

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НУ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально – науковий інститут автоматики та електромеханіки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

на тему:

**Електрообладнання, електронна апаратура і системи
управління контейнеровоза місткістю 5400 контейнерів**

Виконав: студент курсу,
спеціальності
271 – Річковий та морський транспорт
(шифр і назва спеціальності)
Спеціалізація: «Експлуатація суднового
електрообладнання і засобів автоматики»

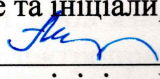
Клеваний О.О. 
(підпис, прізвище та ініціали)

допущений до захисту 16.06.2021
(дата малого захисту)

Завідуючий кафедрою Т.М. Гвоздева
(підпис, прізвище та ініціали)

Керівник Михайленко В.С. 
(підпис, прізвище та ініціали)

Нормоконтролер Михайленко В.С. 
(підпис, прізвище та ініціали)

Рецензент А.І. Шестак 
(підпис, прізвище та ініціали)

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально – науковий інститут автоматики та електромеханіки
Спеціалізація: Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики
Кафедра електрообладнання і автоматики суден

Затверджую

Зав. кафедрою

„11” 05 2021 р.

І.М. Гвоздева

ЗАВДАННЯ ПО ДИПЛОМНОЇ РОБОТІ КУРСАНТА

Клеваний О.О.

(прізвище, і'мя, по батькові)

1. Тема роботи: Електрообладнання, електронна апаратура і системи управління контейнеровоза місткістю 5400 контейнерів.

затверджена наказом по академії від „15” 06 2021 р.
№ 819

2. Строк здачі курсантом закінченої роботи 16.06.2021

3. Вихідні дані до роботи: Методичні вказівки до виконання дипломної роботи бакалавра для курсантів денної та заочної форми навчання; суднова технічна документація; довідкова література; реєстр судоплавства

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

Загальні відомості про судно (корпус, рушій, вантажні приміщення); загальні відомості про головну та допоміжну енергетичні установки (двигуни, котли, допоміжні механізми, суднові системи. Розрахунок потужності та вибір електродвигуна одного з основних суднових електроприводів (за завданням). Розрахунок і вибір числа, потужності, і типу генераторних агрегатів основної та аварійної електростанції. Аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки. Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації, та внутрішнього зв'язку;

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

5.1 Принципова електрична схема силової частини електроприводу насоса.

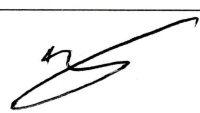
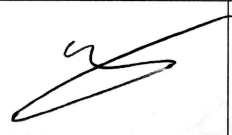
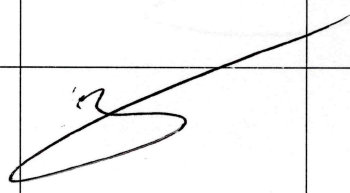
5.2 Однолінійна схема ГРЩ і АРЩ

5.3 Принципова електрична схема системи збудження

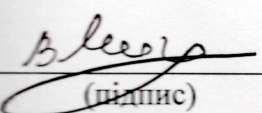
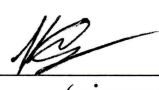
5.4 Граф-схема алгоритму функціонування СДГ

5.5 Структурна схема системи управління технічним об'єктом

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

Розділ	Консультант	Підпис і дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА	Мехаленко В.С.		
РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДА	Мехаленко В.С.		
РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ	Мехаленко В.С.		
АНАЛІЗ СИСТЕМ І ПРИБОРІВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ	Мехаленко В.С.		
ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОЇ ОБОРОНИ І ОХОРОНА ПРАЦІ	Мехаленко В.С.		

7. Дата видачі завдання 5.04.2021

Керівник  (підпис) Завдання прийняв до виконання  (підпис)

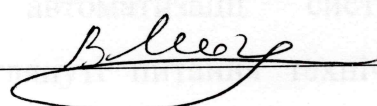
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА	5.04 - 10.04.21	век
2	РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДА	10.04 - 15.04.21	век
3	РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ	15.04 - 30.04	век
4	АНАЛІЗ СИСТЕМ І ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ	30.04 - 15.05	век
5	ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОЇ ОБОРОНИ І ОХОРОНА ПРАЦІ	15.05 - 30.05	век

Студент-дипломник



Керівник



РЕФЕРАТ

У дипломній роботі наведено опис контейнеровоза місткістю 5400 контейнерів, його силової установки, допоміжних механізмів і систем. Зроблено вибір електрообладнання, розрахована потужність, вибран електродвигун і система керування двигуном насоса охолодження головного двигуна, зроблено вибір генераторних автоматів.

Розроблені однолінійна схема ГРЩ і схема системи самозбудження генераторів. Зроблено опис системи розподілу електроенергії по судну.

Приведено розрахунок суднової електроенергетичної системи. Розраховано потужність і вибрано число агрегатів суднової електростанції. Вибрано засоби вимірювання параметрів електроенергії та електричної ізоляції. Розроблено суднові мережі електричного освітлення.

Виконано опис системи комп'ютерного моніторинга параметрів об'єктів СЕУ, а також зроблено функціональну схему автоматизації системи управління підтримки ДГ в прогрітому стані. Розглянуті питання технічної експлуатації судового електроустаткування та деяких механізмів, а також питання охорони праці та охорони навколишнього середовища, а також міжнародні конвенції та охоронні заходи на судні.

СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВІД, СУДНОВА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ,
Інтегрована система управління, алгоритм системи
управління

ANNOTATION

In the diploma work of bachelor the choice of an electric equipment, electronic equipment and a control system of the Containership with a capacity of 5400 containers, its propulsion system, auxiliary machinery and systems. It is the choice of electrical power is calculated, the election of the fire pump motor main engine cooling and motor control system using the controller, choosing generating machines, the analysis of the concept of automation of the ship's fire-extinguishing systems and alarms. Developed a single-line diagram of the main switchboard and the system of self-excitation circuit generators. Made description power distribution system on the ship. The calculations of the ship's power system. Calculated power and the number of selected units generated by ship power plant. Selected measuring parameters of electric power and electrical insulation. Developed marine network of electric lighting. Achieved description of computer monitoring system parameters EMS facilities, and made functional diagram fire extinguishing control system automation. The problems of technical operation of electrical equipment and some judicial mechanisms, as well as issues of occupational safety and environmental protection, as well as international conventions and conservation activities on the ship.

SHIPPING ELECTRIC DRIVE, SHIP ELECTRIC STATION, INTEGRATED
SYSTEM OF MANAGEMENT, ALGORITHM OF THE MANAGEMENT
SYSTEM

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	9
ВСТУП	10
1.ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТАКОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА, ГОЛОВНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ, ДОПОМІЖНИХ МЕХАНІЗМІВ ІСИСТЕМ	12
1.1 Загальні характеристики судна	12
1.2 Основні суднові системи	13
2.РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ І ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДУ	15
2.1Принцип роботи суднового брашпилю	15
2.2 Розрахунок потужності та вибір електродвигуна	16
2.3 Вибір системи живлення і управління електроприводом	17
2.4 Інструкція з експлуатації ЕД	21
3.РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ	23
3.1. Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції	23
3.2 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ	32
3.3 Розрахунок струмів короткого замикання. Вибір комутаційно-захисної апаратури ГРЩ, вибір генераторних автоматів, електровимірювальних приборів	41
3.4Вибір системи самозбудження генераторів	47
3.5 Розрахунок провалу напруги при пуску найбільш потужного споживача електроенергії	49
3.6 Вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної схеми АСУ СЕЕС	52
3.7 Загальні відомості про мережі суднового електричного освітлення, суднові сигнально-відмітні вогні, низьковольтне освітлення	59
4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ	62

4.1 Технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем	62
4.2 Аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки	66
4.3. Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації, та внутрішнього зв'язку	70
4.4. Технічні характеристики та конструктивні особливості електро-, радіо- навігаційних пристроїв, та радіозв'язку	74
5. ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОЇ ОБОРОНИ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	78
ВИСНОВКИ	79
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ	80
ДОДАТКИ	82

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

- АВ - Автоматичний вимикач.
- АДГ - Аварійний дизель - генератор.
- АПС - Аварійно - попереджувальна сигналізація.
- АРЩ - Аварійний розподільний щит.
- АРН - Автоматичний регулятор напруги.
- ГД - Головний двигун.
- ГА - Генераторні агрегати.
- ГСА - Граф схема алгоритму.
- ГРЩ - Головний розподільний щит.
- ДАУ - Дистанційне автоматичне управління.
- ДГ - Дизель - генератор.
- ЕЗА - Електричні засоби автоматизації.
- КЗ - Коротке замикання.
- СЕУ - Суднова енергетична установка.

Сучасне судно, навіть найменше, як правило, оснащене самою різноманітною апаратурою, яка працює від електричного струму. Суднові електростанції, є найбільш поширеним джерелом електроенергії, як на річкових, так і на морських судах. Під терміном «Суднові електростанції» прийнято розуміти електричну систему, основними функціями якої є вироблення електричної енергії[3].

Допоміжними функціями такий електроустановки будуть перетворення частоти і напруги струму і розподіл електричної енергії між різними споживачами. Будь-яка суднова електростанція, як правило, складається з двох основних елементів: джерела електроенергії і розподільного вузла. Класифікувати суднові електростанції можна за кількома різними параметрами. Мова йде про призначення, тип первинного джерела енергії, рід струму, спосіб управління і методи відбору струму. Виділяється три основних типи призначення: основне призначення, спеціальні електростанції та аварійне призначення. Якщо електростанція забезпечує все судно електричною енергією, не залежно від того, в якому режимі йде робота, то таку станцію називають основним джерелом енергопостачання. Кількість першоджерел енергії у такої станції повинно бути кілька, але не менше двох. Розподільний вузол основний електростанції прийнято розміщувати в приміщенні головного пульта управління, а джерела електроенергії – у машинному відділенні судна [4].

Для найбільш важливих пристроїв судна прийнято передбачати окремі спеціальні суднові електростанції. Такими пристроями є гребні, черпакові установки та інші механізми. На випадок виходу з ладу основної електростанції передбачається аварійне джерело електропостачання. Суднові електростанції можуть мати різноманітні джерела енергії, але найпоширенішим і оптимальним на сьогоднішній день є дизель – генератор. Крім дизельних двигунів можуть застосовуватися також бензинові, парові, газові і турбінні двигуни. Крім джерела струму критерієм для систематизації може служити рід струму (змінний або постійний). Змінні джерела струму переважно в якості основних джерел електропостачання судна. Спеціальні ж суднові електростанції в більшості

випадків застосовують постійний рід струму. В якості аварійних джерел можуть виступати суднові електростанції, як постійного, так і змінного струму.

В плані способу управління розрізняють суднові електростанції з ручним і автоматизованим управлінням. В даний час краще використовувати другий тип. 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 судових технічних засобів. На сучасних судах кількість споживачів електроенергії суднової електростанції безупинно збільшується, потужності споживачів ростуть, відповідно ростуть і потужності судових електричних станцій [2].

1. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА, ГОЛОВНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ, ДОПОМІЖНИХ МЕХАНІЗМІВ І СИСТЕМ

У дипломній роботі розглядається електрообладнання та системи керування контейнеровоза місткістю 5400 контейнерів.



Рисунок 1.1 – Від судна

Місткість судна складає 5400 контейнери. Підрулюючі пристрої знаходяться у носовій частині судна (потужність 1500 кВт). Надбудова складається із шести палуб. Район плавання – необмежений, швидкість судна в повному вантажі при експлуатаційній потужності СГД становить 23 вузла. Основні параметри та розміри будови судна записані у таблиці 1.1.

ІМО номер: 9321483

Ім'я: EMMA MAERSK

Тип судна - загальний: Cargo - Hazard A (Major)

Тип судна - Детальніше: Container Ship

Статус: Активно

MMSI номер: 220417000

Позивний: OYGR2

Прапор: Denmark [DK]

Валова місткість: 66 542

Дедвейт: 74239 t

Найбільша довжина судна x Найбільша ширина: 287.71 x 46.55 m

Рік побудови: 2006

Таблиця 1.1 – Основні відомості судна

Виробник	Корея
Тип судна	Контейнеровоз
Довжина судна	287,7 м
Ширина судна	46,55 м
Дедвейт	74239 т
Валова місткість	66542 т
Експлуатаційна швидкість	18 вузлів
Кількість трюмів	7

Таблиця 1.2 – Основні відомості головного двигуна

Виробник	HDS-Wartsila
Марка	13RTA98
Потужність	62588 кВт
Частота обертів	106 об/хв
Кількість циліндрів	14
Діаметр циліндра	0,96 м
Хід поршня	2,8 м
Середня швидкість поршня	9,5 м/с

Таблиця 1.3 – Основні відомості ДГ та ВГ

Виробник	TAIYO
Потужність валогенератора	2000 кВт
Потужність електрогенератора	2750 кВт
Напруга	6600 В
Частота струму	60 Гц
Частота обертів	740 об/хв
Кількість циліндрів	8

Таблиця 1.4 – Основні відомості судової електростанції судна

Рід струму	Змінний, трифазний
Частота судової мережі	60 Гц
Напруга силової мережі	6600, 440 В
Напруга освітлювальної мережі	220 В
Напруга живлення акумуляторів	24 В

Підрулюючий пристрій запускається через автотрансформатор.

Клас автоматизації судна - А1

2. РАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ І ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДУ

2.1. Принцип роботи суднового брашпилю

Брашпиль - палубний механізм лебедочного типу представляє собою (в найпростішому варіанті) горизонтальний воріт. Використовується для підйому якорів і створення натягу тросів при швартуванні. Має горизонтальний вал, на відміну від шпиля. Призначений для обслуговування якорних ланцюгів обох бортів. Брашпили бувають електромеханічні (рис.2.1), парові, гідравлічні, ручні. Крім якорів і якорних ланцюгів в якорне пристрій судна входять шпилі, брашпили, якорні клюзи, ланцюгові стопори, кнехти і пристосування для кріплення якорного ланцюга [12].



Рисунок 2.1 – Брашпиль з електроприводом

2.2.Розрахунок потужності та вибір електродвигуна

Враховуючи номінальну вантажопідйомність 6т проектованого механізму, найкраще підходить трифазний асинхронний двигун змінного струму, розрахований на повторно-короткочасний режим роботи.

Попередній вибір потужності двигуна для механізму підйому крана здійснимо по формулі [1]:

$$P = \frac{(Q + Q_0) \cdot V}{102 \cdot \eta} \tag{3.1}$$

де Q= 8000кг, - вага якоря, що піднімається, кг;
Q₀ - вага вантажозахватного пристрою;
η = 0,88 - коефіцієнт корисної дії механізму підйому.
Q₀ = 60 кг;
V - швидкість підйому вантажу, м/с;

$$V = 18 \frac{м}{хв} = \frac{22}{60} = 0,37 \frac{м}{с} \tag{3.2}$$

$$P = \frac{(Q + Q_0)V}{102\eta} = \frac{(8000 + 60)0,37}{102 \cdot 82} = 35,6кВт \tag{3.3}$$

В якості електродвигуна шпилью, розрахованим на масу вантажу 6т, обираємо асинхронний двигун з короткозамкненим ротором фірми Ноуег IE2 marine electric motors are manufactured: HMC2 160L, потужністю – 40кВт.

Таблиця 2.1- Технічні характеристики

Двигун	Потуж	Об/хв. *	Струм при 440 В, А*	ККД, %*	Коеф. потужн.*	Іп/ Ін	Мп/М н	Мтах/М н	Момент інерції, кгм ²
HMC2 160L-	40кВт	2520	55	93	0,88	8,8	4,2	2,3	0,45

2.3 Вибір схеми живлення та управління

На судах залишається актуальним використання класичних релейно - контакторних схем управління. Дана схема має ручне управління. Релейно-контакторна схема включає в себе наступні елементи: лампи індикації прямого та реверсивного пуску, сигнал високого вантажу та лампу аварійної ситуації (EL1, EL2, EL3, EL4 – відповідно). Основними елементами даної схеми являються саме котушки контакторів KM1 і KM2. Також на схемі присутні чотири кнопки управління: прямий пуск (SB3), реверс (SB4), кнопка стоп (SB2) і кнопка аварійний стоп (SB1). В якості захисту від перегріву двигуна, в силовій частині схеми присутні теплове реле: KK1, які відмикають схему управління. Також на схемі присутній датчик високого вантажу F, який вимикає ланцюг живлення реверсивного пуску. Розглянемо алгоритм роботи даної схеми:

При натиску кнопки SB4 «Реверсний пуск», котушка контактора KM2 отримує живлення через нормально замкнуті контакти SB1, SB2, KM1.2 і KK1.1. Отримав живлення, котушка контактора KM2 замикає головні контакти KM2 та додаткові контакти: KM2.1 (самопідхват), KM 2.3 (ланцюг індикації «Двигун у режимі реверсу»). Також розмикається один додатковий контакт KM2.2 у ланцюгу живлення котушки контактора KM1.

Зупинка двигуна здійснюється натиском кнопки SB2 «Стоп». Після натиску кнопки SB2, котушки контакторів KM1 та KM2 – припиняють отримувати живлення. Головні контакти котушок KM1, KM2 та всі додаткові контакти цих котушок повертаються в початковий стан (нормально відкриті та нормально закриті – відповідно). При спрацьовуванні теплового реле KK1 розмикається нормально замкнутий контакт KK1.1 і ланцюг управління також залишається без живлення. Замикається нормально відкритий контакт KK1.2 і загається лампа EL4 «Аварія». Аварійна зупинка двигуна також здійснюється натиском кнопки SB1 «Аварійний стоп». Вона в свою чергу розташована поряд з механізмом двигуна. Після її натиску, знімається живлення з котушок контакторів KM1, KM2 та всі додаткові контакти цих котушок повертаються у початковий стан, а також замикається нормально відкритий контакт SB1.1 і загоряється лампа EL4 «Аварія». Окрім теплового реле, в даній схемі присутній захист від натягу

якірного ланцюгу. Він представляє собою тензовимірювальний пристрій з нормально відкритим контактом. При спрацюванні датчика натягу F, замикається його нормально відкритий контакт і котушка контактора KV1 отримує живлення. Після цього котушка контактора KV1, розмикає додатковий контакт KV1.1 у ланцюгу реверсивного пуску двигуна. В той же час знімається живлення с котушки KM2 і ланцюг управління залишається без живлення. Замикається нормально відкритий контакт KV1.2 у ланцюгу індикації та загорається лампа EL3 «Високий натяг».

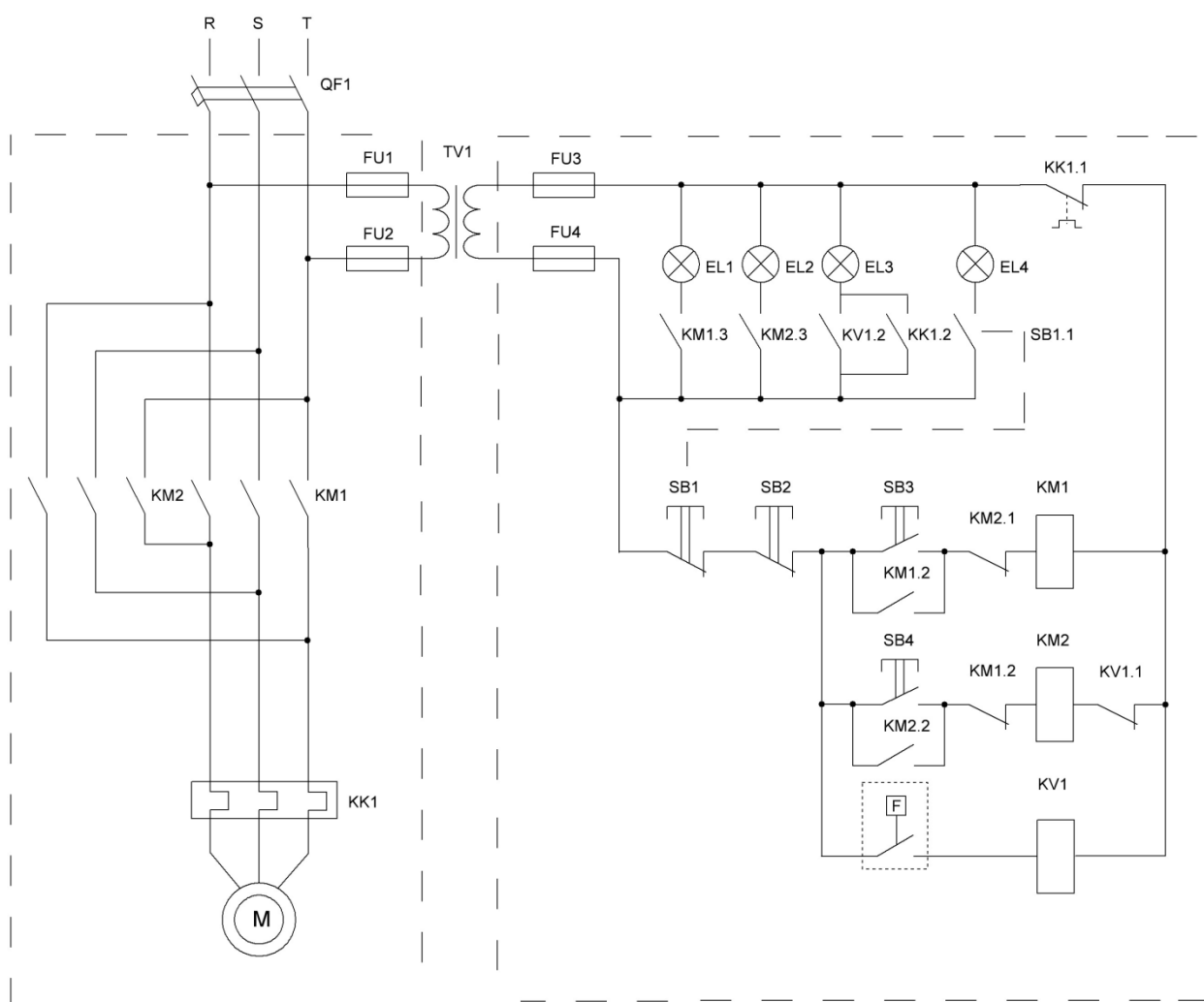


Рисунок 2.2 – Схема управління ЕП брашпіля

2.3.1 Розрахунок і вибір комутаційно-захисної апаратури

Ефективним засобом захисту двигуна є автоматичний вимикач [1]. Автоматичний вимикач, володіючи максимально струмового захисту, захистів двигун від надмірного зростання струму в ланцюзі обмотки статора, наприклад, при обриві фази або пошкодження ізоляції. При цьому він обереже живить ланцюг від короткого замикання у двигуні. Автоматичний вимикач, з тепловим розчеплювачем, мінімальним розчеплювачем напруги або нульовим розчіплювачем, здатний захистити двигун і від інших можливих аварійних режимів.

В даний час, це один з ефективних захисних пристроїв асинхронних двигунів і ланцюгів, в яких вони працюють. При великих перевантаженнях по струму можна використовувати плавкі запобіжники. Однак треба враховувати, що це апарат разової дії, вимагає заміни при виході з ладу. Крім того, вихід з ладу одного з запобіжників в ланцюзі обмотки статора може спровокувати неपूर्णфазный режим роботи двигуна і його пошкодження. Для вибору автоматичного вимикача, що підключає електропривід центробежного насосу до мережі трифазного змінного струму, знайдемо розрахунковий струм по формулі [1]:

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H} \quad (2.1)$$

де, P_H - потужність електродвигуна насосу;

U_H - напруга живлення ЕД;

$\cos \varphi_H$ – коефіцієнт потужності приймача.

Але згідно з технічними даними ЕД, ми вже знаємо $I_H = 55$ А. Тож можна не проводити зайві розрахунки.

Для вибору автоматичного вимикача, що підключає електропривід центробежного насосу до мережі трифазного змінного струму, знайдемо розрахунковий струм по формулі:

$$I_H = \frac{P_H \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H} \quad (2.4)$$

де, P_H - потужність електродвигуна насосу;

U_H - напруга живлення ЕД;

$\cos \varphi_H$ – коефіцієнт потужності приймача.

Але згідно з технічними даними ЕД, ми вже знаємо $I_H = 55$ А. Тож можна не проводити зайві розрахунки. Згідно данного струму вибираємо автоматичний вимикач фірми ВА 47-29,63А основні характеристики якого:

Таблиця 2.1 - Характеристики АВ

Кількість полюсів	3
Номинальний струм	63 А
Номинальная відключає здатність, кА	4,5 кА

2. 4 Інструкція з експлуатації ЕД

Пуск електродвигуна дозволяється після підготовки до дії його й механізму, що приводить у рух. Після пуску електродвигуна необхідно переконатися у відсутності його перевантаження, стороннього шуму й неприпустимої вібрації.

При мимовільній зупинці електродвигуна необхідно відключити живлення, з'ясувати і усунути причину зупинки. Повторювати пуск електродвигуна до усунення причин його зупинки забороняється, за винятком випадків, коли тривала зупинка електродвигуна може викликати аварійну ситуацію.

Якщо для усунення несправності електродвигун необхідно вивести із дії, а цього за умовами використання зробити не можна, або усунення несправності судновими засобами неможливо, допускається тимчасове використання електродвигуна з несправним вузлом за умови вживання заходів, що забезпечують його роботу з обмеженнями (зниження навантаження, посилене охолодження й т.п.)[12].

При оглядах з повним розбиранням виконують роботи з очищенням всіх деталей, заміні змащення, нанесенню покривного лаку, ревізії контактних з'єднань і кріплень, відновленню пайки, регулюванню і т.п. Також виконують наступне:

- 1) Промити, при необхідності, обмотки й інші доступні місця рекомендованим миючим засобом;
- 2) Відремонтувати зношені місця ізоляції обмоток, просочити їх лаком і покрити емаллю, просушити обмотки;
- 3) Перевірити повільність ходу і чіткість фіксації АВ, пакетних вимикачів і перемикачів;
- 4) Перевірити стан наявних ущільнень.

Повну розборку електродвигуна виконують у наступному порядку [5]:

1. Виконати перед демонтажем вимірювання необхідних параметрів, занести результати до журналу технічного обліку;

2. Промаркувати відмикаючі кабелі, котушки збудження і положення траверси, відновити стерті або ушкоджені мітки;
3. Від'єднати всі жили кабелів, закоротити їх і заземлити;
4. Від'єднати машину від спареного з нею механізму;
5. Відкрутити болти, які утримують машину на фундаменті, усунути установочні штифти;
6. Промаркірувати прокладки під лапами машини;
7. Зняти муфту за допомогою знімача;
8. Зняти торцеві кришки підшипників;
9. Зняти щити за допомогою віджимних болтів;
10. Витягнути ротор із статора;
11. Зняти підшипники та замінити на нові;
12. Прийняти міри для попередження ушкодження ізоляції обмоток.

3. РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

3.1. Розрахунок і вибір кількості, потужності і типу генераторних агрегатів основної і аварійної електростанції для характерних режимів роботи судна.

Розрахунок потужності суднової електростанції виконуємо за допомогою табличного метода. По заданих параметрах електродвигунів (номінальна потужність P_H , кВт; ККД двигуна η_H , %; коефіцієнт потужності $\cos\varphi$), а також по заданим кількостям одночасно працюючих однотипних електродвигунів N_P , та коефіцієнту завантаження K_3 , %, були розраховані наступні параметри:

Споживча потужність одного електродвигуна [7]:

$$P_{II} = \frac{P_H}{\eta}, \text{ кВт} \quad (3.1.1)$$

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

При тривалому режимі роботи

$$P_{уд} = P_{II} K_3 N_P, \text{ кВт} \quad (3.1.2)$$

$$Q_{уд} = P_{уд} \operatorname{tg} \varphi, \text{ квар} \quad (3.1.3)$$

При короткочасному режимі роботи

$$P_{ук} = P_{II} K_3 N_P, \text{ кВт} \quad (3.1.4)$$

$$Q_{ук} = P_{ук} \operatorname{tg} \varphi, \text{ квар} \quad (3.1.5)$$

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

При тривалому режимі роботи

$$P_{TD} = \sum P_{UD}, \text{ кВт} \quad (3.1.6)$$

$$Q_{TD} = \sum Q_{UD}, \text{ квар} \quad (3.1.7)$$

При короткочасному режимі роботи

$$P_{TK} = \sum P_{UK}, \text{ кВт} \quad (3.1.8)$$

$$Q_{TK} = \sum Q_{UK}, \text{ квар} \quad (3.1.9)$$

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

$$P_{ОБЩ} = P_{TD} k_{PT} + P_{TK} k_{PK}, \text{ кВт} \quad (3.1.10)$$

$$Q_{ОБЩ} = Q_{TD} k_{PT} + Q_{TK} k_{PK}, \text{ квар} \quad (3.1.11)$$

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

$$S_{ОБЩ} = \sqrt{P_{ОБЩ}^2 + Q_{ОБЩ}^2}, \text{ кВА} \quad (3.1.12)$$

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

$$\cos \varphi_{CP} = \frac{P_{ОБЩ}}{S_{ОБЩ}} \quad (3.1.13)$$

Таким чином розраховується кожний з режимів роботи судна.

Треба відзначити, що в таблиці є дві категорії споживачів, що розрізняються за протягом часу включення на: безперервно працюючі та періодично працюючі. Періодично працюючі споживачі – це споживачі час роботи яких займає 15-70% від часу розгляданого режиму. Безперервно працюючі – такі, що працюють більш ніж 70% режиму. Якщо споживач не працює в даному режимі, то в стовбці коефіцієнта загрузки для нього ставиться нуль. Внизу таблиці приводять сумування активної, реактивної та повної потужностей усіх споживачів. Після цього необхідно порахувати сумарну потужність з урахуванням коефіцієнта різночасності, що враховує різницю графіків роботи споживачів електроенергії та можливість їх сумісної роботи в даному режимі, а також втрати у мережі. Цей коефіцієнт визначається по відношенню потужностей споживачів, а саме: якщо $P_{БП} > P_{ПП}$ то $K_p = 1,0 \dots 0,8$; якщо $P_{БП} = P_{ПП}$ то $K_p = 0,8 \dots 0,7$; якщо $P_{БП} < P_{ПП}$ то $K_p = 0,7 \dots 0,6$. В нашому випадку $P_{БП} < P_{ПП}$, тому вибираємо $K_p = 0,7$. На останньому етапі отримують сумарну потужність що буде споживатися у даному режимі шляхом сумування потужностей БП та ПП споживачів із урахуванням коефіцієнта $K_{\Pi} = 1,03$, що враховує втрати потужності в мережі [7].

Потужність генераторів вибирають згідно з середнім коефіцієнтом потужності. У випадку, якщо $\cos \varphi_{CP} \geq 0,8$, то генератори треба обирати по активній потужності, в іншому випадку – по повній. У даний час найпоширенішим є метод таблиць, який вважається порівняно простим, наочним та універсальним. У табличному методі випадковість споживання враховується за допомогою так званих коефіцієнтів завантаження і одночасності, в тому або іншому ступені характеризуючи особливості процесу споживання. Окрім цього табличний метод показує розрахунок наступних режимів судна [10]:

- ходовий режим;
- маневровий режим;
- стоянковий режим (з виконанням вантажних операцій);

- аварійний режим (пожежа, надходження води в корпус або наявність інших чинників, що впливають на безпеку плавання судна, при роботі основного джерела електроенергії). В даній дипломній роботі результати розрахунків СЕЕС під час всіх вище наведених режимів роботи судна, буде виконаний табличним методом. Результати розрахунків з таблиці навантажень (табл.3.1), дозволяють обрати кількість і потужність електрогенераторів для кожного режиму. Тому, враховуючи цей фактор та опираючись на проведені розрахунки, можемо обирати тип та кількість генераторів, а також приведемо їх номінальні та паспортні значення у таблиці 3.2.

Таблиця 3.1. Підсумкова таблиця навантажень

Найменування режиму роботи	Сумарна споживана потужність*			Кількість проц. СДГ
	Р, кВт	Q, кВАр	S, кВА	
Ходовий	1409	978	1715	2 (ДГ+ВГ)
Стоянковий с вантаж.оп.	2815	1495	3187	2 (ДГ)
Маневровий	2919	1364	3222	4 (ДГ)
Аварійний	131	55	142	1 (АДГ)

Сумарне навантаження з урахуванням коефіцієнту різночасності ($K_p=0,80$) та витрат у мережі ($K_n=1,05$).

Таблиця 3.2 – Основні характеристики СДГ

Виробник	DAIHATSU
Модель	MFG8DK
Кількість	4
Потужність	3438 кВА(2750) кВт
Напруга	6600 В
Сила струму	306 А
Частота обертання	850 об/хв
Частота мережі	60 Гц

Основні характеристики валогенератору вказані у таблиці 3.3

Таблиця 3.3 – Основні характеристики валогенератору

Виробник	TAIYO
Модель	130C
Кількість	1
Потужність	2000 кВт
Напруга	6600 В
Частота обертання	80 – 100 об/хм
Частота мережі	60 Гц
Коефіцієнт потужності	0,8
Клас ізоляції	F

Для аварійного режиму використовується аварійний дизель генератор. Паспортні дані наведені у таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Основні характеристики АДГ

Модель	NTA86DM
Кількість	1
Потужність	250 кВт (312 кВА)
Напруга	450 В
Частота обертання	1900 об/хв
Частота мережі	60 Гц
Коефіцієнт потужності	0,8
Клас ізоляції	F

Отже вибір кількості та потужності генераторів проведений вірно, та відповідає вимогам регістру [5].

3.1.1 Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії.

Декілька акумуляторів, з'єднаних в послідовно-паралельну електричний ланцюг, прийнято називати акумуляторною батареєю. Послідовне з'єднання акумуляторів дає можливість отримати на вихідних батареї стандартні значення напруги постійного струму 6, 12, 24, 110, 220 В зі збереженням їх номінальної ємкості.

Значення напруги акумуляторних батарей визначаються напругою приймачів, які отримують від них електроенергію. Більшість батарей мають напругу 6, 12, 24 В. Батарея короткочасного аварійного живлення, встановлена додатково до аварійного дизель-генератора, зазвичай має напругу 220 В (рівно напрузі електромережі аварійного освітлення і ходових сигнально-відмітних вогнів). На даному судні будуть застосовані саме кислотні батареї, так як вони мають ряд наступних переваг: Габарити кислотних батарей менші ніж лужні батареї тієї самої напруги. Хоча і термін життя лужних батарей більше, ціна кислотних акумуляторів значно менша. Якщо кислотні батареї вимагають лише регулювання кількості електроліту, то лужні акумулятори можуть покритися солями і зіпсуватися у разі здуття корпусу. Спільна установка лужних і кислотних АБ неприпустима.

Для живлення мережі напругою 24 вольти, обираємо 2 набори кислотних акумуляторів по 300 А г та з'єднуємо їх паралельно [6].

Таблиця 3.5 – Основні характеристики акумуляторної батареї

ТИП	ESG
Кількість батарей	22
Напруга	2 В
Ємність акумуляторного набору	300 А г

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

СЕЕС називається сукупність електротехнічних пристроїв, об'єднаних процесом виробництва, перетворення та розподілення електроенергії між різними приймачами. Тобто в основу СЕЕС входять: джерела електроенергії, лінії електропередачі, електророзподільні щити та різноманітні перетворювачі електроенергії. Приймачі електроенергії в саму СЕЕС не входять, але вони впливають на структуру на основні параметри СЕЕС.

Пристрій призначений для контролю та управління роботою генераторів, а також для розподілу електроенергії по судну, називається головний розподільний щит. Згідно з правилами Регістру [9] до ГРЩ, пред'являються наступні вимоги:

- 1) На кожній панелі ГРЩ повинні встановлюватися амперметр, вольтметр із перемикачами на 3 фази, автоматичний трьохфазний вимикач максимального струму з роз'єднувач 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. Для синхронізації декількох генераторів застосовується синхроскоп, від повинен як стрілочного типу так і лампового. Для лампового синхроскопу обов'язкова кратка інструкція по його застосуванню.
- 2) Всі судові РЩ повинні забезпечити захист від доторку до струмоведучих частин. Струмоведучі частини та комутаційна апаратура повинні бути встановлені за щитом, а самі проводи виведені на лицьову сторону.
- 3) ГРЩ повинний мати генераторні панелі для кожного генератора і, по можливості, для груп механізмів, освітлення, вентиляції. 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.

4) Розташування апаратури на ГРЩ повинно забезпечувати зручність керування та контролю приладів.

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.

5) 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 автоматичні вимикачі, або пакетні вимикачі і плавкі запобіжники. З секції високої напруги (6600В) отримують живлення розподільний рефконтейнерний щит(РРЩ) та через два понижуючих трансформатора ГРЩ, від якого в свою чергу отримує живлення АРЩ в нормальному режимі. В аварійному режимі АРЩ роз'єднується з ГРЩ і отримує живлення від аварійного дизель-генератора. споживачів. На них встановлюють автоматичні вимикачі, або пакетні вимикачі і плавкі запобіжники. З секції високої напруги (6600В) отримують живлення розподільний рефконтейнерний щит(РРЩ) та через два понижуючих трансформатора ГРЩ, від якого в свою чергу отримує живлення АРЩ в нормальному режимі. В аварійному режимі АРЩ роз'єднується з ГРЩ і отримує живлення від аварійного дизель-генератора. споживачів. На них встановлюють автоматичні вимикачі, або пакетні вимикачі і плавкі запобіжники. З секції високої напруги (6600В) отримують живлення розподільний рефконтейнерний щит(РРЩ) та через два понижуючих трансформатора ГРЩ, від якого в свою чергу отримує живлення АРЩ в нормальному режимі. В аварійному режимі АРЩ роз'єднується з ГРЩ і отримує живлення від аварійного дизель-генератора.

На даному судні приймаємо автономну СЕЕС, що має одну основну та одну аварійну електростанції. Для основної аварійної електростанції обираємо 4 генераторні та 1 валогенераторну панелі з номінальною напругою 6600 В, 2 фідерні панелі споживачів 440В, 2 фідерні панелі для споживачів 220 В. Для аварійної електростанції обираємо секцію АДГ 440,220 та секцію аварійних батарей на 24 В. Дизель-генераторні агрегати приймаємо в якості джерела електроенергії. Потужність даних генераторів була визначена у підрозділі 3.1. Самі дизель-генератори як і ГРЩ розташовані у машинному відділені, але на окремих палубах. Аварійний дизель-генератор і АРЩ розташовані поза зони МВ, тобто на зовнішній палубі С. Номінальна напруга даної СЕЕС складає 6600 В. Для споживачів 440,220 та 24 В використовуємо понижувальні трансформатори 6600/440, 440/220, 220/24 В відповідно.

Згідно за правилами реєстру [5], розподіл електроенергії від ГРЩ та АРЩ напругою 440 та 220 В є наступним: Для секції 440 В від ГРЩ отримують живлення [9]:

- насос охолодження зарубашечного простору ГД №1,№2;
- насос прокачування циркуляційного масла ГД №1,№2;
- насоси забортної води охолодження ГД №1,№2;
- насос прісної води охолодження ГД №1,№2;
- насос змащувального масла ГД №1,№2;
- компресор пускового повітря №1,2,3,4;
- баластно-осушувальний насос №1,2;
- брашпіль якорний носовий №1,2;
- швартові лебідки №1,3,5,7;
- швартові лебідки №2,4,6,8;
- стернова машина №1,2;
- пожежний насос №1,2;
- РЩ 1,2,3,4,5;
- РЩ 6,7,8,9,10

- РРП 1,2,3;

- РРП 4,5,6.

Для секції 220 В отримують живлення:

- радіонавігаційні пристрої;

- підсушувачі генераторів;

- прожекторне освітлення;

- обігрівачі надбудови;

- зовнішнє освітлення;

- сигнальні вогні;

- освітлення МВ;

- сигналізація;

- пральня;

- камбуз;

- РЩ 11,12,13;

- РЩ 14,15.

Для секції АРЩ 440 В отримують живлення наступні приймачі:

- аварійний компресор пускового повітря;

- вентилятор приміщення АДГ;

- допоміжна рульова машина;

- аварійний пожежний насос.

Для секції АРЩ 220 В отримують живлення:

- навігаційне освітлення;

- пожежна сигналізація;

- зв'язок INMARSAT-C;

- аварійне освітлення;

- система автоматики;

- судновий зв'язок;
- сигнальні вогні.

Для секції акумуляторних батарей 24 В, отримують живлення:

- аварійне освітлення;
- прибори керування;
- сигнальні вогні;
- автоматика;
- зв'язок.

Для збільшення живучості СЕЕС використовують комбінування збірних шин, тобто ділення їх на кілька незалежних секцій. Кожна секція має свої окремі джерела. Для з'єднання секцій використовують секційні роз'єднувачі та автоматичні вимикачі. Більш бажаним являється установка саме автоматичних вимикачів, так як вони дозволяють автоматично відімкнути пошкоджену секцію, що також зберігає паралельну роботу як СЕЕС так і роботу інших споживачів.

3.3. Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів.

Розрахунок струму короткого замикання [18] виконаємо у режимі коли працюють чотири генератори, тобто найбільш навантаженому режимі роботи станції (маневровий режим – 4 ДГ). Запишемо вихідні дані для розрахунку КЗ генератора MFG8DK–32:

Таблиця 3.5 – Основні характеристики генератора для розрахунку токів КЗ

Потужність	3500 кВА(2750 кВт)
Напруга	6600 В
Частота	60 Гц
Струм	306 А
X_d	0,2
X'_d	0,193
X''_d	0,157
r_a	0,0068 Ом

Базисну потужність приймаємо рівною сумі потужності генераторів. Базисну напругу - рівній номінальному значенню напруги генераторів (на шинах ГРЩ):

$$S_6 = 4 \cdot 3500 = 14000 \text{ кВА} \quad (3.1)$$

$$U_6 = 6600 \text{ В} \quad (3.2)$$

Базисний струм розрахуємо за формулою:

$$I_6 = \frac{S_6 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_6} = \frac{14000 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 6600} = 1225 \text{ А} \quad (3.3)$$

Визначимо значення опорів обмоток статора генератора:

Активний опір дорівнює:

$$R_1 = r_a \frac{S_6 \cdot 1000}{U_6^2} = 0,0068 \cdot \frac{14000 \cdot 1000}{43560000} = 0,002 \text{ Ом} \quad (3.4)$$

Реактивний опір дорівнює:

$$X_1 = X_d'' \cdot \frac{S_6}{S} = 0,157 \cdot \frac{14000}{3500} = 0,628 \text{ Ом} \quad (3.5)$$

Активний опір кабелю дорівнює – 0,166 Ом/км

Реактивний опір кабелю дорівнює – 0,095 Ом/км

Опір десяти паралельно прокладених кабелів довжиною 10 м відповідно рівняються:

Активний:

$$r_{\text{общ}}^{**} = \frac{\left(\frac{r^{**}}{100}\right)}{10} = \frac{\left(\frac{0,166}{100}\right)}{10} = \frac{0,00166}{10} = 0,000166 \text{ Ом/м} \quad (3.6)$$

Реактивний:

$$X_{\text{общ}}^* = \frac{\left(\frac{X^*}{100}\right)}{10} = \frac{\left(\frac{0,095}{100}\right)}{10} = \frac{0,00095}{10} = 0,000095 \text{ Ом/м} \quad (3.7)$$

Активний опір вимикачів ряду контактів і шин ГРЩ рівняються 0,00025 Ом, індуктивний 0,0001 Ом. Тоді:

$$r_2 = (0,000166 + 0,00025) \frac{14000000}{43560000} = 0,00013 \text{ Ом} \quad (3.8)$$

$$x_2 = (0,000095 + 0,0001) \frac{14000000}{43560000} = 0,000063 \text{ Ом} \quad (3.9)$$

Загальний опір генераторних променів:

$$r_3 = r_1 + r_2 = 0,002 + 0,00013 = 0,002 \text{ Ом} \quad (3.10)$$

$$x_3 = x_1 + x_2 = 0,628 + 0,000063 = 0,628 \text{ Ом} \quad (3.11)$$

Для визначення еквівалентного опору чотирьох генераторних променів скористаємося комплексною формою їх вираження:

Приведемо чотирьохпроменеву схему до двопроменевої, і відповідно двопроменеву до однопроменевої, бо параметри всіх паралельно працюючих генераторів при розрахунку струмів короткого замикання прийняті однакові.

$$Z_{3,4} = r_{3,4} + jx_{3,4} = 0,002 + j0,628 \text{ Ом} \quad (3.12)$$

$$\begin{aligned} Z_5 &= \frac{Z_3 \cdot Z_4}{Z_3 + Z_4} = \frac{(0,002 + j0,628) \cdot (0,002 + j0,628)}{(0,002 + j0,628) + (0,002 + j0,628)} = \\ &= \frac{-0,394 + j0,0025}{0,004 + j1,256} \end{aligned} \quad (3.13)$$

Звільнимися від комплексного числа в знаменнику, помноживши дріб на пов'язаний комплекс знаменника

$$\begin{aligned} Z_5 &= \frac{(-0,394 + j0,0025) \cdot (0,004 - j1,256)}{(0,004 + j1,256) \cdot (0,004 - j1,256)} = \frac{0,0016 + j0,495}{1,577} = \\ &= 0,001 + j0,3137 \end{aligned} \quad (3.14)$$

$$Z_{\text{общ}} = \frac{Z_5}{2} = \frac{0,001 + j0,3137}{2} = 0,0005 + j0,157 \quad (3.15)$$

$$r_6 = 0,0005 \text{ Ом}; \quad x_6 = 0,157 \text{ Ом}$$

$$Z_7 = \sqrt{0,0005^2 + 0,157^2} = 0,157 \text{ Ом} \quad (3.16)$$

Таблиця 3.6 – Основні відомості автоматичного вимикача

Виробник	Schneider Electric
Тип	LF1
Номинальна напруга	6600 В
Номинальна сила струму	630 А
Номинальна сила струму відключення	25 кА
Повний час відключення	70 мс
Ресурс комутаційної стійкості	10000 циклів
Електрична стійкість	Клас E2

3.4. Вибір апаратів, приладів, приборів ГРЩ, та фідерів, що відходять від ГРЩ

Надійна робота СЕЕС повністю залежить від правильного вибору застосованих у ній електричних апаратів. Їх вибір зазвичай відбувається по технічним умовам на поставку, каталогам або офіційним довідкам. На судні застосована фідерно-групова система розподілу електроенергії. Розподіл електричної енергії здійснюється за допомогою силової мережі, підключеної до ГРЩ (MSB), аварійної мережі, підключеної до АРЩ (ESB), і мереж приймачів електроенергії, підключених до розподільного щита. Доскладу кожної електромережі входять розподільні і спеціалізовані щити і лінії передачі електроенергії.

Передача електроенергії споживачам здійснюється за трьох провідною системою з ізольованою нейтралю, оскільки вона має велику електробезпеку.

З'єднання фази на корпус судна не є коротким замиканням. Січення генераторного кабелю (фідера) визначається за величиною максимального (номінального) струму.

Від ГРЩ (MSB) чи АРЩ (ESB) розташовані самостійні лінії живлення (фідери) по всім відповідальним струмоприймачам і груповим РЩ (DB). Групові РЩ (DB) здійснюють розподіл електроенергії серед групи однакових або близьких за призначенням споживачів. Фідери призначенні для передачі електроенергії між двома будь-якими розподільними щитами чи між розподільним щитом і приймачем або джерелом електроенергії.

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

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

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

Розрахуємо трьохжильний кабель, що з'єднує генератор трифазного змінного струму з головним розподільним щитом.

Розрахунковий струм визначають за формулою [18]:

$$I_{\text{гн}} = \frac{P_{\text{гн}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{гн}} \cdot \cos \varphi} = \frac{2800 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 6600 \cdot 0,8} = 306 \text{ A} \quad (3.18)$$

По розрахунковому струмі виберемо два трижильних кабелі марки КНР з перетином жили 50 . Кабелі з'єднуються паралельно. Відповідно до вимог Регістра [5], перевіримо втрату напруги кабелю.

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \frac{r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi}{U_H} \cdot 100 \% \quad (3.19)$$

Дані обраного кабелю:

$L = 100 \text{ м} = 0,1 \text{ км}$ – довжина кабелю від генератора до шин ГРЩ;

$r = 0,166 \text{ Ом/км}$ – значення активного опору кабелю; $x = 0,095 \text{ Ом/км}$ – значення реактивного опору кабелю; $53 \cos \varphi = 0,8$;

$\sin \varphi = 0,72$.

Визначимо втрату напруги $\square U$:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 306 \cdot 0,1 \cdot \frac{0,166 \cdot 0,8 + 0,095 \cdot 0,72}{6600} \cdot 100 = 0,16 \% \quad (3.20)$$

Втрата напруги не перевищила 7%, отже кабель був підібраний правильно відповідно до вимог Регістра [5].

3.5. Вибір системи збудження синхронних генераторів

Генератори обладнані системою збудження ТАІУО з вмонтованим електронним регулятором напруги [16].

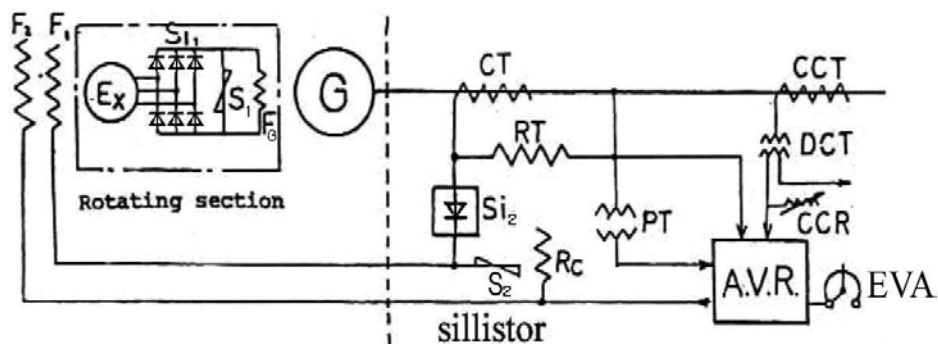


Рисунок 3.1 - Функціональна схема системи збудження

Компоненти схеми такі:

F1 — основна обмотка збудження збудника;

F2 — керуюча обмотка збудження (від АРН);
 Ex — збудник змінного струму;
 Si1 — обертовий випрямляч;
 Si2 — кремнієвий випрямляч;
 G — синхронний генератор ;
 СТ — трансформатор струму;
 S1, S2 — захист від перевантаження;
 RT — реактор;
 Rc — розрядне опір;
 РТ — силовий трансформатор;
 CCT — трансформатор струму для компенсації зрівняльного струму;
 DCT — диференціальний трансформатор струму;
 CCR — компенсаційне опір реактивного струму;
 AVR — автоматичний регулятор напруги ;
 EVA — реостат уставки напруги;
 F — роторна обмотка збудження синхронного генератора.

Зрис. 3.1 видно, що вихідний струм якоря з збудником змінного струму, розташованого на валу ротора генератора, призначений для того, щоб порушувати обмотку збудження F системи синхронного генератора, через обертовий випрямляч, розташований на кінці вала генератора. Збудник змінного струму має дві окремі обмотки збудження: F1 і F2. Струм проходить через реактор RT і трансформатор струму СТ, при цьому він підсумовується і випрямляється. Випрямлений струм тече через першу обмотку збудження F1, яка служить для основного збудження генератора, в той час як струм, що виходить з автоматичного регулятора напруги тече через обмотку управління F2 і призначений для більш точної стабілізації напруги [16].

Принцип дії(рис.3.2) статичний збудження системи складається з реактора RT, трансформатора токаСТ, силіконового випрямляча Si, силового трансформатора РТ і тиристорного автоматичного регулятора напруги AVR.

Вихідний струм якоря з збудником змінного струму, розташованого на валу ротора генератора, що служить для збудження обмотки статора генератора F через обертовий випрямляч, розташований на роторі генератора. Збудник змінного струму має дві окремі обмотки збудження: F1 - основну і F2 - обмотку управління. Перша обмотка збудження живиться постійним струмом, який створюється в результаті підсумовування струму, що протікає через реактор, і струму трансформатора так само як і в самовозбуджаючихся синхронних генераторах змінного струму.

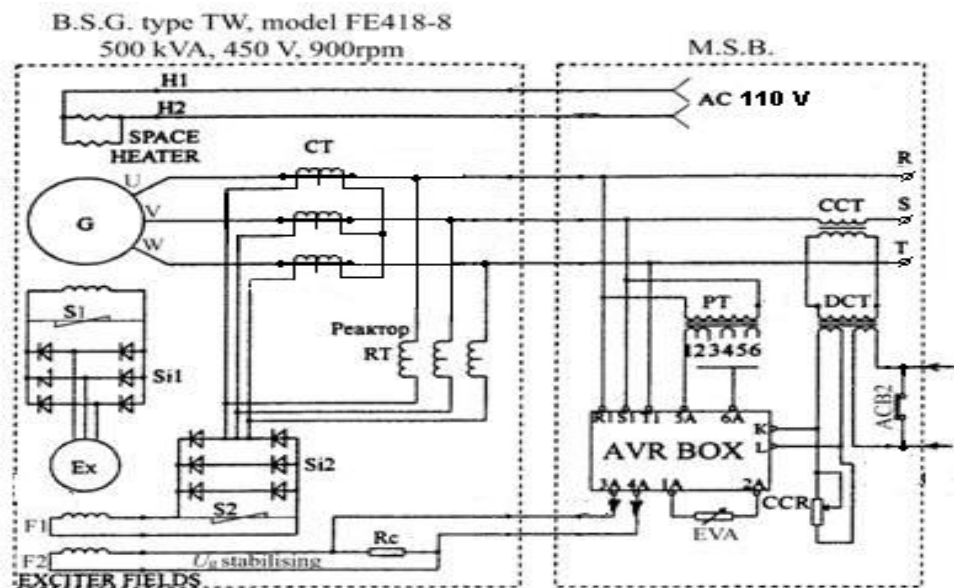


Рисунок 3.2 - Принципова схема системи збудження ТАІГО.

Друга обмотка збудження є керуючою і призначена для стабілізації і точного регулювання напруги генератора за допомогою АРН. Реактор і трансформатор струму налаштовані так, щоб забезпечувати струм збудження, порівнюючи їх з необхідними значеннями, а також, щоб підтримувати необхідну напругу на клеммах генератора і компенсувати падіння напруги при зміні струму навантаження. В результаті АРН живить керуючу обмотку F2, забезпечуючи диференціальне управління обмотки збудження. Тому напруга на клеммах генератора залишається стабільним. Схема АРН включає в себе наступні ланцюга: вимірювання відхилення регульованої величини, посилення цього відхилення і джерела імпульсів. Вони змонтовані на одній друкованій платі, яка знаходиться в окремій коробці разом з вимірювальним трансформатором РТ1 і

головним тиристором. Якщо генератор працює тривалий час при максимальному струмі збудження (fully on), система збудження може вийти з ладу. Для запобігання цього регулятор обмежує час максимального збудження до 10 секунд. Якщо струм збудження не знизиться, захист відключить ОВВ за допомогою запобіжників.

Крім двох вищевказаних захистів, може відбутися і перегорання запобіжників при наступних неполадках:

- несправності ланцюгів вимірювання;
- відключення або неправильному регулюванні захисту по низькій частоті обертання (underspeed);
- короткого замкнення в ланцюгу ОВ;
- несправності силових випрямлячів системи збудження;
- зверхперевантаженні СГ (коротке замкнення) тривалістю більше 10с.

Таблиця 3.2. - Можливі несправності СДГ [16]

Несправність	Причина	Метод виправлення
Низька напруга генератора	Малі оберти ДГ Обрив в ланцюгу EVA Випрямляч несправний	Підвищити оберти ДГ Перевірити Замінити
Високе $U_{ген.}$	Коротке замкнення в ланцюгу EVA	Замінити EVA
Падіння $U_{г}$ під навантаженням	Несправний механічний регулятор Обертові діоди несправні Варистор несправний	Замінити регулятор ДГ Перевірити, замінити Перевірити, замінити
Збудження генераторів не відповідає U_n	Остатня напруга мала Несправний AVR	Підключити до АБ Перевірити ланцюг I+, K- Змінити запобіжники FUI регулятора або діод V.
Періодичне коливання $U_{г}$	Неправильно відрегульовано EVA Обрив ланцюга EVA	Відрегулювати EVA Перевірити, закріпити

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

Розрахунок провалу напруги генератора проводиться при пуску найбільш потужного агрегату на судні. Таким агрегатом у нашому випадку є підрулюючий пристрій, потужність якого дорівнює 1500 кВт, а також він пускається автотрансформаторним пуском, що є дуже важливим при розрахунку провалу напруги. Цей двигун потребує напругу 6600 В. Визначимо реактивний опір двигуна [18]:

$$x_d = \frac{S_{n.g}}{K_p \cdot S_{n.d}} \cdot \left(\frac{U_{n.d}}{U_{n.g}} \right)^2 \quad (3.21)$$

Де S_n , - номінальна потужність генератора і двигуна відповідно;

Початкова напруга:

$$U_{нач} = \frac{x_d}{x_d + x'_d} = \frac{0,2}{0,2 + 0,193} = 0,51 \quad (3.23)$$

Встановлена напруга:

$$U_{вс} = \frac{x_d}{x_d + x_d} = \frac{0,2}{0,2 + 1,97} = 0,09 \quad (3.24)$$

Постійна часу обмотки збудження генератору при замкнутій обмотці статора на опір : x_d

$$\tau'_d = \tau'_{d0} \cdot \frac{x_d + x'_d}{x_d + x_d} = 2,5 \cdot \frac{0,2 + 0,193}{0,2 + 1,97} = 0,46 \quad (3.25)$$

Час досягнення мінімального значення напруги:

$$t_{min} = \tau'_d \cdot 2,3 \lg \left(\frac{U_{нач} - U_{уст}}{U_{уст} \cdot K_p \cdot \tau'_d} + 2,72^{\frac{t_1}{\tau'_d}} \right) \quad (3.26)$$

$$t_{min} = 0,46 \cdot 2,3 \lg \left(\frac{0,51 - 0,09}{0,09 \cdot 5 \cdot 0,46} + 2,72^{\frac{0,05}{0,46}} \right) = 0,226 \quad (3.27)$$

Значення мінімальної напруги:

$$U_{min} = U_{уст} + (U_{нач} - U_{вс}) \cdot 2,72^{\frac{-t_{min}}{\tau'_d}} + U_{уст} \cdot K_p \cdot \left[(t_{min} - t_1) - \tau'_d \left(1 - 2,72^{\frac{-(t_{min} - t_1)}{\tau'_d}} \right) \right] \quad (3.28)$$

$$U_{min} = 0,09 + (0,51 - 0,09) \cdot 2,72^{\frac{-0,226}{0,46}} + 0,09 \cdot 5 \cdot \left[(0,226 - 0,05) - 0,46 \left(1 - 2,72^{\frac{-(0,226 - 0,05)}{0,46}} \right) \right] = 0,86 \quad (3.29)$$

Максимальний провал напруги:

$$\Delta U_{max} = (1 - U_{min}) \cdot 100 = (1 - 0,86) \cdot 100 = 14\% \quad (3.30)$$

З пророблених розрахунків видно, що падіння напруги при пуску асинхронного двигуна підрулюючого пристрою буде складати 14%, що є згідно Регістра [5] допустимою нормою миттєвої падіння напруги [4].

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

Для перевірки кабелю на втрату напруги, візьмемо підрулюючий пристрій, як одного с найбільш віддаленого електроприводу. Відповідно до вимог Регістру [9], втрата напруги не повинна перевищувати 7 %.

Розрахунковий струм розрахуємо за формулою[11]:

$$I_{дв} = \frac{P_{дв} \cdot 1000}{(\sqrt{3} \cdot U_r) \cdot \cos \varphi} \quad (3.31)$$

Де P – номінальна потужність електроприводу підрулюючого пристрою;

U – номінальна напруга СДГ.

$$I_{дв} = \frac{1500 \cdot 1000}{(\sqrt{3} \cdot 6600) \cdot 0,8} = 180,4 \text{ А} \quad (3.32)$$

По розрахунковому струмі виберемо два трижильних кабелі марки КНР з перетином жили 30 мм. Кабелі з'єднуємо паралельно.

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

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot \frac{r \cdot \cos \varphi + x \cdot \sin \varphi}{U_n} \cdot 100 \% \quad (3.33)$$

Дані обраного кабелю:

$L = 200 \text{ м} = 0,1 \text{ км}$ – довжина кабелю від генератора до шин ГРЩ;

$r = 0,166 \text{ Ом/км}$ – значення активного опору кабелю; $x = 0,095 \text{ Ом/км}$ – значення реактивного опору кабелю;

$\cos \varphi = 0,8$;

$\sin \varphi = 0,72$.

Визначимо втрату напруги ΔU :

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot 180,4 \cdot 0,2 \cdot \frac{0,166 \cdot 0,8 + 0,095 \cdot 0,72}{6600} \cdot 100 = 0,19 \% \quad (3.34)$$

Отже перевірений нами кабель, який живить електропривод підрулюючого пристрою відповідає нормам Регістру [5].

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

Система захисту і управління потужністю електростанції (РРМ-3) - це стандартна система управління потужністю для морського застосування (рис.3.3). Система здійснює функції управління, контролю та захисту генератора. Функції управління потужністю закладені у всіх генераторних блоках, таким чином, що кожен блок системи може бути керуючим блоком. Один з генераторних блоків визначається системою як «Керуючий блок». Цей блок здійснює функції запуску за пріоритетами, а також інші функції управління

потужністю електростанції. У разі виходу з ладу керуючого блоку, всі функції управління потужністю електростанції передаються наступному доступному блоку [6].

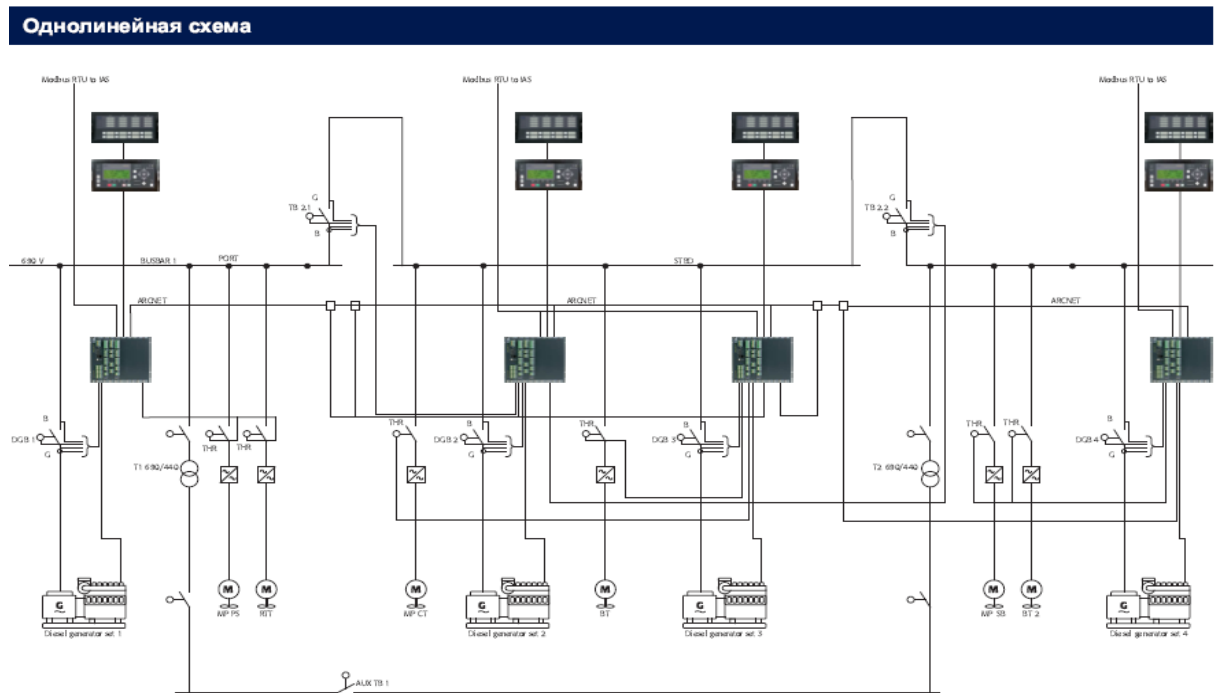


Рисунок 3.3- Структурна схема автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС [6]



Рисунок 3.4 – Контролер управління обладнанням СЕС [6]

Контролер виконує функції контролю і захисту:

Захист дизель-генератора

В усіх блоках дизель-генераторів передбачені наступні стандартні функції захисту:

- Пониження напруги (3 рівні захисту);
- Підвищення напруги (2 рівні захисту);
- Пониження частоти (3 рівні захисту);
- Підвищення частоти (2 рівні захисту);
- Реверсивна потужність (2 рівні захисту, зворотна і пряма характеристики);
- Перевантаження по струму (4 рівні захисту, пряма характеристика);
- Перевантаження по струму (1 рівень захисту, зворотна характеристика);
- Швидкодіючий захист від перевантаження по струму (2 рівні захисту);
- Перевантаження;
- Дисбаланс струму/напруги;
- Втрата збудження і перезбудження.

На рис. 3.4 показана схема ДАУ СДГ [2].Ця система, виконана на уніфікованих електричних елементах, забезпечує виконання наступних операцій:

- автоматичне підтримання дизеля в стані гарячого резерву;
- автоматичні пуск і зупинку дизель-генератора;
- дистанційні пуск і зупинку дизель-генератора;
- автоматичну захист дизель-генератора шляхом його зупинки при виникненні аварійних станів;
- сигналізацію про стан дизель-генератора;
- вбудований функціональний контроль справності.

Система складається з чотирьох блоків (рис. 3.4, а): блоку управління БУ, основного пульта управління ОПУ, виносного пульта управління ВПУ і блоку живлення БП. На ОПУ встановлені елементи управління системою і табло світлової сигналізації; ВПУ частково дублює ОПУ; БО містить логічні функціональні блоки, вихідні пристрої, комутаційні елементи для прийому сигналів ОПУ, ВПУ, датчиків видачі сигналів на виконавчі пристрої, сигналів на електростанцію і ЦПУ. Датчики, що встановлюються на дизелі М і його

системах, забезпечують контроль за тиском і температурою масла, тиском і температурою охолоджувальної води, частотою обертання дизеля.

Функціональна схема системи представлена (рис. 3.4. б) - логічна схема БО складається з наступних функціональних блоків: двох блоків стабілізованого живлення БСП, блоку пуску БП1, блоку зупинки БО, блоку відключаючих елементів БСП, блок аварійного захисту БАЗ, блок контролю часу БКВ, двох блоків підсилювачів БО. Функціональні блоки виконані на транзисторних логічних елементах з виходом на пристрої автоматики через контактні реле. До виконавчих пристроїв і механізмів системи відносяться: насоси масляної системи, системи охолодження та підігріву; електродвигун регулятора швидкості; електромагнітні клапани паливної системи, системи аварійної зупинки, повітряного пуску, попереднього підігріву. Система забезпечує кілька варіантів її використання для управління різними типами суднових дизель-генераторів. Блок –схема алгоритму пуску ДГ (рис. 3.5)

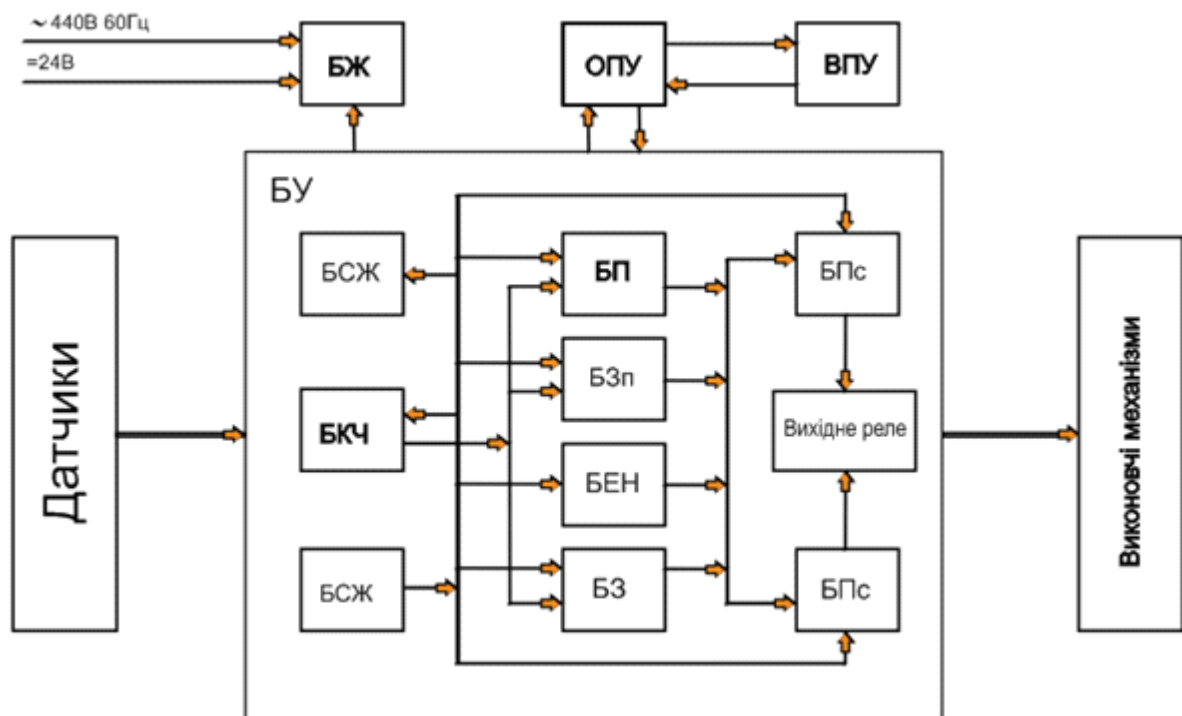


Рисунок 3.4 - Функціональна схема ДАУ ДГ

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

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 В4А-60 [9].

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

Мережа великого аварійного освітлення складається з:

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

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

Світильники великого аварійного освітлення входять до складу світильників мережі основного освітлення і встановлені: в навігаційній рубці, 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 напруги в мережі великого аварійного освітлення і складається з:

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

Мережа 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).

4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ КЕРУВАННЯ СУДНОМ

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

Доступ будь-якого комп'ютера суднової мережі до пристроїв вводу-виводу або контролерів здійснюється за допомогою OPC-сервера. OPC-сервери можуть розташовуватися на декількох комп'ютерах або контролерах, і доступ до будь-якого з них може здійснюватися з будь-якого комп'ютера мережі.

Окремі суднові мережі можуть мати різні протоколи і містити устаткування різних виробників, а також різне фізичне середовище передачі даних - оптоволокно, мідні дроти, радіоефір (через радіо- або GSM-модеми) і ін. Звичайно OPC-сервер працює тільки з одним або декількома портами вводу-виводу комп'ютера, до кожного з яких підключена одна промислова мережа, тому кількість OPC-серверів в системі менше або рівно кількості промислових мереж. Завдяки наявності мережі Ethernet в систему легко можуть бути включені сервери баз даних, комунікаційні сервери, веб-сервери, принтери, плоттери, АТС, факси, технологічне устаткування і інші пристрої з Ethernet-інтерфейсом.

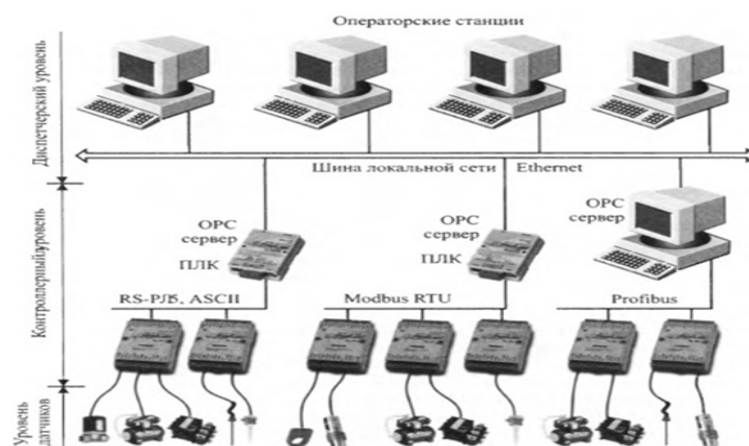


Рисунок 4.1 – Типова сучасна розподілена система автоматизації

Основою програмного забезпечення, встановленого на комп'ютерах мережі, є SCADA-пакети - програмні засоби диспетчерського управління і збору даних.

У контролерах виконуються завантажувальні модулі програм, що генеруються засобами візуального програмування ПЛК на мовах стандарту МЭК 61131-3.

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

Аналіз складних систем управління дозволяє виділити в них декілька однорідних рівнів ієрархії.

Нижчий (нульовий) рівень включає датчики і виконавчі пристрої (актуатори): датчики температури, тиску, кінцеві вимикачі, дискретні датчики наявності напруги, вимірювальні трансформатори, реле-пускатчі, контактори, електромагнітні клапани, електроприводи і ін. Датчики і актуатори можуть мати інтерфейси типу AS-інтерфейс (ASI), 1-Wire або CAN, HART і ін. Морально застарілими інтерфейсами нульового рівня є аналогові інтерфейси 4...20 мА, 0...20 мА, 0...5 В і ін. В даний час намітилася стійка тенденція до використання інтелектуальних датчиків, які мають цифровий інтерфейс, вбудований мікроконтролер, пам'ять, мережеву адресу і виконують автоматичне калібрування і компенсацію нелінійностей датчика. Інтелектуальні датчики в межах мережі повинні володіти властивістю взаємозамінюваності, зокрема мати один і той же протокол обміну і фізичний інтерфейс зв'язку, а також нормовані метрологічні характеристики і можливість зміни адреси перед заміною датчика.

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

Другий (диспетчерський) рівень складається з робочих станцій - комп'ютерів з людино-машинним інтерфейсом (ЧМІ, НМІ -

HumanMachineInterface), найбільш поширеними варіантами якого є SCADA-пакети. Диспетчер (оператор) здійснює спостереження за ходом технологічного процесу або управління їм за допомогою мнемосхеми на екрані монітора комп'ютера. Диспетчерський комп'ютер виконує також архівацію зібраних даних, записує дії оператора, аналізує сигнали системи технічної діагностики, дані аварійної і технологічної сигналізації, сигнали спрацьовування пристроїв протиаварійних захистів, а також виконує частину алгоритмів управління технологічним процесом. Завдяки об'єднанню диспетчерських комп'ютерів в мережу спостереження за процесами може бути виконано з будь-якого комп'ютера мережі, але управління, щоб уникнути конфліктів, допускається тільки з одного комп'ютера або функції управління розділяються між декількома комп'ютерами. Права операторів встановлюються засобами обмеження доступу мережевого сервера. Важливою частиною другого рівня є також бази даних реального часу, що є сховищами інформації і засобом обміну з третім рівнем ієрархії системи управління.

Схему суднової комп'ютерної мережі інформаційних та управляючих систем виконано, як приклад, для системи автоматизації СЕЕС на базі контролера С6200 фірми SELCO.

4.2. Аналіз роботи системи управління автоматичного пуску ДГ.

Дана система є автоматичною системою забезпечення роботи, моніторингу параметрів і сигналізації суднового дизель-генератора.

Система повинна виконувати наступні операції [2]:

пуск та зупинку агрегату по імпульсу від автоматичного пристрою або дистанційно з пульта управління;

дистанційне або автоматичне регулювання швидкості двигуна в межах $\pm 10\%$ від номінального значення;

Аварійно-попереджувальну або аварійну сигналізацію:
по високій температурі масла;

по високій температурі охолоджуючої води;

по низькому тиску масла;

не вмикати генераторний автомат, поки двигун не прогрітий;

аварійну зупинку двигуна приладами захисту з дією на світлову і звукову сигналізацію;

Крім того передбачена автоматизація операцій по обслуговуванню агрегату:

прокачування повітря в пускові балони;

поповнення цистерни витратного палива;

сигналізація про зменшення рівня води в розширювальній цистерні системи охолодження.

Управління руховим агрегатом може бути здійснено вручну безпосередньо з поста управління на двигуні або з дистанційного щитка, встановленого в районі ГРЩ, або з пульта дистанційного керування.

Схема містить :

ПМ – пусковий механізм;

МР – механізм зміни оборотів дизеля;

ДП – дистанційний пульт, на якому розташовані кнопка запуску генератора, його зупинки, кнопки збільшення і зменшення оборотів дизеля, 8 сигнальних ламп.

На місцевому посту управління схема має 4 сигнальні лампи і звукову сигналізацію: 2ЛС – сигналізує на те, що двигун прогрітий; 3ЛС – сигналізує про те, що температура масла вище за її нормальне значення; 4ЛС – сигналізує про те, що тиск масла упав; 5ЛС – сигналізує про те, що висока температура охолоджуючої води.

Оскільки система управління має кнопки управління дизелем, які дублюються і на дистанційному пульті управління, то далі при розробці програми нехтуватимемо кнопками на дистанційному пульті управління.

Система управління ДГ повинна включати датчики для аналізу стану генератора і дизеля, мати органи управління: виконавчі реле, пусковий механізм, механізм збільшення/зменшення оборотів дизеля і ін.

Також для індикації стану дизеля і генератора необхідно встановити сигнальні лампи, які вказуватимуть на стан системи.

Вибрана система управління включатиме наступні датчики:

датчик температури масла;

датчик тиску масла;

датчик температури охолоджуючої води;

реле напруги, яка включає ГА при нормальній напрузі.

Також вона матиме наступні сигнальні лампи:

сигнальна лампа включення ГА;

сигнальна лампа температури масла;

сигнальна лампа живлення схеми ;

сигнальна лампа стану дизеля (працює, не працює);

сигнальна лампа тиску масла ;

сигнальна лампа температури охолоджуючої води ;

В якості пускового механізму дизеля виступає клапан пускового повітря.

Для регулювання оборотів дизеля встановлюється механізм зміни оборотів, який буде збільшувати/зменшувати обороти для підстроювання під номінальні параметри.

Для функціонування системи управління потребується орган, який вирішував би усі задачі управління.

Таким органом може виступити мікропроцесор, який прийматиме сигнали датчиків і видаватиме команди на елементи управління залежно від положення цих датчиків. Посилаючись на кількість датчиків, виконавчих реле і сигнальних ламп нам потрібен такий мікропроцесор, який має чотири порти. Два з яких ми запрограмуємо на введення, а інших два на виведення.

При виборі мікропроцесора необхідно також вибрати його модель.

Вибираємо мікропроцесор фірми ATMEL серії AT90. З цієї серії вибираємо мікропроцесор, який має 4 порти введення-виведення. Таким процесором є процесор AT90S4434.

Розробка граф-схеми алгоритму (ГСА) пуску ДГ.

На Рис. 4.3 зображена ГСА пуску ДГ.

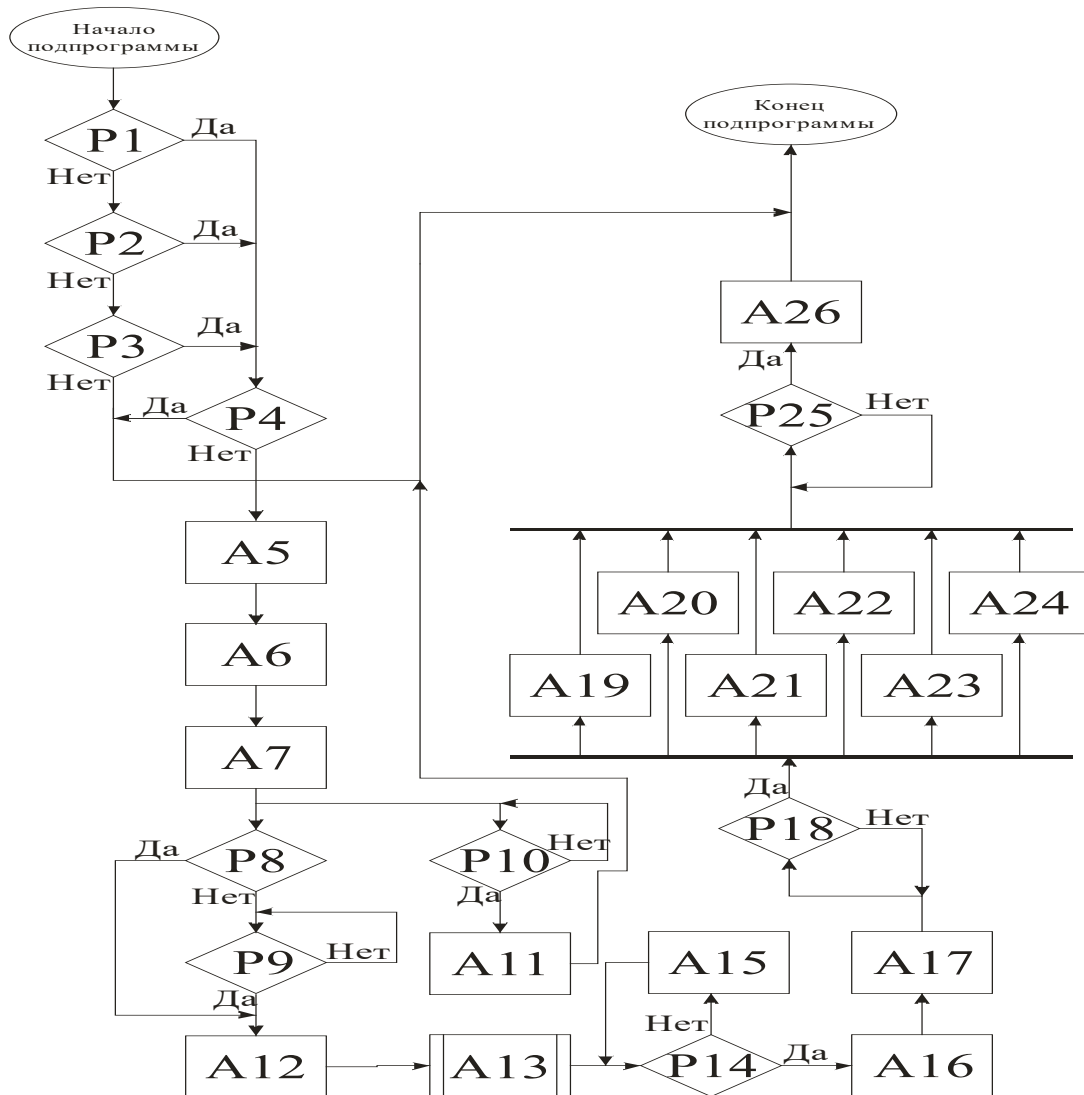


Рисунок. 4.3 - ГСА пуску дизель-генератора

Короткий опис логічних і функціональних операторів ГСА:

- P1 — перевірка сигналу від кнопки «Пуск»;
- P2 — перевірка пускового сигналу від блоку С;
- P3 — перевірка перемикача завдання числа одночасно працюючих ГА (положення "Нормальне");
- P4 - перевірка відсутності сигналу КАПС;
- A5 — включення пам'яті пуску;

A6 — переключення насоса попереднього прокачування масла на безперервний режим роботи;

A7 — включення контролю часу роботи насоса попереднього прокачування масла;

P8 — перевірка відсутності сигналу «Екстрений пуск»;

P9 — спрацював датчик тиску масла при досягненні ним мінімально допустимого значення;

P10 — тиск масла при попередньому прокачуванні не досягло необхідного значення за контрольний час;

A11 — включення КАПС «Відмова попереднього прокачування масла»;

A12 — вимикання контролю часу роботи насоса попереднього прокачування масла;

A13 — програма формування трьох спроб пуску;

P14 — напруга генератора більше $0,8U_n$;

A15, A16 — відповідно включення і відключення початкового збудження генератора;

A17 — включення миготливого сигналу відключеного положення автоматичного вимикача генератора;

P18 — частота обертання дизеля більше n_d ;

A19 — зняття блокування контролю і АПС блоку E;

A20 — підключення до системи централізованого контролю;

A21 — включення сигналу «Готовий до прийому навантаження»;

A22 — вимикання насоса попереднього прокачування масла;

A23 — вимикання контролю часу пуску ДГ;

A24 — включення тимчасової затримки підключення ланцюгів захисту і АПС дизель генератора;

P25 — час затримки підключення ланцюгів захисту та АПС дизель генератора минув;

A26 — підключення ланцюгів захисту та АПС дизель генератора.

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

Система ДАУ пропульсивними установками повинні забезпечувати [11]:
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/ а плин не більше 10 із при будь-якому режимі роботи дизеля /без порушень цього режиму/, погодженому положенні МТ і пускорегулюючею рукоятки системи ДУ;

захист від неправильних дій суднового персоналу, що приводять до аварійного стану об'єкта й СУ, 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 захисту дизеля /крім захисту по розносі/, відмінятися обмеження РЧВ, установлюватися підвищене значення пускової паливоподачі, а також задаватися підвищене значення уставки частоти обертання реверса;

автоматичний функціональний контроль джерел живлення, датчиків, сигналізаторів і ЇМ системи, а також перевірку функціонування автоматизованого комплексу при зупиненому або працюючому при ДУ дизелі;

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, низьке тиск пускового повітря, уведене ВПУ, ВР блокований, низьке 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 зміна 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 15 сек. з моменту переходу з рукоятки, що задає, через положення "Стоп" до початку усталеної роботи на паливі.

Машинні телеграфи — це синхронні прилади передачі кута, щослужать 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.

Види електричної сигналізації

Електрична сигналізація на судах є невід'ємною частиною багатьох суднових систем: енергетичної установки, допоміжних механізмів, загальносуднових систем, систем судноводіння й 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, авторульовий 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.

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

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

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 перевірці по одному оповіщувачу в кожному промені.

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

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

Усі характеристики пристроїв навігації та радіозв'язку можна переглянути у [12].

Радіонавігаційна система – радіотехнічний комплекс, який включає в себе систему берегових або космічних синхронізованих випромінювачів і бортових прийом-індикаторів та необхідні для визначення місцезнаходження об'єкту – споживачів навігаційної інформації.

Окрім основної задачі місцеположення РНС можуть забезпечувати об'єкти навігаційною інформацією параметрів їх руху, реалізувати функції контролю за фактичним переміщенням судна відносно обраної траєкторії руху.

В основу будування всіх сучасних РНС покладено відому властивість радіохвиль – розповсюджується по найкоротшому шляху з кінцевою швидкістю, значення якої вважається відомим відносно даних умов.

ГМЗСБ або GMDSS (англ. Global Maritime Distress and Safety System) - міжнародна система, яка використовує сучасні наземні, супутникові та суднові системи радіозв'язку, розроблена членами Міжнародної Морської Організації (ІМО) і являє собою значне поліпшення способів аварійного зв'язку. Усі судна,

що підпадають під дію Міжнародної Конвенції про безпеку життя на морі повинні повністю відповідати вимогам GMDSS.

Усі морські судна обов'язково повинні бути оснащені таким радіобладнанням:

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

На судні встановленні такі радіонавігаційні прилади фірми FURUNO:

VHF станція – FM-8900S.

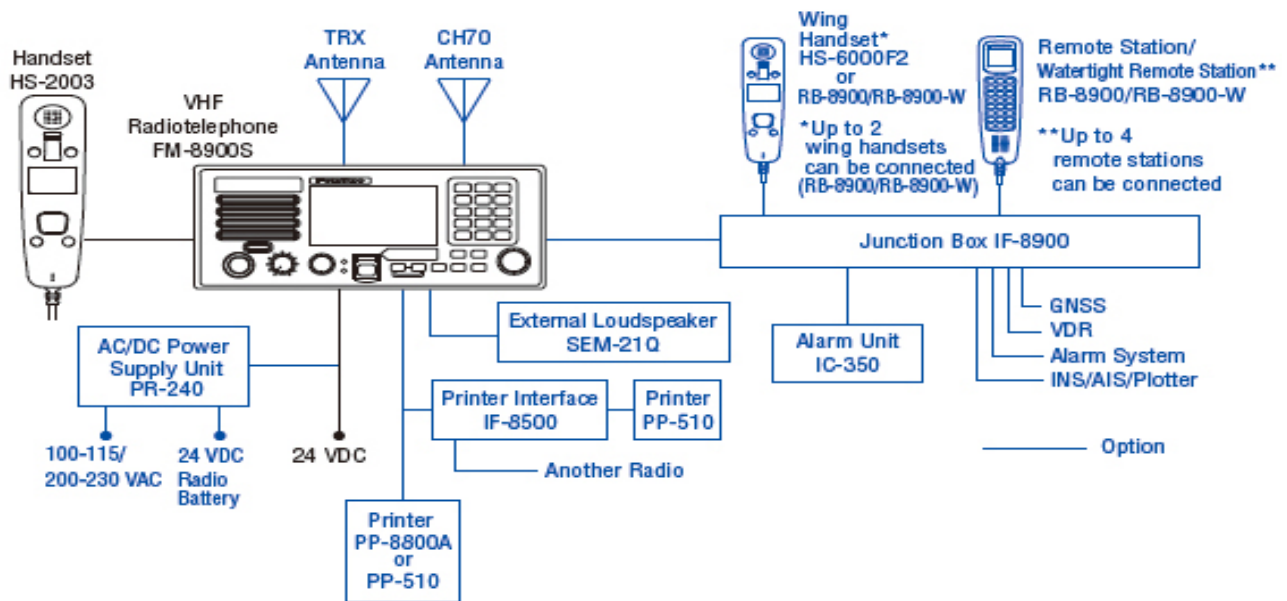


Рисунок 4.4 – Технічні блоки VHF станції

Гірокомпас. Однією з характерних особливостей розвитку сучасного морського флоту є підвищення швидкості судна. Це створило перед навігаційним обладнанням складну задачу – забезпечити безпеку мореплавання суден. У рішенні цієї задачі важливе місце займає створення гірокомпасів, які могли б при

високій швидкості і відповідно кращій маневреності суден, видавати справжній курс з високою точністю.

На судні встановлений гірокомпас фірми FURUNO моделі SC-30

Основні технічні характеристики:

- Точність курсу – 0,5°rms;
- Гідроізоляція – IP56;
- Живлення – 12-24 В постійної напруги;

Ехолот. Це прилад, необхідний для вимірювання глибини, розпізнання рельєфу дна та визначення наявності риби. Для проведення аналізу підводних просторів ехолоти використовують датчики, які посиляють ультразвукові хвилі за допомогою одного або декількох промінів та приймають віддзеркалені сигнали назад. На основі даних про час проходження цих хвиль і виводяться дані глибини, рельєфі і структурі дна, наявності різного роду перешкод на шляху промінів, які пізніше ідентифікуються – риба, підводні каміння і т.д. Основні технічні характеристики ехолота фірми FURUNO встановленого на судні:

Марка – FCV-688;

Частота – 50 та 200 кГц;

Перетворювач – 600 Вт;

Діапазон шкали – 2–1200 м;

Діапазон зсуву – 2–10 м;

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

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

Радіолокатор, система навігації GPS. Радіолокатор необхідний для визначення гідрометеоутворень, небезпечних для проходження, а також для спостереження на екрані електронно-променевого індикатора радіолокаційного зображення місцевості. Крім того локатор дає можливість визначати координати радіолокаційних орієнтирів і по них судити о місці знаходження.

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

GPS – система яка дозволяє судну отримати своє місцезнаходження через супутник. Точність сягає від 5 до 20 метрів в залежності від рівня сигналу з'єднання зі супутником.

На судні встановлений сучасний пристрій навігації NavNet 3D Series фірми FURUNO. Пристрій включає такі можливості та має такі характеристики:

3D формат карти, програмне середовище для зручного перегляду місцевості морських берегових шляхів. Висока роздільна здатність перегляду фотографій зі супутника, встановлений UHD (UltraHighDefinition) радар.

Точність місцезнаходження судна: GPS – 10 м, MSAS – 7 м, WAAS – 3 м;

Карта – MapMedia mm3dchart;

Обсяг пам'яті – до 10000 точок слідувань судна, 2000 точок користувача, 200 планових маршрутів (100 точок на маршруті).

Інтервал стеження маршруту – 15, 30, секунд; 3, 6, 10, 30 хвилин і довше;

Цільове стеження – до 30 цілей;

Живлення – 12/24 В постійної напруги.

5. ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ.

5.1. Цивільний захист

5.1.1. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації наоб'єкті морського транспорту.

Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту) [15]:

Судно-контейнеровоз «Baltic Betina» стоїть в порту Амстердам (Нідерланди) біля причалу № 1 спеціалізованого перевантажувального комплексу для контейнерів. Отримано повідомлення про інцидент зі зрідженим газом на сусідньому судні-контейнеровозі: при проведенні вантажно-розвантажувальних робіт в результаті зісковзування і падіння на палубу судна багатоеlementного газового контейнера (корпуси) стався розлив сильнодіючої отруйної речовини (СДОР), сірчистого ангідриду. Із зруйнованого БЕГК вилилося 5 т СДОР, характер розливу - «вільно».

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби - день, 10.00, температура повітря 30°, швидкість вітру 0,5 м / с, вітер - зустрічний, суцільна хмарність. Відстань до аварійного судна - 0,6 км. Характер місцевості - територія порту.

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

5.1.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території [17]

Виконання розрахунків ведеться за допомогою формул і таблиць, наведених у Методиці прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту (Додаток 1 до «Методичних вказівок по виконанню розділу «Цивільний захист/оборона» дипломних проєктів (робіт)»).

а) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря.

За заданими метеорологічними умовами (час доби - день, швидкість вітру 0,5 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по таблиці 5.1 ступень вертикальної стійкості повітря - ізотерія.

Таблиця 5.1 - Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди.

Швидкість вітру, м/с	Час доби					
	День			Ніч		
	Наявність хмарності					
	відсутня	Середня	суцільна	відсутня	середня	суцільна
0,5	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
0,6-2,0	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
2,1 – 4,0	конвекція	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія
> 4,0	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	Ізотермія

б) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

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

Еквівалентна кількість Q_{E1} (т) речовини в первинній хмарі знаходимо за формулою:

$$Q_{E1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,11 \cdot 0,33 \cdot 0,23 \cdot 1,3 \cdot 5 = 0,054 \text{ т} \quad (5.1)$$

де K_1 – коефіцієнт, який залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 5.2);

K_3 – коефіцієнт, який дорівнює відношенню граничної токсодози сірчастого ангідриду до граничної токсодози СДОР (таблиця 5.2);

K_5 – коефіцієнт, який враховує ступінь вертикальної стійкості повітря, для інверсії приймається рівним 0,23;

K_7^1 – коефіцієнт, який враховує вплив температури повітря на швидкість створення первинної хмари (таблиця 5.2; для стиснених газів $K_7^1 = 1$);

Q_0 – кількість речовини, що розлилася, 5 т.

Таблиця 5.2 - Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів.

Найме- нування СДОР	Щільність СДОР, т/ м³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			К1	К2	К3	К7 для температури повітря (°С)				
								-40	-20	0	20	30
Сірчас тий ангідр ид	0,0029	1,462	-10	1,8	0,1 1	0,0 49	0,33 3	<u>0</u> 0,2	<u>0</u> 0,5	<u>0, 3</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,3</u> 1

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

Площа розливу S_p (м²) сірчастого ангідриду:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0/\rho}{h} = 68,399 \text{ м}^2 \quad (5.2)$$

де: V_p – об'єм сірчастого ангідриду, що розлився, м³;

$Q_0 = 5$ – кількість сірчастого ангідриду, що розлився при аварії, т.

$\rho = 1,462$ - щільність сірчастого ангідриду, т/м³ (таблиця 5.2);

$h = 0,05$ – товщина шару сірчастого ангідриду(для характеру розливу – вільно), м.

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

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (год.) сірчистого ангідриду:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{\text{II}} K_M \cdot v_{\text{п}}} + \frac{1}{0,049 \cdot 1 \cdot 1,3} + \frac{0,5 \cdot 1,4621}{0,2 \cdot 6} = 11,4 + 0,83 = 12,30 \text{ ч.} = 12 \text{ ч.} 30 \text{ мин.},$$

Де $K_2 = 0,049$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей сірчистого ангідриду (таблиця 5.2);

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

$K_7^{\text{II}} = 1,3$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (таблиця 5.2);

$K_M = 0,2$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари сірчистого ангідриду (таблиця 5.4);

$v_{\text{п}} = 6$ – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря, км/год (таблиця 5.5).

Таблиця 5.3 - Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру.

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

Таблиця 5.4 - Значення коефіцієнту K_M залежно від впливу характеру місцевості.

Рельєф місцевості, вид рослинності і забудови	Вертикальна стійкість повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
Водна поверхня, відкрита місцевість	1	1	1
Рівнинний, поодинокі дерева	0,5	0,6	0,6
Поодинокі будівлі	0,2	0,3	0,4
Міська (промислова) забудова	0,2	0,2	0,3
Територія порту	0,2	0,2	0,3

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

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

Розраховуємо еквівалентну кількість сірчистого ангідриду $Q_{\text{с2}}$ (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{\text{с2}} = \frac{Q_0}{h \cdot \rho} = \frac{(1-K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7 \cdot 11}{0,05 \cdot 1,462} = \frac{(1-0,11) \cdot 0,049 \cdot 0,333 \cdot 0,23 \cdot 1,3}{0,05 \cdot 1,462} = 0,296 \text{ т}$$

Де: $K_1 = 0,11$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 5.2);

$K_3 = 0,333$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози сірчистого ангідриду (таблиця 5.2);

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

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

г) Визначення глибини і площі зони зараження

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

Таблиця 5.6 - Глибина (км) зони зараження.

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДОР, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1 и менше	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19

Для $Q_{31} = 0,054$ т та швидкості вітру $u = 0,5$ м/с глибина зони зараження буде дорівнювати: $\Gamma_1 = 0,85$ км.

Для $Q_{32} = 0,296$ т та швидкості вітру $u = 0,5$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою сірчистого ангідриду: $\Gamma_2 = 3,16$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 0,85 + 0,5 \cdot 3,16 = 2,43 \text{ км}, \quad (5.3)$$

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

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

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 6 = 6 \text{ км}. \quad (5.4)$$

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 2,43 \text{ км}. \quad (5.5)$$

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

$$S_b = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 2,43^2 \cdot 360^0 / 360^0 = 18,54 \text{ км}^2, \quad (5.6)$$

де: $\Gamma = 2,43$ – розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 360^0$ - кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 5.7).

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

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

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_f (км²):

$$S_f = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 2,43^2 \cdot 1^{0,2} = 0,78 \text{ км}^2, \quad (5.7)$$

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

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 360^\circ$ (таблиця 6.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 2,43$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження - місцем розливу сірчистого ангідриду. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_1}\right)^\Psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot 0,37 = 0,27 \text{ км} \quad (5.8)$$

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

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,054 + 0,296 = 0,35$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

$D_1 = 1,8$ – летальна токсодоза сірчистого ангідриду, мг.хв/л.

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

Коефіцієнти	Швидкість вітру(u), м/с							
	1 и менше	2	3	4	5	6	7	10
λ	3,73	2,31	1,80	1,52	1,34	1,20	1,11	0,92
ψ	0,606	0,580	0,563	0,551	0,542	0,537	0,531	0,525

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

$$\Gamma_{0,4l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,4l}} \right)^\psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot 0,64 = 0,48 \text{ км}, \quad (5.9)$$

де: $D_{0,4l} = 0,4 \cdot D_l = 0,4 \cdot 1,8 = 0,72$ - значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для сірчистого ангідриду, мг.хв/л.

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

$$\Gamma_{0,2l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2l}} \right)^\psi = 3,73 \cdot 0,2 \cdot 0,95 = 0,7 \text{ км}, \quad (5.10)$$

де: $D_{0,2l} = 0,2 \cdot D_l = 0,2 \cdot 1,8 = 0,38$ - значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для сірчистого ангідриду, мг.хв/л.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 2,43$ км.

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

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

$$t = \frac{x}{K_M \cdot v_{\text{п}}} = \frac{0,6}{0,2 \cdot 6} = 0,5 \text{ год.} \approx 30 \text{ хв.}, \quad (5.11)$$

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

5.2. Охорона праці.

5.2.1. Боротьба за живучість

Боротьба за живучість розглядається як сукупність дій екіпажу, спрямованих на підтримку і відновлення життєздатності судна. Ці дії мають на меті попередження вибухів і боротьбу з пожежами, боротьбу за непотоплюваність, боротьбу за живучість суднових постів, суднових технічних засобів, захист екіпажу.

Від проникнення води всередину корпуси захищені подвійними бортами, а від поширення води по судну значно більшою кількістю водонепрохідних перегородок, чим має універсальне судно. Однак у разі серйозного зіткнення обидва контури (зовнішній та внутрішній) обшивки можуть виявитися пошкодженими і тоді вода проникне у трюми. Якщо трюми пусті, то використання потужних систем осушення може істотно полегшити або, навіть, врятувати положення. Якщо ж трюм завантажений навалювальним вантажем, то використання осушувальної системи може стати проблематичним, оскільки вона може забитися суспензією з дрібних фракцій вантажу з водою та вивести з ладу насоси. Однак на сучасних балкерах технологія передбачає завантаження трюму повністю. Тому коефіцієнт проникливості дуже малий і проникнення води у масу вантажу серйозної небезпеки не становить (але тільки у цьому випадку). На балкерах старої споруди, коли план завантаження передбачає рівномірний розподіл вантажу по довжині судна, проникнення води у трюми з вантажем спричиняє його розрідження, утворення вільної поверхні і, як наслідок, поява великих моментів, що кренять, значення яких можуть перевищувати тих, що перекидають. Треба прийняти увагу, що у цьому випадку переміщається не

тільки вода, але й груз, що і вирішує долю судна. І якщо вплив вільної поверхні рідини піддається обліку, то визначити кількість і поведінку розрідженого змішаного вантажу можна тільки приблизно.

У тому випадку, коли внутрішній контур борту не пошкоджений та не має водотічності, закладення пробоїни у зовнішньому контурі малоефективне і недоцільне. Необхідно добратися до порту притулку та закласти пробоїну заводськими засобами.

При пошкодженнях корпусу не обходимо:

- оголосити загальносуднову тривогу (сім коротких і один довгий дзвінок гучного бою протягом 25-30 секунд і оголошення по трансляції);
- встановити характер і розміри пошкоджень і приступити до дій по контролю над ситуацією;
- провести герметизацію корпусу, люки водонепроникних дверей і закриттів; - знеструмити, по можливості, електрообладнання в районі пошкодження корпусу;
- зменшити швидкість судна або зупинитися, щоб мінімізувати навантаження на корпус;
- організувати закладення пробоїни і запустити водовідливні засоби.

При затопленні організувати боротьбу з надходженням води і поширенням її по судну. Старший помічник капітана повинен провести розрахунки і виконати заходи по зменшенню напруги (згинального моменту) в районі пошкодження корпусу шляхом зміни розподілу вагового навантаження. Для попередження подальшого поширення тріщин в зовнішній обшивці і в палубах судна, старший механік повинен організувати свердління на кінцях цих тріщин отвори діаметром до 15 мм.

Старший механік також повинен вжити заходів щодо тимчасового відновлення зруйнованих або пошкоджених зв'язків. Старший помічник капітана повинен організувати спостереження за основними зруйнованими і пошкодженими зв'язками корпусу, особливо при плаванні в штормових і льодових умовах. При пошкодженні корпусу в районі паливних цистерн і загрозу забруднення моря нафтою необхідно діяти відповідно до "Судовим

планом надзвичайних заходів по боротьбі із забрудненням нафтою", що є на борту судна.

Причинами надходження небезпечної кількості води в корпус судна можуть бути:

- заливання в штормових умовах;
- льодові пошкодження;
- поява свищів і тріщин в корпусі, танках, трубопроводах, внаслідок вікового зносу і надмірних напружень;
- пошкодження від посадки на ґрунт;
- пошкодження від зіткнення;
- інші пошкодження корпусу.

При виявленні забортної води оголошується загальносуднову тривога. Екіпаж діє відповідно до Розкладу по тривоги.

Вживають таких заходів:

- оголосити загальносуднову тривогу (сім коротких і один довгий дзвінок гучного бою протягом 25-30 секунд і оголошення по трансляції);
- приступити до дії відповідно до оперативного плану по боротьбі з водою.
- задрати всі водонепроникні двері;
- провести герметизацію корпусу;
- привести в повну готовність всі технічні засоби та системи живучості;
- визначити причини надходження води, встановити характер пошкоджень, евакуювати постраждалих;
- організувати закладення пробоїни;
- запустити водовідливні засоби;
- запобігти поширенню води в інші приміщення;
- провести розрахунки надходження забортної води, аварійної посадки і остійності;
- зменшити або зупинити хід судна, змінити курс, щоб зменшити бортову качку і надходження води;
- визначити шляхи боротьби з водостічним і приступити до її реалізації;

- знеструмити електрообладнання в районі водотічності з дозволу капітана;
- при надходженні води в кількостях, не подаються відкачування судновими відпливними засобами: зупинити рух судна, завести пластир і закрити пробоїну, вирівняти крен, відкачати воду.

Капітан повинен оцінити реальну небезпеку затоплення або перекидання. При загрозі забруднення моря нафтопродуктами діяти відповідно до "Судовим планом надзвичайних заходів по боротьбі із забрудненням нафтою". Потрібно передати повідомлення про аварійний випадок судновласнику і всім зацікавленим сторонам. При неможливості усунути водостічному і надходження великих мас води, які загрожують затопленням судна: проводити безперервну відкачування води, слідувати до місця укриття або мілини, звернутися за допомогою до найближчих судам або рятувальникам, оголосити шлюпкову тривогу [12].

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі бакалавра було розглянуто електроенергетичну систему та систему управління контейнеровоза місткістю 5400 контейнерів. Розрахунок суднової електроенергетичної станції робився табличним методом. Цей метод був обран тому, що він є найбільш наочним – при розрахунках точно видно як кожний споживач електроенергії поводить себе втому чи іншому режимі роботи судна за допомогі програми Excel.

Для суднової електростанції було обрано чотири генератори фірми Daihatsu MFG 8DK-32, валогенератор фірми TAIYO та один аварійний генератор. Такі генератори із системою системою самозбудження та цифровим АРН були обрані бо за останні роки вони зарекомендували себе на сучасних судах морського флоту як надійні агрегати суднових електричних станцій. Розрахунок падіння напруги при пуску двигуна підрулюючого прістою потужністю 1500 Квт –14%, що є згідно реєстра допустимою нормою миттєвого падіння напруги.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Богословський. Суднові електроприводи. У двох томах.- Л.: Суднобудування, 1983. - 730 с.
2. Баранов А.П. Суднові автоматизовані електроенергетичні системи. М.: Транспорт, 1988. – 328с.
- 3.Власенко А.А. Суднова електроавтоматика. М.: Транспорт, 1983. – 321 с.
4. Захарченко В.М., Електрообладнання суден: електричні станції. Одеса, ОНМА, 2003. – 119 с.
5. Коноваленко Л.К., Коноваленко А.В. Електротехнічна безпека на морському транспорті. Одеса: „Друк”, 2002. - 172 с.
6. Контролери фірми Дейф - <https://dvk-electro.ru/06powerStation/data.pdf>.
7. Лейкин В.С. «Судовые электрические станции и сети». Москва, 1996 . – 345 с.
8. Міжнародні нормативні документи (кодекси, конвенції): ОСПС, МКУБ, МАРПОЛ, STCW78/95.
9. Морський Регістр Судноходства . Правила класифікацій і будування морських суден. Том 1,2,3 - М.: Транспорт,2003. - 1500 с.
10. Піпченко А.Н. Розрахунок суднових електроенергетичних систем.- М.: Мортехінформреклама, 1998. - 39 с.
11. Піпченко А.Н., Пономаренко В.В., Теплов Ю.И., Романенко А.В. «Електрооборудование, электронная аппаратура и системы управления», Одесса - 1998.
12. Правила технічної експлуатації суднових технічних засобів і конструкцій. РД 31.21.30-. 2006. -336 с
13. Правила технической эксплуатации морских и речных судов. Укрморинформ, 2012 – 170 с.
14. Правила технической безопасности на судах морского флота, РД 31.81.10-12,2012 - 196 с.
15. Торский В.Г., Позолотій Л.А. МКУБ у питаннях і відповідях.-Л.: Одеса, 1998.-134 с.

16. Толстов А.А. Устройство и эксплуатация судовых синхронных генераторов [Текст]: учебное пособие для курсантов и студентов морских вузов. – Одесса: ОНМА, 2006. – 150 с.
17. Торский В.Г., Топалов В.П. Міжнародні угоди і документи що регламентують морське судноплавство. Частина 1,2,3. Одеса, 2008.- 234 с.
18. Яковлев М.С. Судові електроенергетичні системи. Л.: Суднобудування, 1987. - 269 с.

ДОДАТОК А

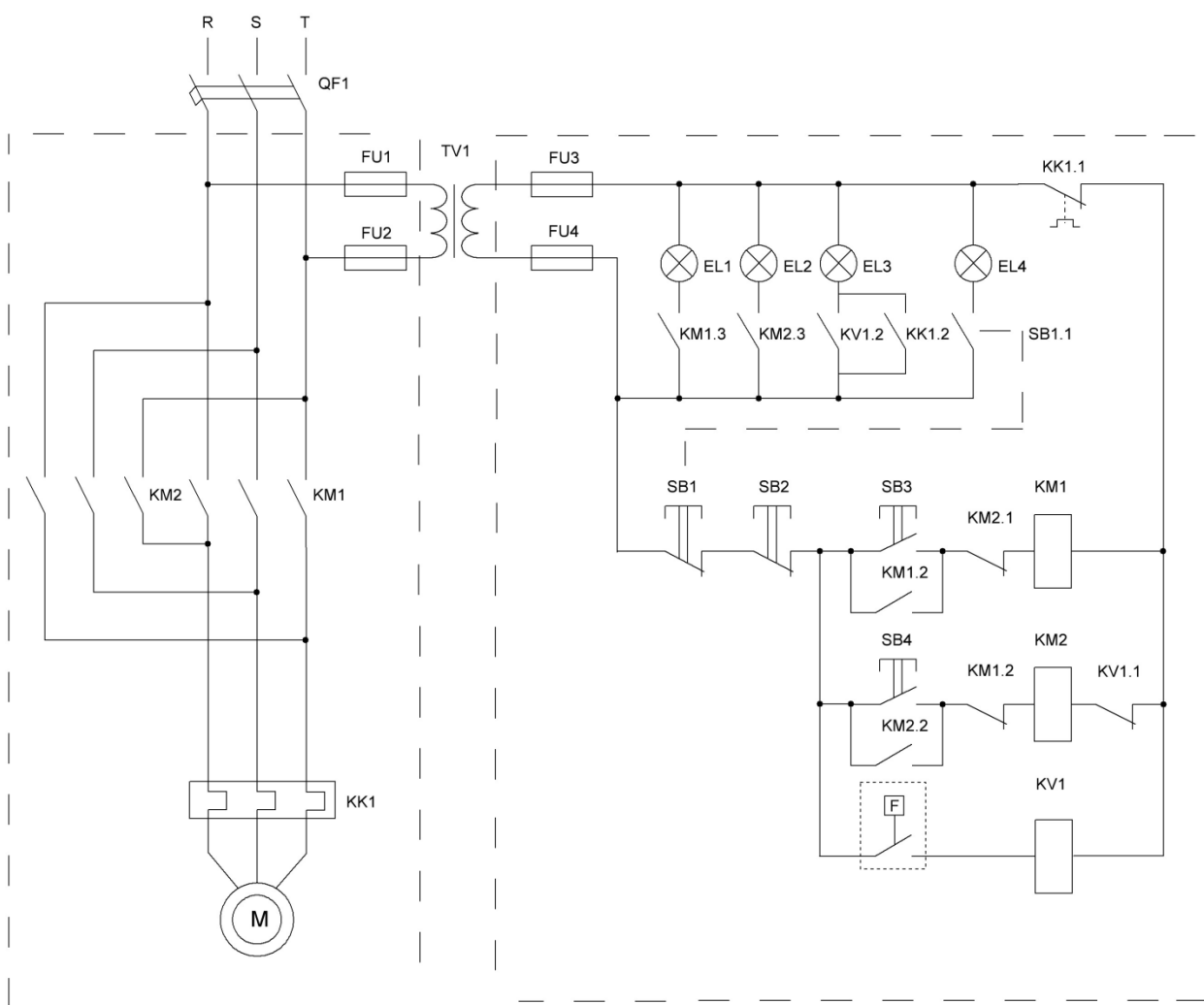
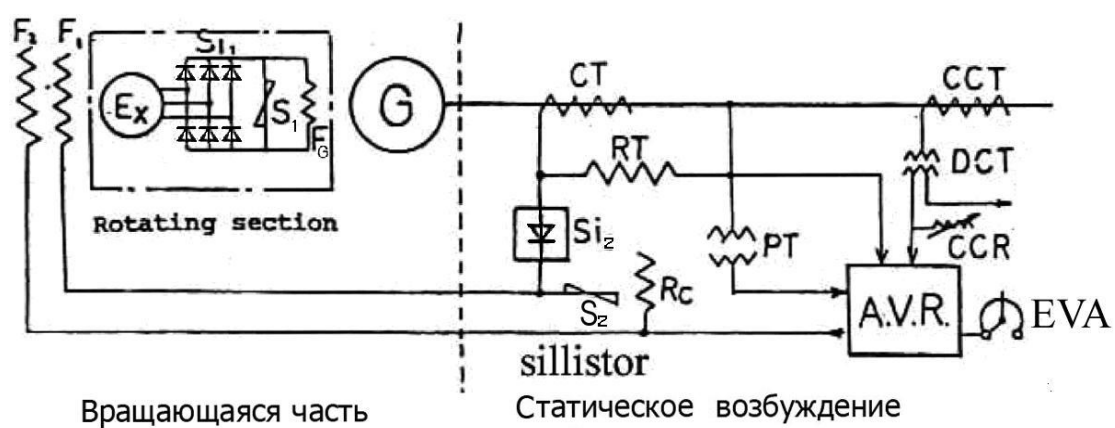


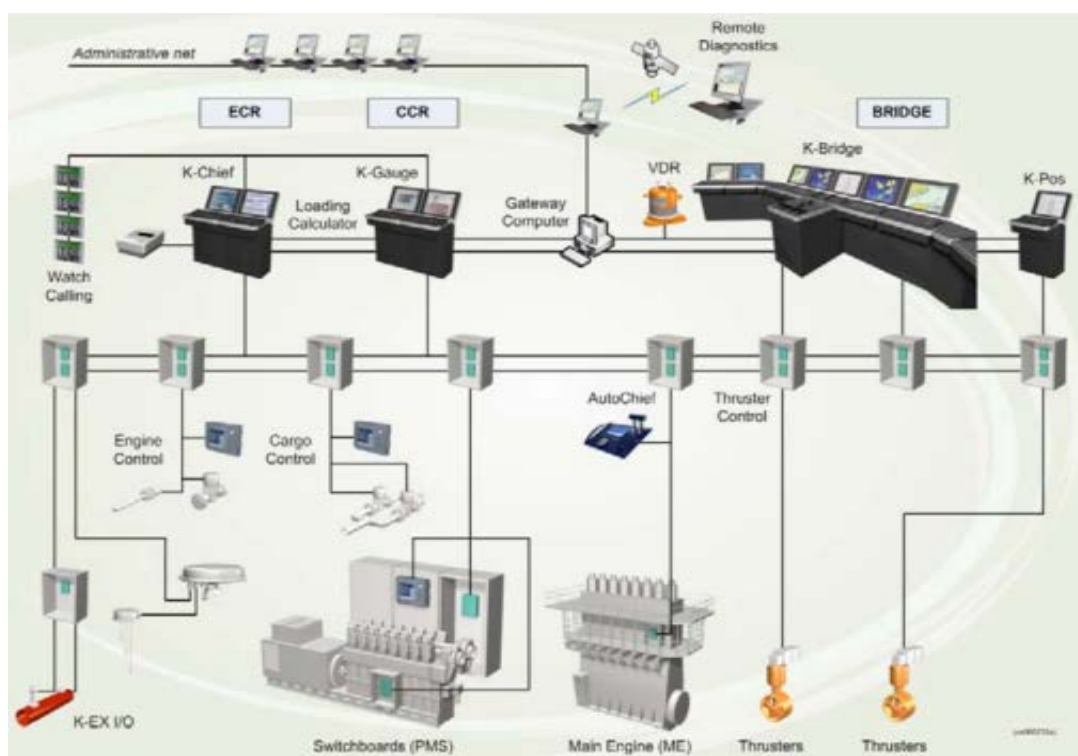
Схема управління ЕПбрашпиля

ДОДАТОК В



Принципова схема системи збудження та АРН СДГ

ДОДАТОК Д



Структурна схема комп'ютерної системи моніторингу СЕУ