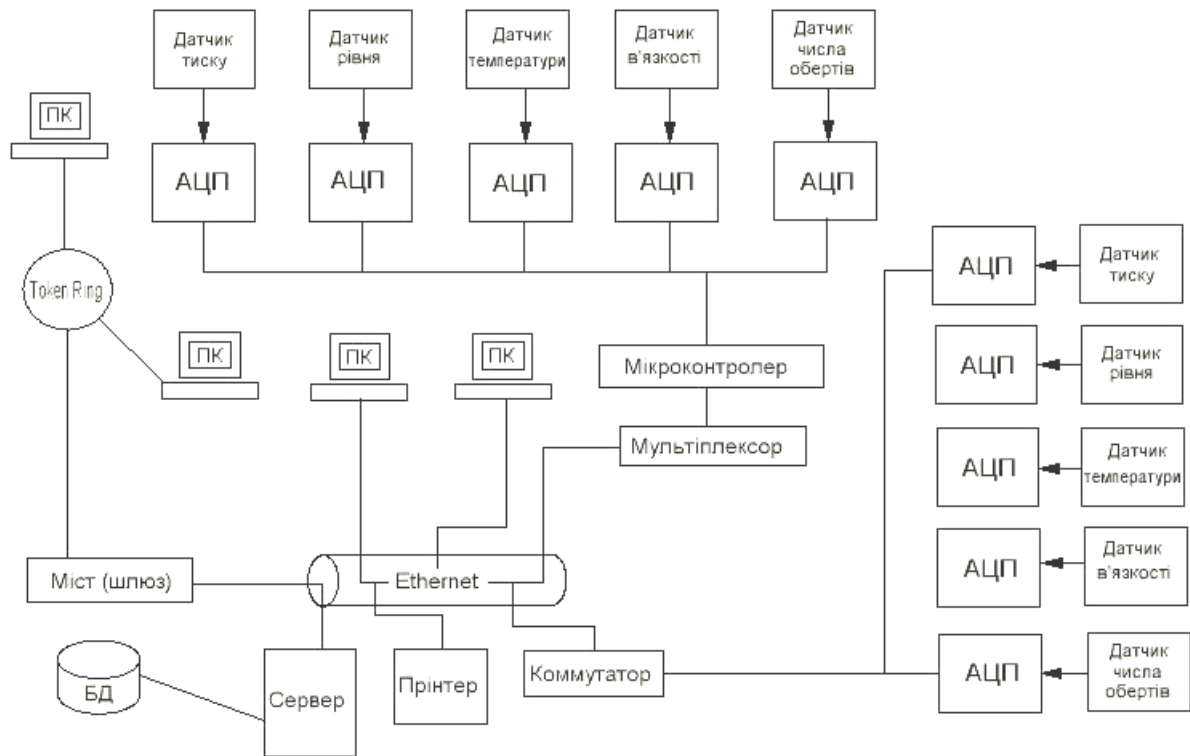
Фізичний рівень (Physical Layer) забезпечує необхідні механічні, функціональні та електричні характеристики для встановлення, підтримки та розриву фізичного з'єднання.

Прикладний рівень (Application Layer) забезпечує безпосередню підтримку прикладних процесів і програм кінцевого користувача.

У сучасних системах автоматизації, навіть всілякі механічні виконавчі механізми (клапани, засувки і т.п.) раніше абсолютно пасивні, тепер здатні сприймати команди і інформувати про свій стан.

Основна мета побудови розподілених систем автоматизації – здешевлення і спрощення технології і менеджменту виробництва і експлуатації системи в цілому за рахунок різного мережевого доступу від супервізорних комп'ютерів і багатофункціональних контролерів до інтелектуальних пасивних елементів (датчики, регулювальники і так далі).

Такий зв'язок повинен задовольняти вимогам функціональності, надійності побудови єдиної інформаційної мережі, об'єднуючої інтелектуальні контролери, датчики і виконавчі механізми, визначається терміном – fieldbus (польова шина або промислова мережа). Це одночасно фізичний спосіб об'єднання пристроїв і програмно-логічний протокол їх взаємодії.



АЦП- аналоговоцифровий перетворювач.

БД- база даних. ПК- персональний комп'ютер

Рис. 4.1- Структурна схема суднової комп'ютерної мережі

4.2 Аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки (наприклад, ДАУ ГД, ДАУ ДГ, системи управління допоміжними механізмами та загально судновими системами, тощо) (за погодженням із керівником дипломної роботи)

За останні роки технічні засоби автоматизації дуже змінились, а саме в системах управління та контролю все ширше використовуються елементи мікропроцесорної техніки, що в свою чергу звищує продуктивність та безпеку.

Розміщення електроустаткування.

На форсунці розміщені:

- електродвигун форсунки асинхронний 440В, 4 кВт, 3360об/хв.;
- електродвигун повітряної заслінки: однофазний конденсаторний 220В,3кВт;

- паливо підігрівач : 440В, 13 кВт;
- електромагнітний клапан сопел- 2од;
- трансформатор запалення 220/10000В;
- фотоелемент.

На перегородці розміщені:

- електромагнітна станція управління форсункою;
- реле тиску -3од: 1e4, 1e5,1e6;
- автомат RAQ 15.d1, що управляє роботою форсунки, в автоматичному режимі, а так само захищає, зупиняє електропривод у разі зникнення полум'я.
- контактори, реле, магнітні клапана, кнопки, перемикачі, сигнальні лампи.

У комплект RAQ 15.d1 входять:

- програмний механізм серводвигуна SM з 8-10 групами контактів, замикання програми проводиться за програмою;
- двопозиційне реле RK 1,2;
- магнітний підсилювач ЄВА, обмотка управління якого підключена на фотоелемент 1f1.

На виході магнітного підсилювача підключено реле FR. Цей вузол здійснює захист системи при зникненні полум'я.

На котлі розміщено поплавцеве реле 1e7.

У коридорах верхньої палуби надбудов розміщені дистанційні вимикачі 2од.

Основне завдання системи - це управління допоміжним котлом, необхідного для безперебійного забезпечення парою суднових споживачів.

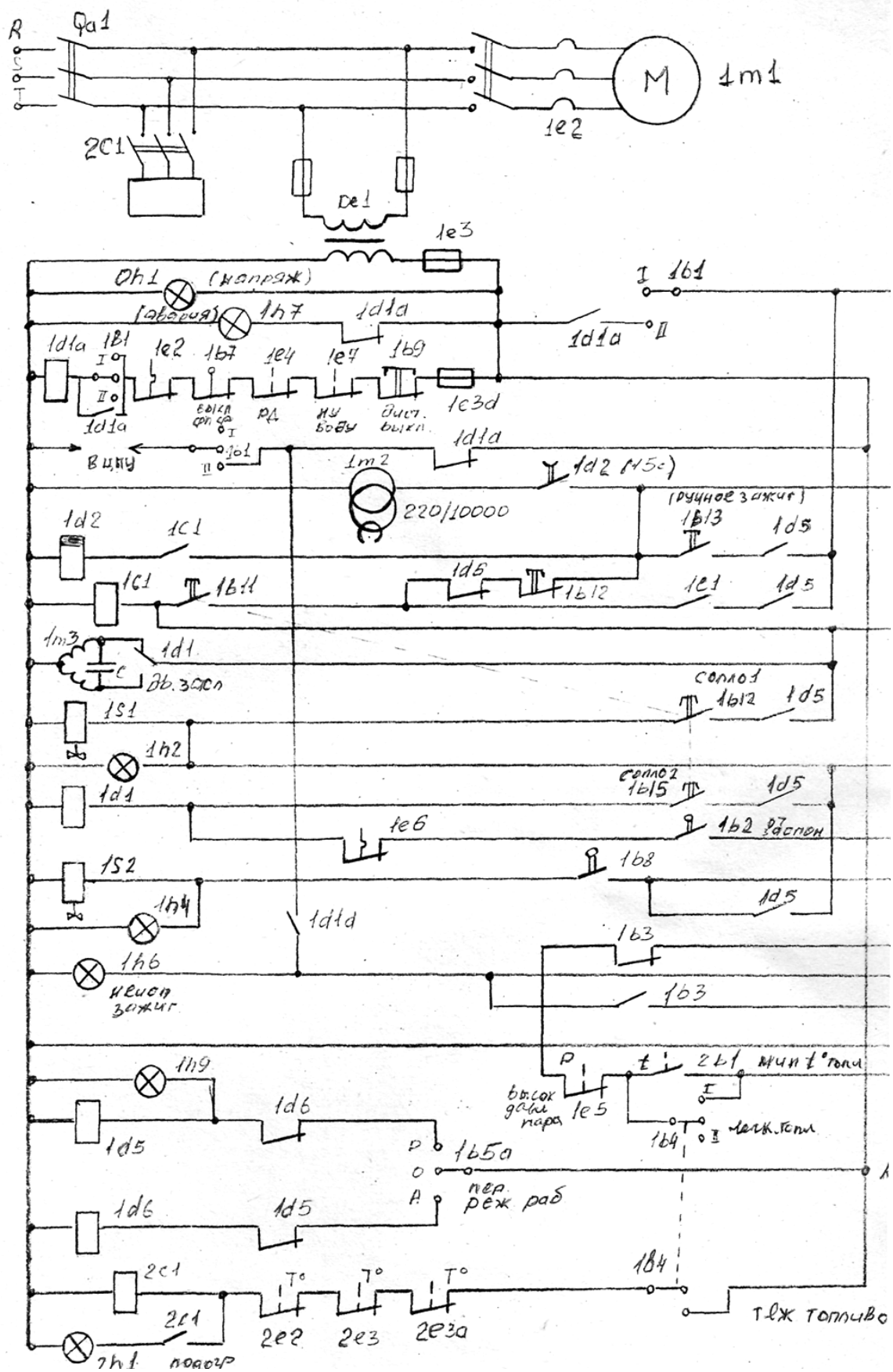
Мікропроцесорна система управління виконує наступні функції:

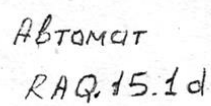
- контроль команди пуску допоміжного котел;
- контроль за досягненням пара робочого тиску;
- формування сигналів сигналізації про процес пуску, а також його результату.

Підтримка функціонування системи в робочому стані.

Для реалізації цих функцій, мікропроцесор, датчики і виконавчі механізми зв'язані в одну систему, якої і здійснюється управління допоміжним котлом. Сигнал про зміну параметрів знімається за допомогою датчиків, далі передається в систему управління. З неї сигнал поступає на виконавчі механізми.

Принципова схема системи управління суднового допоміжного котлу представлена на Рис.4.2





Вибір органів управління: датчиків, ламп сигналізації, виконавчих реле

Система обладнається наступними датчиками:

- кнопка “Стоп”.
- датчик рівня води в котлі;
- датчик температури електродвигуна;
- датчик температури важкого палива;
- датчик мінімального і максимального тиску пари;
- датчик наявності полум'я.

Система обладнається наступними сигнальними лампами:

- лампа наявності живлення в схемі (0h1);
- лампа наявності несправності (1h7);
- лампа роботи паливо підігрівача (2h1);
- лампа наявності полум'я(1h6).

Для включення основного живлення на систему управління котлом, живлення електродвигуна форсунки і живлення паливо підігрівача, - використовуватимемо силове реле ГСР типу НіМС45W22.

Вибір елементної бази системи управління. Визначення кількості і розрядності портів введення і висновку.

При розгляді вибору апаратури на якій будується система управління котлом, вибираємо мікроконтролер сімейства AT90 Американської фірми ATMEL.

Мікроконтролери цього сімейства (втім, як і все мікроконтролери AVR фірми Atmel) є 8-розрядними мікроконтроллерами, призначені для вбудовуваних додатків. Мікроконтролери виготовляються по малоспоживаючій КМОП-технології, яка поєднанні з вдосконаленою RISC-архітектурою дозволяє досягти якнайкращого співвідношення показників быстродействие/енергопотребление. Завдяки тому, що переважна більшість команд виконуються за один такт, швидкодія цих мікроконтролерів може досягати значення 1 MIPS (мільйонів операцій в секунду) на 1 МГц тактової частоти.

У сімейство Classic входять мікроконтролери з різним сочетанієм периферійних пристроїв, різними об'ємами вбудованої пам'яті і різною кількістю висновків. Така різноманітність дає розробнику можливість зробити оптимальний вибір і використовувати саме той мік роконтроллер, який найкращим чином підходить для його потреб.

Принципова схема управління парового котлу представлена на рис.4.3

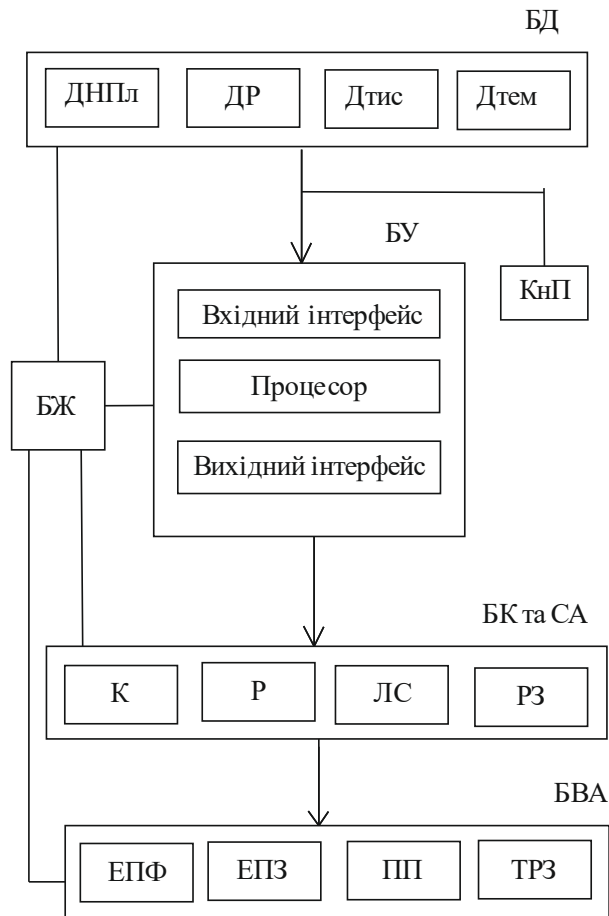


Рис. 4.3- Структурна схема управління парового котлу.

Прийняті скорочення:

- БЖ - блок живлення;
- БД – блок датчиків;
- ДНПЛ – датчик наявності полум'я;
- ДР – датчик рівня;
- Дтис – датчик тиску;
- Дтем – датчик температури;
- КнП - кнопки і перемикачі;
- БУ - блок управління;
- БК та СА – блок комутаційної та сигнальної апаратури;
- К – контактори;
- Р – реле;
- ЛС - лампи сигналізації;
- РЗ – реле захисту;
- БВА – блок виконавчої апаратури;
- ЕПФ - електропривод форсунки;

- ЕПЗ - електропривод заслінки;
- ПП - паливопідігрівач;
- ТРЗ - трансформатор запалення.

Розробка програми, що управляє.

Одним з основних завдань є побудова програми, по якій мікропроцесор при певних сигналах на вході видаватиме відповідні сигнали управління. Для побудови програми необхідно спочатку побудувати ГСА (графічну схему алгоритму). ГСА для даної схеми матиме вигляд на рис.4.4.

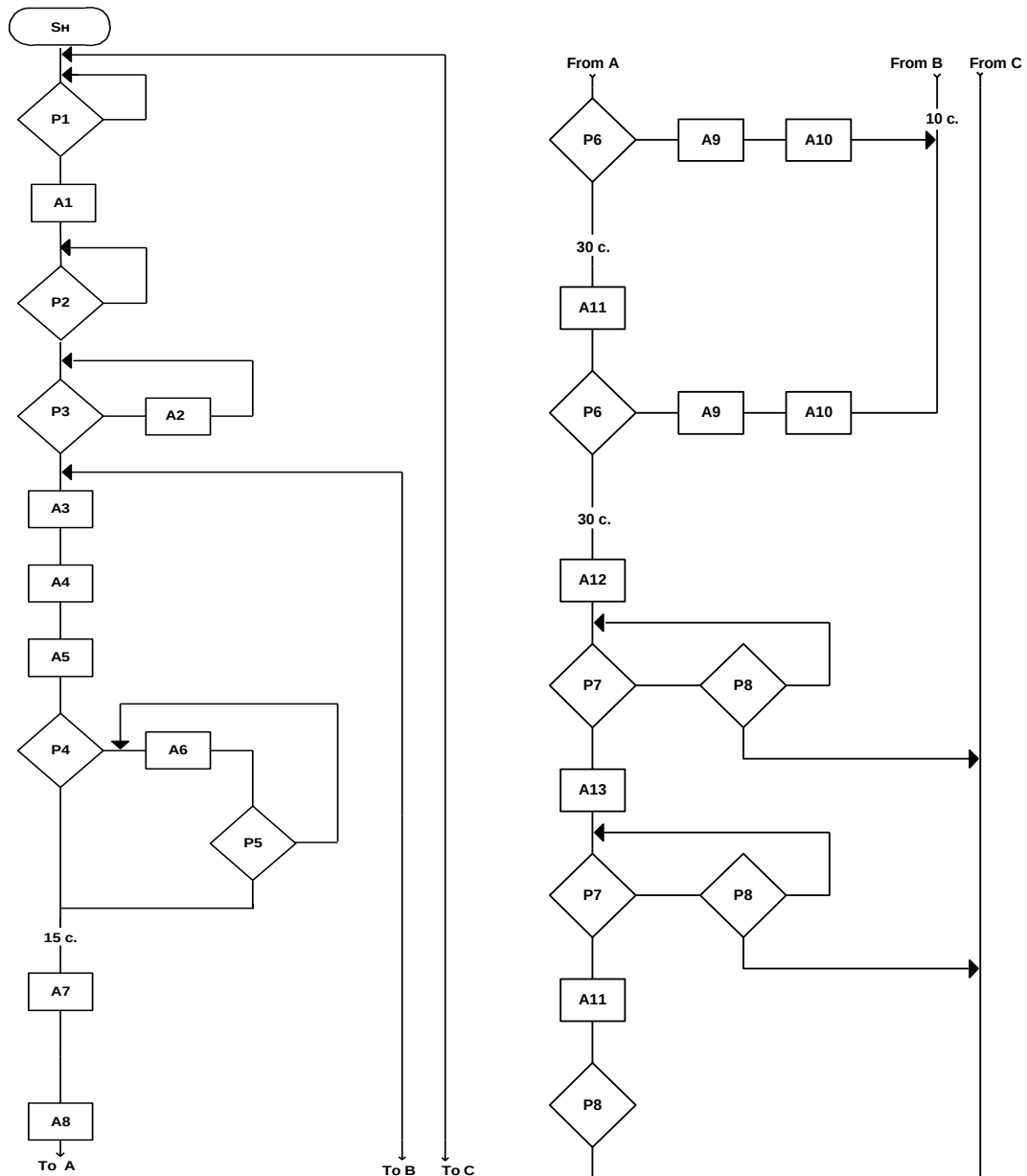


Рис. 4.4- Графічна схема алгоритму.

Опис функціональних і логічних операторів графічної схеми алгоритму:

- Sn - початок роботи програми;

- P1 - перевірка наявності живлення;
- A1 - включення сигнальної лампи «Живлення»;
- P2 - перевірка сигналу «Пуск»;
- P3 - перевірка на несправності;
- A2 - включення сигнальної лампи «Аварія»;
- A3 - включається електродвигун повітряної заслінки;
- A4 - включається вентилятор;
- A5 - включається паливний насос;
- P4 - перевірка виду палива («Так» - D.O., «Ні» - H.F.O.);
- A6 - включається топлівоподогреватель і лампа «Нагріваючи паливо»;
- P5 - перевірка температури палива;
- A7 - включається трансформатор запалення;
- A8 - подача палива через сопло 1;
- P6 - перевірка наявності полум'я;
- A9 - включення сигнальної лампи «Збій полум'я»;
- A10 - відключення A6, A7, A8;
- A11 - подача палива через сопло 2;
- P6 - перевірка наявності полум'я;
- A12 - зупинка трансформатора запалення;
- P7 - перевірка максимального тиску пари;
- A13 - відключення подачі через сопло 2;
- P7 - перевірка мінімального тиску пари;
- P8 - перевірка кнопки «Стоп»;

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

Узагальнені функції систем ДАУ

Система ДАУ пропульсивними установками повинні забезпечувати :

- автоматичне керування повільним провертанням, пуском, реверсом, зміною частоти обертання й зупинкою дизеля по команді, що задає із РР переміщенням сполученої з МТ рукоятки, що задає, без витримок часу в проміжному положенні;
- перехід з ДУ на ДАУ (і назад) при будь-якому режимі роботи дизеля (без порушень цього режиму), погодженому положенні МТ і пускорегулюючою рукоятки системи ДУ;

- захист від неправильних дій суднового персоналу, що приводять до аварійного стану об'єкта, а також від випадкових змін, втрати інформації й порушення програми а випадку несанкціонованого втручання;

- скасування попередньої й виконання останньої команди при надходженні нової до завершення попередньої команди;

- функціонування по двох програмах (нормальної й екстреної): при нормальній програмі долини реалізовуватися всі завдання по керуванню, контролю й захисту, а також програмній зміні швидкісних і навантажувальних режимів при збільшенні й зменшенні частоти обертання дизеля в нормальних експлуатаційних умовах; при екстреній програмі повинні відключатися захист дизеля (крім захисту по розносі), відмінитися обмеження РЧВ, установлюватися підвищене значення пусковий паливоподачі, а також задаватися підвищене значення уставки частоти обертання реверса;

- автоматичний функціональний контроль джерел живлення, датчиків, сигналізаторів, а також перевірку функціонування автоматизованого комплексу при зупиненому або працюючому ДУ дизеля;

- формування стану "Несправність пуску", що блокує пускові ланцюги системи ДАУ при надходженні команди на заборону пуску від пульта ЦПУ або при наявності одного із сигналів: блокування ЦПК, низький тиск пускового повітря, уведене ВПУ, ВР блокований, низький тиск повітря керування системою реверса, допоміжні механізми й системи не готові до роботи, невдалий пуск дизеля на повітрі або паливі;

- формування стану "Несправність автоматики", що блокує пускові ланцюги системи ДАУ в режимах "Пуск" і "Реверс", а також блокує зміну паливоподачі при роботі дизеля на паливі у випадку появи одного із сигналів: низький тиск повітря керування, несправність ланцюгів контролю частоти обертання, електропневмоперетворювача телеграфу, ЕПК, несправність живлення системи ДАУ;

- розблокування системи після усунення причини формування стану "Несправність пуску" або "Несправність автоматики" при установці рукоятки, що задає, на пульті РР у положення "Стоп";

- реверс дизеля на малому ходу без обліку інерції судна протягом не більше 15с із моменту переходу з рукоятки, що задає, через положення "Стоп" до початку усталеної роботи на паливі.

Машинні телеграфи — це синхронні прилади передачі кута, що служать для двостороннього зв'язку між командними пунктами й машинними відділеннями судна. Особливостями машинного телеграфу є розвинена система сигналізації й сполучення елементів синхронного зв'язку, що

працюють на одну шкалу, у єдиному приладі. На судах, як правило, установлюють основні й резервний машинні телеграфи. Основний машинний телеграф являє собою автономну установку синхронних приладів передачі кута, що забезпечує передачу наказів з постів керування судном (рубання, місток) у машинні відділення й передачу з машинних відділень у командні пункти відповідей про прийом наказів, а також одержання в спеціальних постах як переданих наказів, так і прийнятих відповідей. На командних пунктах установлюють датчики-приймачі, у машинні відділення-приймачі датчики машинного телеграфу, а в спеціальних постах - контрольні приймачі машинного телеграфу. У датчику-приймачі й приймачі - датчику об'єднані сельсин-датчик і сельсин-приймач, контрольні ж прилади являють собою сукупність двох сельсинів-приймачів.

Суднові електричні тахометри.

Електричні тахометри, призначені для виміру частоти обертання гребних валів судна, являють собою автономну систему приладів. На судах звичайно встановлюють індукційні системи тахометрів постійний і змінний токи. Основними елементами тахометрів постійного струму є датчики - невеликі магнітоелектричні генератори постійного струму й приймачі-показчики - вольтметри магнітоелектричної системи. Шкали вольтметрів отградуировані на число обертів гребного вала у хвилину. Стрілки приймачів, названих тахометрами вольтметрового типу, відхиляються по шкалі від нуля в обидва боки - «Назад» і «Уперед».

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

Види електричної сигналізації

Електрична сигналізація на судах є невід'ємною частиною багатьох суднових систем: енергетичної установки, допоміжних механізмів,

загальсуднових систем, систем судноводіння н ін. Сигналізація служить для попередження обслуговуючого персоналу про досягнення граничних значень деяких параметрів. Важко уявити собі на судні пристрій або механізм, що не має світлової або звукової сигналізацію, будь то сепаратор або компресор, масляний насос або насос охолодження, основний або аварійний дизель-генератор, авторулевий або гірокомпас. Крім того, є самостійні незалежні схеми сигналізації, наприклад авральна, пожежна й ін. У якості викличний, додаткової і дублюючого зв'язку електрична сигналізація входить у телефонні, телеграфні й інші установки.

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

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

Авральна сигналізація.

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

На пасажирських судах система авральної сигналізації повинна складатися із двох самостійних груп: для пасажирів і екіпажа. Звукові прилади, встановлені в приміщеннях з великою інтенсивністю шумів, повинні забезпечуватися світловою сигналізацією. Тональність звукових приладів авральної сигналізації повинна відрізнятися від тональності звукових приладів інших видів сигналізації. Система авральної сигналізації повинна питатися від акумуляторної батареї, розміщеної вище палуби перебирань і поза межами шахт машинних відділень. Дія авральної сигналізації перевіряється не рідше одного разу за днів і перед виходом судна в рейс із попереднім повідомленням об цьому вахтового помічника капітана.

Пожежна сигналізація.

Установлюється на пасажирських судах валовою місткістю 100 рег. т і більше; на судах спеціального призначення й промислових; на судах, знаком

Г, до яких пред'являються підвищені вимоги пожаростійкості палуб, перебирань, шахт, машинно-котельного відділення й ін.

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

Автоматичні сповіщателі встановлюються у всіх житлових і службових приміщеннях; у коморах вибухових, легкозаймистих і горючих матеріалів; на постах керування; приміщеннях для сухих вантажів; у машинному й котельному відділеннях з автоматизованим керуванням при відсутності в них постійної вахти.

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

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

На пасажирські й прирівняні до них судах у приміщенні вахтового (або пожежного) помічника капітана встановлюється дублююче світлове табло, призначенням якого є оповіщення вахтової служби судна про виникнення пожежі в період, коли приміщення, де встановлене, закрите або не має постійної вахти.

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

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

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

Аварійно-попереджувальна сигналізація (АПС).

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

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

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

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

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

Дія побутової сигналізації перевіряється не рідше одного разу на місяць.

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

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

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

Група приладів оптичної сигналізації складається з номерників і сигнальних ламп, а також переривників світлової сигналізації, призначених для подачі миготливих сигналів. З мініатюрних сигнальних лама, наприклад

СГ24, компонуються світлові табло мнемосхем аварійно-попереджувальної сигналізації й ін.

Включення й відключення ланцюга живлення приладів електричної сигналізації виконуються замикачами. Всі замикачі, застосовувані на судах, механічної дії й відрізняються один від іншого тільки кількістю й розмірами контактів. Кожна пара контактів замикача має зовнішню педаль. Застосовуються два типи замикачів - З.М і З.МР. Замикачі типу З.МР мають більші контакти й конструкцію, виконану у вигляді рубильника. Крім того, функції замикачів ланцюгів живлення електричної сигналізації виконують вихідні реле різних сигналізаторів, датчики, кінцеві вимикачі й ін.

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

4.4 ГМЗСБ і навігація (технічні характеристики та конструктивні особливості електрорадіо-навігаційних пристроїв, та радіозв'язку)

Радіолокатор.

Імпульсні суднові навігаційні РЛС (ИСНРЛС) використовуються в судноводінні для виявлення, визначення координат і параметрів руху різних надводних і берегових об'єктів, берегової лінії й інших перешкод, здатних відбивати енергію зондувальних сигналів убік РЛС. Імпульсні суднові навігаційні РЛС (ИСНРЛС) використовуються в судноводінні для виявлення, визначення координат і параметрів руху різних надводних і берегових об'єктів, берегової лінії й інших перешкод, здатних відбивати енергію зондувальних сигналів убік РЛС. Рішення цих завдань дозволяє забезпечити безпека мореплавання при знаходженні судів в узкостях і інших стиснутих умовах; безпечна розбіжність судів при зниженій або обмеженій видимості; визначення місця судна по відомих берегових або плавучих орієнтирах і за допомогою спеціально встановлюваних РМО.

ИСНРЛС повинні мати достатню розв'язну здатність, точністю виміру відстаней і напрямків на виявляють об'єкти, що, мінімальними габаритними розмірами й масою всієї установки, забезпечуючи при цьому:

- круговий огляд по азимуті, що дає можливість контролювати навколишню надводну обстановку в заданому радіусі дії;

- орієнтацію зображення відбитих сигналів від об'єктів на екрані індикатора як щодо курсу судна (діаметральної площини), так і щодо меридіана (щирого норду);

- надійне виявлення як більших, так і малих низькорозтошованих надводних об'єктів (буї, шлюпки, різні перешкоди) при наявності перешкод від схвильованої морської поверхні, гідрометеорів (дощ, туман, сніг та ін.);

- дальність виявлення об'єктів незалежно від амплітуди хитавиці судна;-

- відтворення на екрані індикатора як відносного, так і щирого руху об'єктів;

Лаг.

Індукційний лаг призначений для виміру швидкості судна й пройденої відстані. Він є відносним вимірником швидкості для індикації швидкості судна й пройденої відстані. Обидва індикатори постачені дистанційною передачею.

Ехолот.

У комплект ехолота (Рис. 4.5) входять наступні прилади:

Прилад 1 є гідроакустичною антеною й служить для перетворення електричної енергії у звукову й навпаки.

Прилад 4 призначений для реєстрації вимірюваної глибини на електротермічного паперу. У ньому також є пристрій для формування синхронізуючого імпульсу запуску й керування роботою ехолота.

Прилад 4Б служить для керування роботою ехолота при відключеному самописі, тобто при індикації глибини за допомогою цифрового

вказівника.

Прилад 4Г забезпечує світлову й звукову сигналізацію про вихід судна на задану глибину.

Прилад 11 являє собою цифрове табло й служить для індикації обмірюваної глибини. Він може повертатися на шарнірі на кут 120° у горизонтальній площині й на 15° у вертикальній площині.

Прилад 16 містить електронні блоки, які утворюють передавальну й приймальну схеми ехолота. Тут же розміщена схема контролю справності основних вузлів ехолота. Прилад 16 також служить для кабельного зв'язку приладів комплексу ехолота між собою.

Прилад 16А містить електронні блоки, що забезпечують роботу цифрового показника глибин. До функціонального вузла ЦУГ ставляться прилади 4Б, 11 і 16А.

Прилад Я — це кабельна коробка, призначена для з'єднання гідроакустичної антени із приладом 16.

Прилад Р — реву́н, призначений для подачі звукового сигналу про вихід судна на задану глибину.

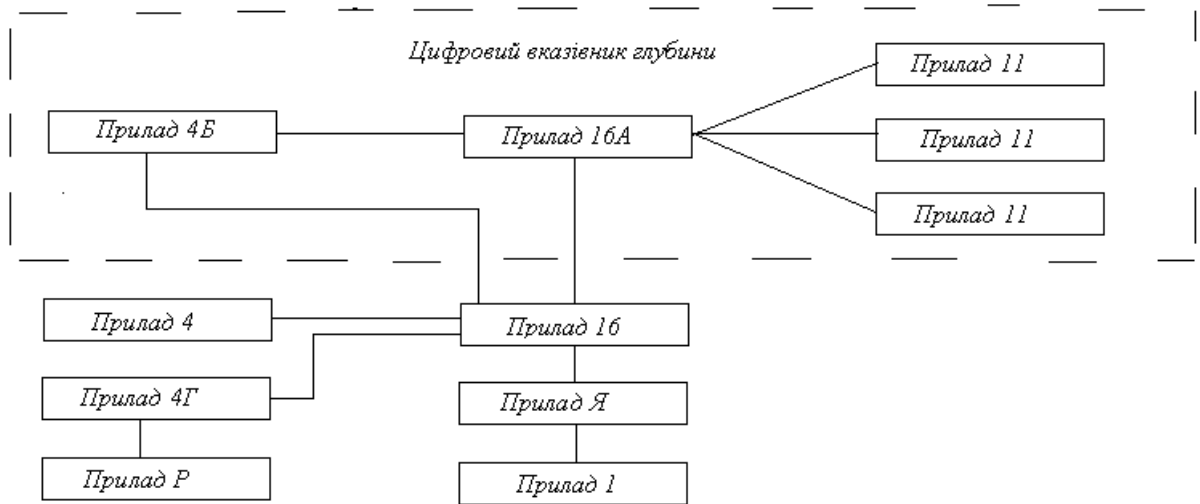


Рис. 4.5- Склад комплекту ехолота

Ехолот М-ЗБ характеризується наступними технічними даними. Самопис має три діапазони: 0-50, 40-90 і 0-500 м. Крім того, є поддіапазон «Малі глибини» (МГ) - менш 10 м. У самописі можна встановлювати повільну або швидку (у два рази більшу) протягання паперу при вимірі глибин у тому самому діапазоні: 20 і 40 мм/хв у діапазонах 0-50 і 40-90 м; 2 або 4 мм/хв у діапазоні 0-500 м. Довжина паперової стрічки в рулоні дорівнює 20 м.

Для визначення діапазону, у якому вироблявся запис глибини самописом, служать наступні ознаки:

- діапазон 0-50 м - наявність нульової (суцільний) лінії й лінії умовної оцінки (штрихової), розташованої над нульовою;
- діапазон 40-90 м - відсутність і нульової лінії, і лінії умовної оцінки;
- діапазон 0-500 м - наявність тільки нульової лінії.

В ехолоті М-ЗБ можлива одночасна робота самописа (прилад 4), цифрового показчика глибин (прилади 4Б, 11, 16А) і прилади сигналізації глибини (прилад 4М). При цьому керування роботою здійснюється із приладу 4. Якщо самопис буде виключений, керування автоматично переводиться на прилад 4Б (у приладі 4 показується напис «Включений показчик»). При відключених самописі й цифровому показчику роботою ехолота управляє прилад 4М.

ВИСНОВКИ

У роботі проведений розрахунок потужності, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції (аналітичний метод); вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ; вибір генераторних автоматів; вибір системи самозбудження синхронних генераторів; розробка алгоритму автоматизації СЕЕС; розрахунки приводу суднового гідравлічного крана, розроблена система автоматизації під час виведення СЕЕС з неструмленого стану, а також розглянуто питання, що стосуються технічної експлуатації суднових електричних систем і комплексів.

Приймаючи до уваги перспективи розвитку та уповсюдження використання елементів електроніки та мікропроцесорних управляючих схем, були виконані розробки по вдосконаленню та покращенню систем управління приводом гідравлічного крана та пожежного насоса.

Для гідравлічного крана був прийнятий до установки частотний перетворювач фірми SIEMENS і для вдосконалення системи управління - контролер фірми MITSUBISHI. Завдяки цьому можна регулювати подачу гідравлічних насосів шляхом регулювання частоти обертання приводного двигуна.

Для автоматизації пожежного насоса прийнято мікропроцесорну систему управління на базі мікроконтролера AT 89C2051.

У ході розрахунку СЕЕС аналітичним методом було обрано 3 ДГ та 1 АДГ фірми STAMFORD, а також виконано розробку автоматизації виведення СЕЕС із знеструмленого стану.

Розглянуто вимоги до електроприводів суднових вантажопідйомних кранів, контроль параметрів, а також порядок виконання оглядов та перевірок при експлуатації суднового електрообладнання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Богословський І.Н. Суднові електроприводи. У двох томах.- Л.: Суднобудування, 1983. 730 с.
2. Довідник “Суднові електроприводи”, 1,2 тім /під ред. Богословського А.П./– Л.:Суднобудування,1983
3. Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови суден внутрішнього плавання, Транспорт. 2007-916 с.
4. Піпченко А.Н. Розрахунок судових електроенергетичних систем. Навчальний посібник з курсового і дипломного проектування.–М.: У/ПРО “Мортехінформреклама”,1998
5. Яковлев М.С. Судові електроенергетичні системи. Л.: Суднобудування, 1987. 269 с.
6. Баранов А.П. Суднові автоматизовані електроенергетичні системи. М.:
7. Клинецвич Г.Н., Выживаемость терпящих бедствие на море М., «Транспорт», 1977.
8. Правила техники безопасности на судах морского флота РД 31.81.10-91
9. Колегаєв М.О., Іванов Б.М., Басанець М.Г. Під редакцією В.В.Пономаренка. Безпека життєдіяльності і виживання на морі: Навч. посібн. Друге видання - перероблене та доповнене./ Одеська нац. морська академія. – Одеса, 2008. – 416 с.
10. Современные методы и средства борьбы с разливами нефти [Текст]: наук.- практ. посіб. / А.И. Вылкован, Л.С Венцюлис, В.М. Зайцев, В.Д. Филатов – СПб.: Центр – Техинформ, 2000. – 204 с.
11. Васильєв В.Н., Горін А.А.Довідник судового механіка по стернових приводах. Одеса: Моряк, 1982. 200 стор.
12. Власенко А. А. Суднова електроавтоматика. М.: Транспорт, 1983.
13. Довідник судового електротехніка, 1,2 том /під ред. Китаєнко Г.И. / –Л.: Суднобудування,1980
14. Захарченко В.Н., Електрообладнання суден: електричні станції. Одеса, ОНМА, 2003. – 119 с.
15. Іванов Б.И. Техніка безпеки на судах морського флоту. Навчальний посібник. М.: У/ПРО “Мортехінформреклама”, 1985
16. Коноваленко Л.К. Техніка безпеки при експлуатації електроустановок на морському транспорті. -М.: Транспорт,2002

17. Коноваленко Л.К., Коноваленко А.В. Електротехнічна безпека на морському транспорті. Одеса: „Друк”, 2002. 172 с.
18. Лейкін В.С. “Суднові електростанції і мережі”—М.:Транспорт,1973
19. Никифоровский Н.Н., Норневский Б.И. Суднові електричні станції. - Транспорт, 1974. – 432с.
20. Піпченко А.Н. Розрахунок суднових електроенергетичних систем.- М.: Мортехінформреклама, 1988. 39 с.
21. Правила техніки безпеки на судах морського флоту. РД 31.81.10–85.М.: У/ПРО “Мортехінформреклама”, 1985
22. Правила технічної експлуатації суднових технічних засобів. РД31.21.30-83. - М.: В/О «Мортехинформреклама», 1984. - 388 с.
23. Самонов Ф.А. Автоматизовані електроприводи і системи управління курсом судна. Одеса: Моряк, 1989. 39 с.
24. Самонов Ф.А. Автоматизовані електроприводи стернових пристроїв і систем управління курсом судна. Методичні вказівки до курсового та дипломного проектування, Одеса; ОНМА, 2001
25. Суднові електроприводи: Справочник/ А.П.Богословській і ін. - В двох томах. Т.2. - Л.: Суднобудування, 1983. - 384 с.
26. Силова електроніка і преосвітня техніка: Методичні вказівки і завдання для розрахунково-графічний, контрольних і лабораторних робіт / Бодашко В.В. - Одеса: ОНМА, 2005. - 32 с.