

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»  
Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки  
Кафедра електричної інженерії та електроніки

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

на тему:

Електрообладнання, електронна апаратура і системи управління контейнеровоза  
місткістю 2500 контейнерів

Виконав: студент 4 курсу, групи 3401

спеціальності 271 напрям

«Річковий та морський транспорт»

(шифр і назва спеціальності)

Стрельбицький Мирослав Валерійович 

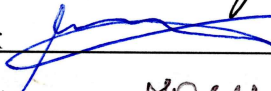
(підпис, прізвище та ініціали)

допущений до захисту 15.06.2021

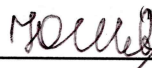
(дата малого захисту)

Завідуючий кафедрою  Муха М.Й.

(підпис, прізвище та ініціали)

Керівник  Малявін І. П.

(підпис, прізвище та ініціали)

Нормоконтролер  Шевцов Ю.С.

(підпис, прізвище та ініціали)

Рецензент  В. С. Мельничко

(підпис, прізвище та ініціали)

# НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально науковий інститут автоматики та електромеханіки

Спеціальність Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедрою ЕІ та Е

 М.Й. Муха  
„01” „04” 2021 р.

## **ЗАВДАННЯ**

на дипломну роботу бакалавра

Стрельбицького Мирослава Валерійовича

Тема бакалаврської роботи

1 «Електрообладнання, електронна апаратура і системи управління контейнеровоза  
місткістю 2500 контейнерів » затверджена наказом ректора академії від «15»  
червня 2021 р. № 819 .

2 Термін здачі курсантом закінченої роботи до 11.06. 2021 р.

3 Вихідні дані до роботи: технічна документація судна.

4 Змістовна частина розділів дипломної роботи освітньо-кваліфікаційного рівня  
«бакалавр» за напрямом підготовки 6.0701 «Річковий та морський транспорт» як  
визначено нижче:

4.1 Технічно-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна.

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

- обґрунтування основних параметрів суднової електроенергетичної системи(СЕЕС)  
та вибір її типу

4.2 Судновий електропривод (ЕП) та система автоматизації (суднова  
електромеханічна система):

- розрахунок потужності електродвигуна одного з електроприводів суднових  
механізмів:

- вибір типу електродвигуна одного з електроприводів суднових механізмів

- обґрунтування схеми живлення та управління електроприводу;

- вибір схеми живлення та управління електроприводу;

- розробка інструкції з експлуатації данного суднового електроприводу.

#### 4.3. Суднова електроенергетична система (СЕЕС):

- розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості, потужності і типу основних, аварійних синхронних генераторних (СГ) агрегатів СЕЕС;
- вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії;
- вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми головного розподільного щита (ГРЩ) та аварійного розподільного щита (АРЩ);
- розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів;
- вибір апаратів, приладів, приборів ГРЩ;
- вибір системи збудження синхронних генераторів;
- розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії;
- вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, розробка алгоритмів управління СЕЕС.
- загальні відомості о мережі суднового електричного освітлення, суднових навігаційних вогнів, освітлення низької напруги.

#### 4.4. Аналіз систем та пристроїв управління судном:

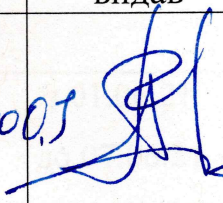
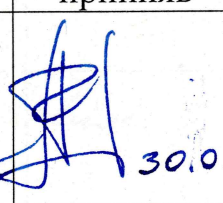
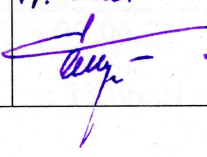
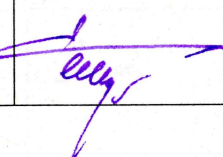
- технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних та управляючих систем;
- аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки;
- технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації та внутрішнього зв'язку;
- ГМЗЛБ і навігація.

#### 4.5. Питання цивільного захисту та охорони праці.

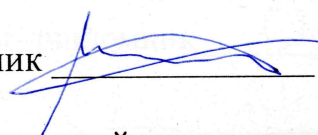
### 5 Перелік графічного матеріалу:

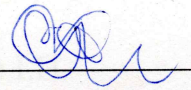
- принципова схема силової частини електроприводу та схема його системи управління;
- однолінійна схема ГРЩ і АРЩ;
- система збудження СГ;
- структурна або функціональна схема АСУ СЕЕС, алгоритм управління;
- принципова або структурна схема системи управління технічного об'єкту, граф-схема алгоритму функціонування.

6 Консультанти розділів роботи:

| Розділ                                       | Консультант                            | Підпис і дата                                                                                    |                                                                                                   |
|----------------------------------------------|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                              |                                        | Завдання видав                                                                                   | Завдання прийняв                                                                                  |
| Охоронні заходи та цивільна оборона на судні | кафедра МТ<br><i>Голобородько О.Т.</i> |               |  30.05        |
| Безпека та виживання на морі                 | кафедра БЖ<br><i>Генералов Ю. Ч.</i>   | 17.05.21<br> | 01.06.21<br> |

Дата видачі завдання: 11.05 2021 р.

Керівник  Малявін І. П.

Завдання прийняв до виконання  Стрельбицький М.В.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту                                           | Строк виконання етапів проекту | Примітки |
|-------|---------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1.    | Технічно-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна | з 11.05.21<br>до 13.05.21      | виз      |
| 2.    | Судновий електропривод та система його управління                         | з 13.05.21<br>до 21.05.21      | виз      |
| 3.    | Аналіз систем та пристроїв управління судном                              | з 21.05.21<br>до 01.06.21      | виз      |
| 4.    | Питання цивільного захисту та охорони праці                               | з 01.06.21<br>до 07.06.21      | виз      |
| 5.    | Оформлення дипломного проекту<br>Оформлення креслень. Підготовка доповіді | з 07.06.21<br>до 11.06.21      | виз      |

Курсант-дипломник  Стрельбицький М.В.Керівник  Малявін І.П.

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота бакалавра на тему «Електрообладнання, електронна апаратура і системи управління контейнеровоза місткістю 2500 контейнерів»

—

У дипломній роботі проведено розрахунок електрообладнання, електронної апаратури та системи управління контейнеровоза місткістю 2500 контейнерів. Характеристика судна, розрахован електропривод компресора охолоджуючої установки, розрахована судова електроенергетична система, вибрані аккумулятори для ГМЗЛБ, проведені всі необхідні розрахунки та наведен аналіз головної пропульсивної установки. Виконано завдання з цивільної оборони та безпеки життєдіяльності.

ЕЛЕКТРОПРИВОД КОМПРЕСОРА ОХОЛОДЖУЮЧОЇ УСТАНОВКИ,  
ПРИНЦИПОВА СХЕМА СИЛОВОЇ ЧАСТИНИ ТА УПРАВЛІННЯ,  
СИСТЕМА ЗБУДЖЕННЯ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ, АЛГОРИТМ  
КЕРУВАННЯ ГОЛОВНОЮ ПРОПУЛЬСИВНОЮ УСТАНОВКОЮ

## ABSTRACT

The research paper calculated the electrical, electronics and of the control system for container vessel with capacity of 2500 containers. Abstract contains information about technical data of container ship, calculation of electrical drive of compressor of refrigerant plant, calculation of ship electrical system, analysis of the main propulsion plant and issues of civil protection and security of the ship.

ELECTRICAL DRIVE OF COMPRESSOR OF REFRIGERANT PLANT, SCHEMATIC DIAGRAM, DIAGRAM OF EXCITATION SYSTEM OF SYNCHRONOUS GENERATORS, CONTROL ALGORITHMS.

## Зміст

|                                                                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....                                                                                                                                                    | 10 |
| ВСТУП.....                                                                                                                                                                        | 11 |
| 1 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ<br>ОСОБЛИВОСТІ СУДНА SEALAND LOS ANGELES.....                                                                            | 12 |
| 2. ЕЛЕКТРОПРИВОД КОМПРЕСОРА РЕФРИЖЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ.....                                                                                                                        | 15 |
| 2.1 Розрахунок потужності електродвигуна.....                                                                                                                                     | 15 |
| 2.2 Опис вибраного електродвигуна.....                                                                                                                                            | 16 |
| 2.3 Опис вибраного частотного перетворювача.....                                                                                                                                  | 16 |
| 2.4 Конструкція пристрою.....                                                                                                                                                     | 19 |
| 2.5 Схема пристрою компресора.....                                                                                                                                                | 22 |
| 2.6 Обґрунтування і вибір схеми живлення та управління.....                                                                                                                       | 23 |
| 2.7 Опис роботи схеми.....                                                                                                                                                        | 24 |
| 2.8 Інструкція з експлуатації.....                                                                                                                                                | 25 |
| 3. СУДНОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА(СЕЕС).....                                                                                                                                  | 27 |
| 3.1 Розрахунок потужності СЕЕС.....                                                                                                                                               | 27 |
| 3.2 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та<br>АРЩ розподільних щитів.....                                                                        | 30 |
| 3.3 Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів.....                                                                                                     | 31 |
| 3.4 Вибір системи збудження синхронного генератора.....                                                                                                                           | 42 |
| 3.5 Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужнішого<br>споживача електроенергії.....                                                                           | 54 |
| 3.6 Перевірка кабелю живлення одного з найбільш віддаленого електроприводу<br>на втрату напруги.....                                                                              | 56 |
| 3.7 Вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної або функціональної<br>схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, розробка алгоритмів<br>управління СЕЕС..... | 58 |
| 4.АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ.....                                                                                                                                      | 64 |

|                                                                                                                                                                                                           |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.1 Аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки.....                                                                                                              | 64 |
| 4.2 Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації та внутрішнього зв'язку.....                                                 | 73 |
| 5. ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ.....                                                                                                                                                       | 82 |
| 5.1 Вимоги Міжнародної конвенції з охорони людського життя на морі 1974 р. (СОЛАС-74 / SOLAS) до експлуатаційної готовності, технічного обслуговування та перевірки рятувальних засобів та пристроїв..... | 82 |
| 5.2 Правила техніки безпеки при експлуатації та ремонті судових котлів.....                                                                                                                               | 84 |
| 5.3 Системи виявлення та оповіщення про пожежу і їх технічне обслуговування..                                                                                                                             | 86 |
| 5.4 Вимоги до установок та обладнання для збирання, обробки і видалення стічних вод.....                                                                                                                  | 87 |
| 5.5 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.....                                                                                                                    | 90 |
| 5.5.1 Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту).....                                                                                                       | 90 |
| 5.5.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території.....                                                                                                                                                 | 90 |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АРЩ – аварійний розподільний щит

АДГ – аварійний дизель-генератор

АРН – автоматичний регулятор напруги

ГД – головний двигун

ГРЩ – головний розподільний щит

ДАУ – дистанційне автоматизоване управління

ДГ – дизель-генератор

ЕП — електропривод

ЗЧВ — замінний час вприскування

КВП – контрольно - вимірювальний прилад

ККД – коефіцієнт корисної дії

КО — котельне відділення

МВ – машинне відділення

МП – мікропроцесор

РЩ – розподільний щит

СЕЕС – суднова автоматизована електроенергетична система

СЕС – суднова електростанція

СЕУ – суднова енергетична установка

УКП — уставка кількості палива

ЦПУ – центральний пост управління

ШМ — широтно імпульсна модуляція

ЩЖБ – щит живлення з берегу

ПП – підрулюючий пристрій

ТПЧ – тиристорний перетворювач частоти

ЄМК – електромагнітний клапан

## ВСТУП

За даними на 2020 рік [1] у світі 5 300 контейнерних судів. Контейнерні суда є звичайним способом вантажного транспорту і зараз перевозять більшість морських несіпучих вантажів. На сьогоднішній день [1] близько 90% нерозсіпних вантажів у всьому світі перевозяться контейнерними суднами, а найбільші сучасні контейнерні судна можуть перевезти понад 23 000 TEU (наприклад, MSC Gülsün). Зараз контейнерні судна конкурують із цистернами із сировою нафтою та балкерами як найбільші комерційні морські судна.

В якості об'єкта дослідження був обран контейнеровоз, тому що був практичний досвід на контейнерном судні

Розвиток автоматичного керування й регулювання здійснюється, з одного боку, по шляху взаємодії зі створюваними новими конструкціями агрегатів й установок при одночасному вдосконалюванні елементів автоматики й технології їхнього виготовлення. З іншого боку – шляхом проектування систем автоматики з застосуванням сучасного апаратного забезпечення, розробки алгоритмів його роботи з урахуванням нових можливостей. При цьому використовуються частотно-регульовані електроприводи, пристрої плавного пуску, програмовані логічні контролери (Programmable Logic Controller, PLC), панелі оператора (Human Machine Interface, HMI), багатофункціональні кнопочні панелі керування.

Треба зазначити, що на ряду із збільшенням місткості океанських контейнеровозів, які оброблюються в портових вантажних та контейнерних терміналах, постійний зріст до 5 % щороку демонструється в галузі морських та річкових перевозок відповідно невеликими контейнеровозами в порівняно невеликих об'ємах на невеликі відстані.

У цій дипломній роботі відображено конструктивні особливості контейнерного судна, вибрав електропривод компресора охолоджуючої установки та розрахував СЕЕС судна SEALAND LOS ANGELES згідно з реєстром судноплавства України [3]

## 1 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА SEALAND LOS ANGELES

Загальні відомості про судно, представлено на рисунку 1.1 [6], конструктивні особливості контейнерного судна. Це спеціальне судно здатне виконувати роботи з транспортування контейнерів, судно здатне здійснювати завантаження контейнерів за допомогою власних кранів, вантажопідйомність змінюється від 16 до 45 тонн в залежності від встановленого ліміту безпечної вантажопідйомності.

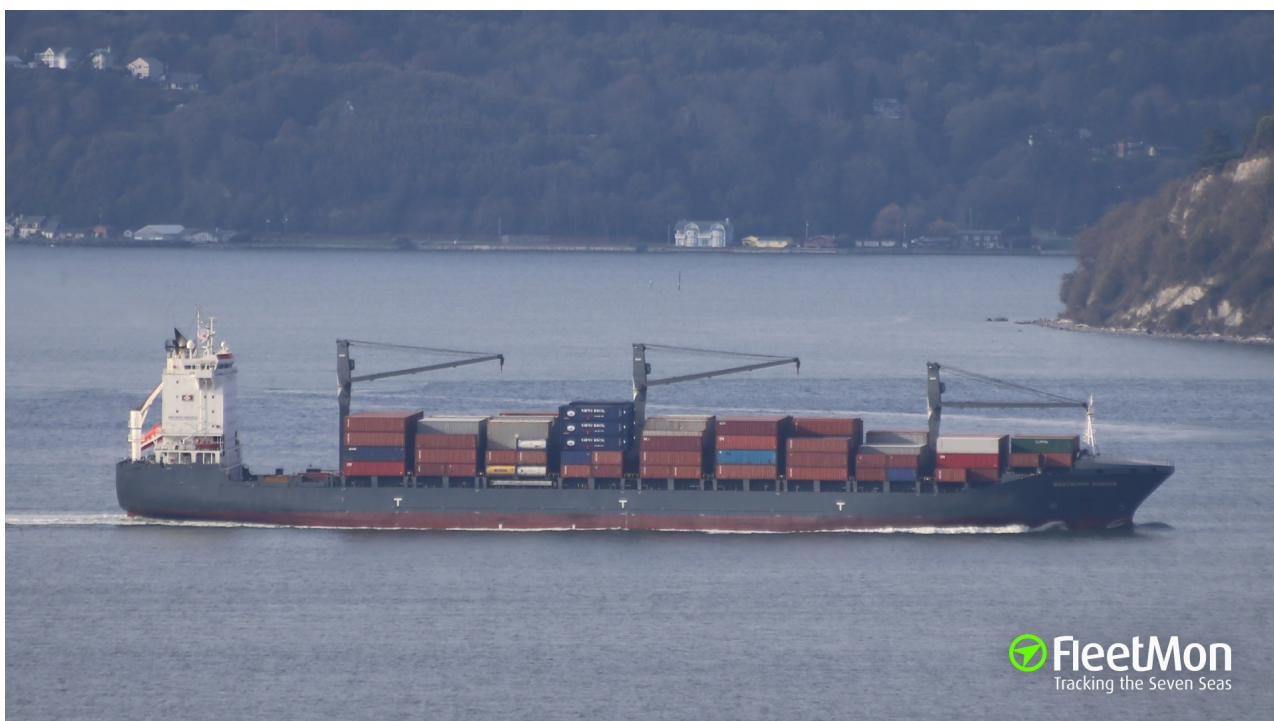


Рисунок 1.1 - Зовнішній вигляд судна

Район плавання – повинен задовільняти наступним параметрам:

- а) Температура морської води від  $0^{\circ}\text{C}$  до  $+32^{\circ}\text{C}$
- б) Зовнішня температура від  $-20^{\circ}\text{C}$  до  $+35^{\circ}\text{C}$
- в) Вологість повітря від 70 до 85 %

Загальні відомості про судно

Назва: SEALAND LOS ANGELES

IMO: 938 3235

Офіційний номер: 17154

Позивний: A8PD8

Тип: контейнерне судно

Рік будівництва: 2008

Виробник: “Jiangsu Yangyijiang ShipYARD Co. , Ltd”

Швидкість: 22 вузла

Кількість контейнерів: 2 546

#### Головні розміри

Загальна довжина: 209 м

Ширина: 30 м

Висота: 52 м

Максимальна осадка: 11 м

#### Тоннаж

Gross Tonnage: 26 435 т

Net Tonnage: 12 990 т

#### Машинне відділення та пропульсивна установка

Марка головного двигуна: Wartsila 7 RT-flex68-B

Тип головного двигуна: Дизельний двигун

Потужність головного двигуна: 21 490 кВт; 95 об/хв

Сумарна потужність СЕЕС: 6840 кВт

Генератори: 4 x 1710 кВт

Аварійний генератор: 1 x 190 кВт

Діаметр гвинта: 4 м

Рульовий пристрій: 2 x Ulstein Hinze Rudders HLR-S 270

#### Підрулюючий пристрій

Потужність: 1,100 кВт

#### Головні крани

Максимальна вантажнопідйомність: 46 т

Висота підняття груза: 40 м

Час підняття груза: 65 с

Час та швидкість підняття груза 45 т: 16 м/хв

Час та швидкість підняття груза 16 т: 30 м/хв

Потужність: 260 кВт

Номінальна напруга: 440 В

#### Якірне обладнання

Довжина якірного ланцюга: 687.5 м

Глибина, з якої лебідка може підняти якорь: 80 м

## 2. ЕЛЕКТРОПРИВОД КОМПРЕСОРА РЕФРИЖЕРАТОРНОЇ УСТАНОВКИ

У цьому пункті для судна SEALAND LOS ANGELES був проведений розрахунок компресора рефрижераторної установки судна, номінальні данні до компресора приведені в таблиці 2.1. Була приведена схема управління та опису до схеми. Виконан стандартний розрахунок компресора. Згідно каталогу виробника був обран електропривод для компресора.

Вибран частотний перетворювач та система керування до нього, приведені схеми частотного перетворювача, вибрана захисно комутаційна апаратура та кабелі живлення.

Поршневі компресори працюють на принципі зміни об'єму. Компресор, для якого проектується електропривод має 4 циліндра. Компресор належить до типу прямої дії, тобто витісняє фреон в одному напрямі

Таблиця 2.1 - Характеристики компресора

|                             |           |
|-----------------------------|-----------|
| Марка компресора            | Sauer     |
| Тип                         | WP271L    |
| Тиск                        | 0 – 30bar |
| Рівень шуму на відстані 1 м | 96 db (A) |
| Захист                      | IP 55     |

### 2.1 Розрахунок потужності електродвигуна

Розрахунок потужності електродвигуна виконується за формулою:

$$P = \frac{k * Q * A}{1000 * n_m * n_e} = \frac{1.1 * 280 * 0.416 * 10^3}{3600 * 1000 * 0.98 * 0.70} = 52 \text{ кВт}, \quad (2.1)$$

де k — коефіцієнт запасу, дорівнює 1.1 — 1.2

Q — ємність компресора  $280 \text{ м}^3/\text{h}$

$A$  — робота витрачаєма на стискання  $1\text{ м}^3$  фреону до заданих робочих тисків,  $\text{Дж/м}^3$ ,  
 $0.416 \cdot 10^9$

$\eta_p$  — ККД компресора, 0.98

$\eta_n$  — ККД передачі, 0.7

3600 у знаменнику — конвертація часу в секунди

## 2.2 Опис вибраного електродвигуна

Підбираємо за допомогою каталогу [8] електродвигун виробника Siemens Industry, мотор трифазний розміру 225М двошвидкісний асинхронний двигун. Мотор спроектован для роботи з зовнішньою температурою не більше  $+55^\circ\text{C}$ , данні до мотора наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Параметри мотора

|                   |               |
|-------------------|---------------|
| Номінальний струм | 93 А          |
| Пусковий струм    | 646 А         |
| Ефективність      | 93 %          |
| Стартовий час     | 2-3 сек       |
| Живлення          | 440 V / 60 Гц |
| Швидкість         | 1770 об/хв    |
| Потужність        | 53 кВт        |
| Маса              | 450 кг        |
| Захист            | IP 55         |
| ISO клас          | F             |

## 2.3 Опис вибраного частотного перетворювача

ACS880-01-145A-3 – частотний перетворювач, створений компанією Asea Brown Boveri. Данні до моделі наведені у таблиці 2.3 та вигляд частотного перетворювача на рисунку 2.1. Дана модель спроектована для роботи з різними типами електродвигунів: з постійними магнітами, асинхронними двигунами, серво та синхронними реактивними двигунами, що робить його універсальним. Засоби захисту знижують вимоги до зовнішніх пристроїв забезпечення безпеки. Привод має функцію економії енергії. Привід має алгоритм прямого управління двигуном, що зветься прямим регулюванням крутного моменту.[9]

Таблиця 2.3 - Параметри частотного перетворювача

|                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| Номінальний струм           | 145 А       |
| Потужність                  | 75 кВт      |
| Потужність у важкому режимі | 55 кВт      |
| Напруга живлення            | 380 — 415 В |
| Вихідна частота             | 0 — 500 Гц  |
| Вихідна напруга             | 0/380-440 В |

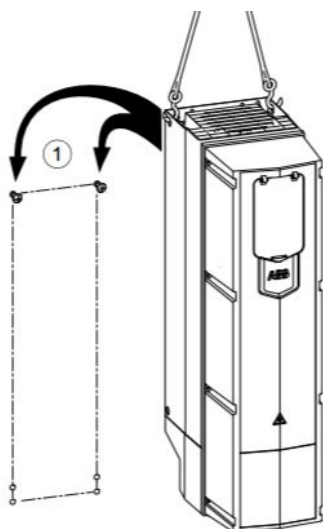


Рисунок 2.1 - Зовнішній вигляд частотного перетворювача

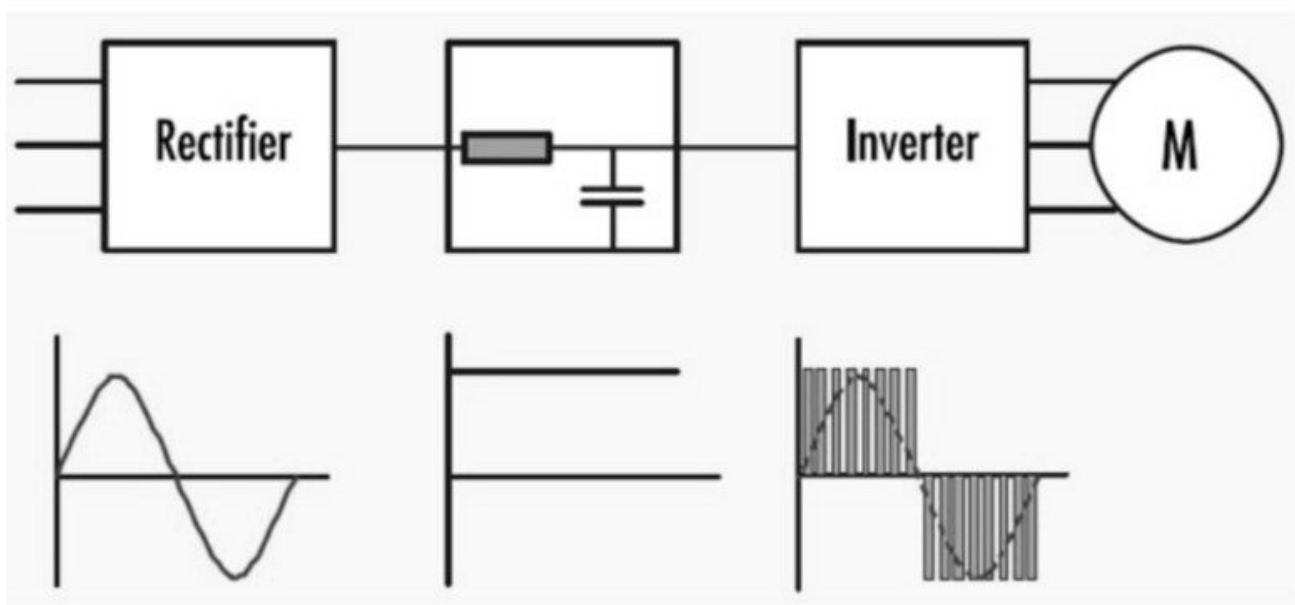


Рисунок 2.2. - Спрощена схема частотного перетворювача

На рисунку 2.2 процес перетворення нестабільної частоти лінії електропередач у стабільну частоту в основному виконується у два етапи: джерело змінного струму випрямляється в постійну напругу, напруга постійного струму подрібнюється до змінної напруги потрібної частоти. Перетворювач частоти складається з трьох блоків: випрямляча, кола живлення постійного струму та інвертора.

Вибраний перетворювач належить до типу інвертора джерела напруги ШІМ

Вибраний перетворювач не повинен точно відповідати навантаженню, йому потрібно лише щоб навантаження не споживало струм, вищий, ніж розрахований ШІМ-перетворювачем. Цілком можливо запустити індукцію 20 кВт з перетворювачем ШІМ на 100 кВт. Це велика перевага, яка полегшує роботу програми.

Вибраний перетворювач частоти ШІМ використовує біполярний транзистор із ізольованим затвором (IGBT). Конструкція має синусоїдальне джерело живлення. Індукція найкраще працює, якщо вона постачається з джерелом чистої синусоїдальної напруги, тобто з чистою синусоїдальною напругою мотор працює краще.

## 2.4 Конструкція пристрою

На рисунку 2.4 наведена конструкція пристрою компресора, для якого був розрахован електропривод та в таблиці 2.4 наведен опис до рисунку 2.4.

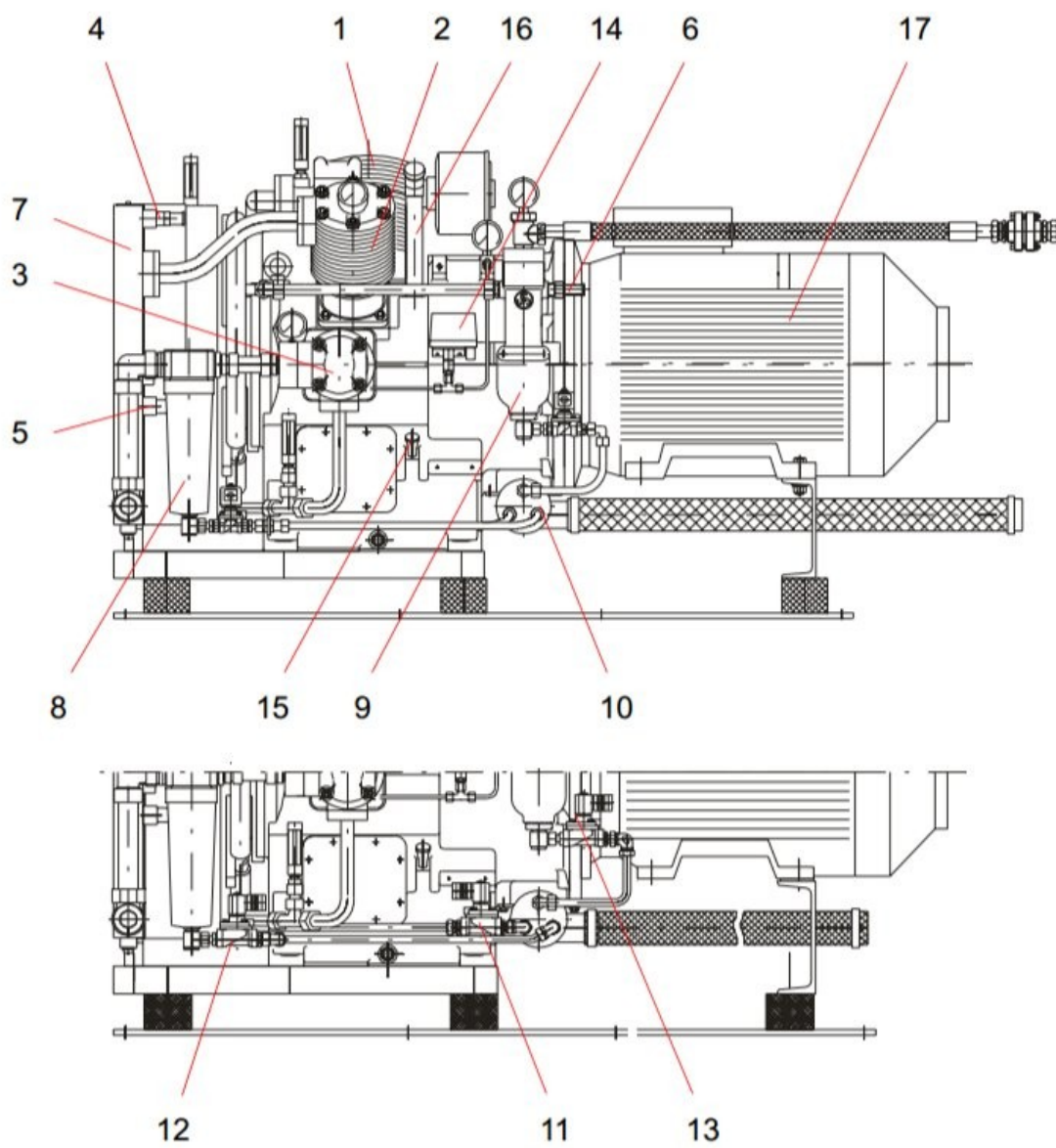


Рисунок 2.4 - конструкция пристрою

Таблиця 2.4 - Опис конструкції пристрою на рисунку 2.4

| №  | Найменування                       |
|----|------------------------------------|
| 1  | Перша стадія циліндра              |
| 2  | Друга стадія циліндра              |
| 3  | Третья стадія циліндра             |
| 4  | Перепускний клапан 1 стадія        |
| 5  | Перепускний клапан 2 стадія        |
| 6  | Перепускний клапан 3 стадія        |
| 7  | Охолоджувач                        |
| 8  | Мастило-водяний сепаратор 2 стадії |
| 9  | Мастило-водяний сепаратор 3 стадії |
| 10 | Мастило-водяний збираючий посуд    |
| 11 | Зливний клапан 1 стадії            |
| 12 | Зливний клапан 2 стадії            |
| 13 | Зливний клапан 3 стадії            |
| 14 | Масляний сенсор тиску              |
| 15 | Масляний щуп                       |
| 16 | Вентіляція картера з ізоляцією     |
| 17 | Мотор                              |

## 2.5 Схема пристрою компресора

На рисунку 2.5 наведена схема пристрою компресора та в таблиці 2.5 наведений опис до рисунку 2.5.

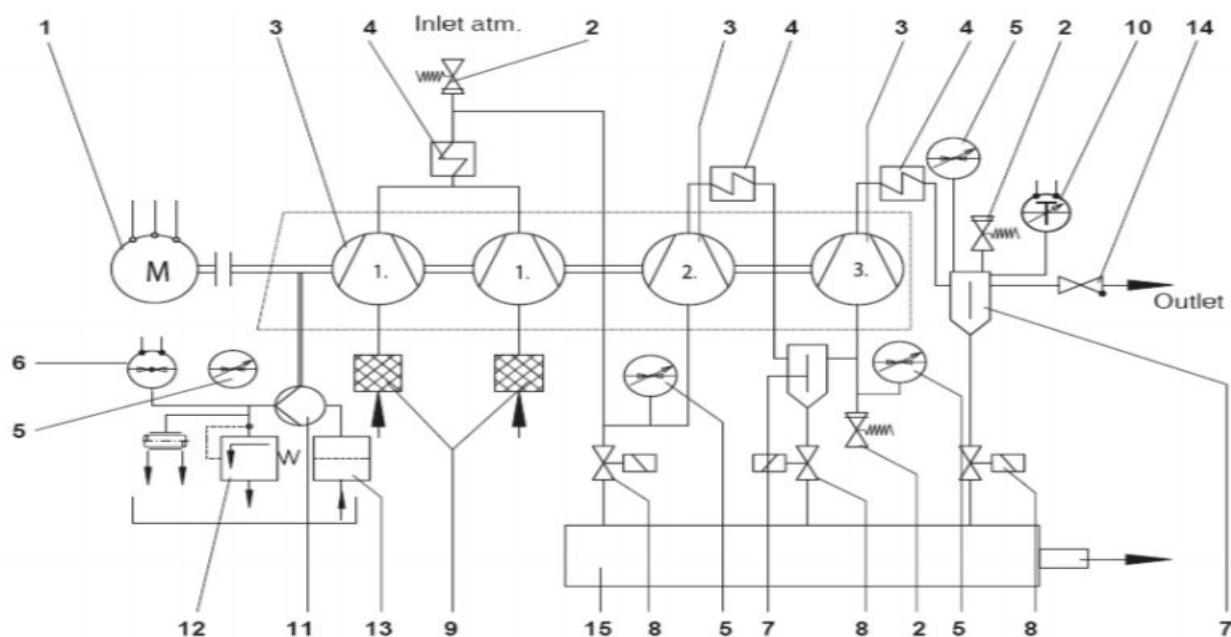


Рисунок 2.5 - Схема пристрою компресора

Таблиця 2.5 - Опис схеми пристрою компресора на рисунку 2.5

| № | Найменування                |
|---|-----------------------------|
| 1 | Двигун                      |
| 2 | Запобіжний клапан           |
| 3 | Стадія компресора           |
| 4 | Інтеркулер та доохолоджувач |
| 5 | Клапан тиску                |
| 6 | Клапан тиску масла          |
| 7 | Сепаратор                   |
| № | Найменування                |

|    |                            |
|----|----------------------------|
| 8  | Соленоїдний клапан         |
| 9  | Впускний фільтр            |
| 10 | Температурний перемикач    |
| 11 | Масляний насос             |
| 12 | Клапан надлишкового тиску  |
| 13 | Масляний фільтр            |
| 14 | Не возвратний клапан       |
| 15 | Сосуд для збору конденсату |

## 2.6 Обґрунтування і вибір схеми живлення та управління

Використовування частотного перетворювача в компресорі рефрижераторної установки не єдиний спосіб управління продуктивністю компресора, крім частотного перетворювача існують: включення додаткового компресора, старт-стоп, регулювання продуктивності за допомогою золотника чи дросельного клапана та регулювання продуктивності за допомогою перепуску гарячого газу, але регулювання частотним перетворювачем є найбільш економічним способом.

Частотно-регульований привід (ЧРП) дозволяє змінювати продуктивність компресора в залежності від фактичного споживання стисненого газу і таким чином досягти досить значної економії електроенергії.

Переваги та особливості застосування перетворювачів частоти для регулювання продуктивності компресорів:

- а) Зниження пускових струмів;
- б) Захист електродвигуна;
- в) Значна економія електроенергії;
- г) Не має обмежень по кількості пусків в годину;
- д) Точна підтримка тиску;
- е) Не потрібен ресивер великого обсягу;

ж) Менше механічний ізнос компресора.

## 2.7 Опис роботи схеми

Розглянемо спрощену схему суднової рефрижераторної установки, додаток А, схема управління другого компресора не зображена. Для запуску подаємо живлення управління вимикачем ПВ. У нульовому положенні перемикачів ПП загоряються лампи 1ЛО - 4ЛО, отримує живлення 6Р, яке, відкривши свій контакт в колі живлення пуску другого компресора, блокує його запуск. Якщо температура пара нагнітання перевищує допустиму, то через зачинившийся контакт 1ТР отримує харчування реле 5Р, яке своїми контактами шунтує контакти температурного реле і відкриває свої контакти в колі живлення пуску компресора. Запустити компресор не можна. Необхідно пустити в хід окрему систему охолодження. Якщо в промпосудині не досягнут верхній робочий рівень, то 2ПРУ тримає свій контакт в колі живлення СВ закритим, вентиль 1СВ відкриває систему заповнення, горить лампа 1ЛЗ. (Необхідно запустити систему заповнення промпосудини). Крім того, під напругою в системі управління 2-м компресором знаходиться реле РВ, яке закриє свій контакт, замикає з затримкою при активації контакту реле швидкості РС.

При постановці 1ПП в 1-е положення в системі управління замикається реле 1Р, який при нормальному тиску спрацьовує і замикає 1Р1 і 1Р2 в колі пуску, розмикає 1Р1 в колі живлення 1ЛО. Отримує живлення реле 2Р, яке здійснює операції аналогічно 1Р. Обривається коло живлення реле 5Р, який замкне свій контакт в колі пуску і розімкне в колі живлення 3ЛО і в своєму колі живлення. Замикаються також кола катушок 3Р і 4Р. 3Р обірве 3ЛО і зашунтує ПП в колі своєї котушки. 4Р обірве 4ЛО, зашунтує контакт ПП, закриє контакт 4Р2 в пусковому колі компресора, підготувавши його до пуску.

Для забезпечення автоматичного контролю і захисту 1ПП повертають в нульове положення. Якщо жодна з ламп не горить, значить температура парів нагнітання в нормі, верхній рівень промпосудини досягнутий, верхній рівень аміаку в випарнику

нормальний. Можна відключати систему охолодження і заповнення промпосуду і здійснювати пуск.

Двигун захищений від перевантаження тепловими реле РТ, які обривають 2Р. При перевищенні температури парів нагнітання спрацює 1ТР і прерве живлення 5Р, яке зупинить компресор. При зниженні верхнього рівня промпосуда до аварійного значення 1ПРУ відкриє свій контакт в колі 4Р і зупинить компресор.

При аварійних значеннях тиску всмоктування або нагнітання спрацює 1РД і теж зупинить компресор. теж саме відбудеться при падінні тиску мастила і зниження температури.[11]

## 2.8 Інструкція з експлуатації

2.8.1 Не випускайте холодоагент у повітря, це може мати вплив на глобальне потепління

2.8.2 Не вдаряйте і не обертайте компресор догори ногами. Якщо компресор збитий або повернут догори дном під час роботи або встановлення, поверніть пластину якоря 5 або 6 разів, щоб циркулювати масло. В іншому випадку масло в балоні під час пуску компресора пошкодить клапан та зменше його довговічність.

2.8.3 Щоб зняти компресор коли він працює: спочатку треба вернути мастило в компресор, потім витягнути холодоагент із системи, зніміть компресор, злийте масло з компресора і закрийте всі відкриті з'єднання негайно, перевірте кількість та ступінь забруднення мастила.

2.8.4 Щоб зняти компресор коли компресор не працює: витягніть холодоагент із системи, зніміть компресор, злийте мастило з компресора і закрийте всі відкриті з'єднання негайно. Перевірте кількість та ступінь забруднення мастила

2.8.5 Холодоагент сам по собі не шкідливий, але надмірне накопичення в закритій зоні може викликати дефіцит кисню.

2.8.6 Тримайте відкрите полум'я та легкозаймисті речовини подалі від приміщення, в якому знаходиться компресор. Пожежа особливо небезпечна під час перевірки витоків газу після установки.

2.8.7 Прямий контакт з холодоагентом може спричинити обмороження або сліпоту. Завжди носіть захисні окуляри та захисні рукавички. Не працюйте з холодоагентом поблизу обличчя.

2.8.9 Заходи безпеки: масло повинно бути без пилу, металевих стружок, тощо, не змішуйте масла, вміст вологи не повинен перевищувати 1000ppm. Масло легко вбирає вологу. Тому завжди герметизуйте контейнер відразу після використання. Достатню кількість масла можна перевірити через оглядове скло.

2.8.10 Огляд: ущільнення вала не можна використовувати повторно. Завжди використовуйте нове ущільнення вала при повторному зборі компресора. Переконайтеся, що місце ущільнення вільне від ворсу та бруду, які можуть пошкодити вал.

### 3. СУДНОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА(СЕЕС)

#### 3.1 Розрахунок потужності СЕЕС

В таблицях 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 3.1.4, 3.1.5 наведені результати розрахунків таблиці навантажень, та в таблиці 3.1.6 наведені данні о основних генераторах та в таблиці 3.1.7 наведені данні о аварійном генераторі.

Таблиця 3.1.1 – Результати розрахунку у ходовому режимі

|                                    |             |
|------------------------------------|-------------|
| Непреривно працююча потужність     | 4367 kW     |
| Інтервально працююча потужність    | 67 kVAR     |
| Активна потужність                 | 4434.4 kW   |
| Реактивна потужність               | 2515.7 kVAR |
| Повна потужність                   | 4970, kVA   |
| Завантаження працюючих генераторів | 86,96%      |
| Кількість працюючих генераторів    | 3           |
| Кількість резервних генераторів    | 1           |

Таблиця 3.1.2 – Результати розрахунку у аварійному режимі

|                                 |           |
|---------------------------------|-----------|
| Непреривно працююча потужність  | 126 kW    |
| Інтервально працююча потужність | 28 kVar   |
| Активна потужність              | 154.5 kW  |
| Реактивна потужність            | 79.2 kVAR |
| Повна потужність                | 166.8 kVA |
| Завантаження кожного генератора | 81.7%     |
| Кількість працюючих генераторів | 1         |

|                                 |   |
|---------------------------------|---|
| Кількість резервних генераторів | 0 |
|---------------------------------|---|

Таблиця 3.1.3 – Результати розрахунку у маневреному режимі

|                                 |                |
|---------------------------------|----------------|
| Непреривно працююча потужність  | 5680.7 kW      |
| Інтервально працююча потужність | 87.4 kVar      |
| Активна потужність              | 5767.7 kW      |
| Реактивна потужність            | 3259.7<br>kVAR |
| Повна потужність                | 6374 kVA       |
| Завантаження кожного генератора | 84.8%          |
| Кількість працюючих генераторів | 3              |
| Кількість резервних генераторів | 1              |

Таблиця 3.1.4 – Результати розрахунку у режимі стоянки без вантажних операцій

|                                 |            |
|---------------------------------|------------|
| Непреривно працююча потужність  | 961 kW     |
| Інтервально працююча потужність | 117 kVar   |
| Активна потужність              | 1078.2 kW  |
| Реактивна потужність            | 654.1 kVAR |
| Повна потужність                | 1332.8 kVA |
| Завантаження кожного генератора | 63.4%      |
| Кількість працюючих генераторів | 1          |
| Кількість резервних генераторів | 3          |

Таблиця 3.1.5 – Результати розрахунку у режимі стоянки з вантажними операціями

|                                 |                |
|---------------------------------|----------------|
| Непреривно працююча потужність  | 4528 kW        |
| Інтервально працююча потужність | 71 kVar        |
| Активна потужність              | 4599 kW        |
| Реактивна потужність            | 2537.3<br>kVAR |
| Повна потужність                | 5216.5<br>kVA  |
| Завантаження кожного генератора | 90.1%          |
| Кількість працюючих генераторів | 2              |
| Кількість резервних генераторів | 2              |

Таблиця 3.1.6 “Параметри вибраного судового генератору”

|                             |                     |
|-----------------------------|---------------------|
| Тип                         | STROMBERG-2115-1700 |
| Повна потужність, кВА       | 2115 кВА            |
| Активна потужність, кВт     | 1700кВт             |
| Напруга, В                  | 400 В               |
| Струм статора, А            | 2745 А              |
| Частота обертів, об/хвилину | 1500                |
| $x_s$                       | 0,056               |
| $x_d$                       | 1,976               |

|                                         |        |
|-----------------------------------------|--------|
| $x'_d$                                  | 0,176  |
| $x''_d$                                 | 0,11   |
| $r_a$ , при температурі 75 градусів, Ом | 0,0084 |
| $r'_d$ , с                              | 0,37   |

Таблиця 3.1.7 “Параметри аварійного генератора”

|                                   |                 |
|-----------------------------------|-----------------|
| Тип                               | STROMBERG-115-8 |
| Напруга                           | 450 В           |
| Активна потужність                | 190 кВт         |
| Повна потужність                  | 230 кВА         |
| Коефіцієнт потужності             | 0.8             |
| Номинальний струм                 | 361 А           |
| $x_s$                             | 0.084           |
| $x_d$                             | 1.53            |
| $x'_d$                            | 0.23            |
| $x''_d$                           | 0.17            |
| $r'_d$                            | 0.24            |
| $r_a$ при температурі 20 градусів | 0.00693         |
| Частота обертів об/мин            | 750             |

### 3.2 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ розподільних щитів

.Згідно з правилами реєстра “SOLAS 74” пред’являються такі умови проектування до ГРЩ:

а) Головний розподільний щит повинен бути розташований щодо однієї головної електричної станції таким чином, щоб, наскільки це практично можливо, безперервність нормального електропостачання могла бути порушена тільки в разі пожежі чи іншої аварії в одному приміщенні. Вигородка, що відокремлює головний розподільний щит всередині приміщення, як, наприклад, вигородка, передбачена для центрального поста управління механізмами, розташованого в межах головної площі приміщення, не повинна вважатися як ділянка, відділяюща розподільні щити від генераторів.

б) Розташування аварійного джерела електроенергії і пов'язаного з ним трансформаторного обладнання, якщо воно є, а також перехідного аварійного джерела енергії, аварійного розподільного щита і щитів аварійного електричного освітлення по відношенню до основного джерела електроенергії і пов'язаного з ним трансформаторному обладнанню, якщо воно є, а також головного розподільного щита повинно бути таким, щоб адміністрація була переконана, що пожежа або інша аварія в приміщеннях, в яких знаходяться основне джерело електроенергії, пов'язане з ним трансформаторне обладнання, якщо воно є, і головний розподільний щит, або в будь-якому машинному приміщенні категорії А не завадять подачі, регулюванню і розподілу аварійної електроенергії. Приміщення, в якому знаходяться аварійне джерело електроенергії, пов'язане з ним трансформаторне обладнання, якщо воно є, а також перехідне аварійне джерело електроенергії та аварійний розподільний щит, не повинно наскільки це практично можливо межувати з машинними приміщеннями категорії А чи приміщеннями, в яких знаходяться основне джерело електроенергії, пов'язане з ним трансформаторне обладнання, якщо воно є, або головний розподільний щит.[13]

Тип розподілу енергії структурної схеми: змішаний.

Схема має захист кабелів при коротких замиканнях і перевантаженнях;

Схема немає високовольного обладнання.

### 3.3 Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів

Схема розрахунку короткого замикання представлена на рисунку 3.3.1.

Ісходні данні до розрахунку генераторного агрегату G1, G2 серії STROMBERG  
 $S_{H1}=2115 \text{ кВА}; U_{H1}=450 \text{ В}; I_{H1}=2500; x_{d1}=0.11, r_{r1}=0.0084 \text{ Ом}$

Робочий струм фідерного кабелю перетином:  $3 \times 95 \text{ мм}^2; I_n=400 \text{ А}$

3.3.1 Виберемо селективний вимикач в якості генераторного вимикача B1. На підставі номінального струму вибираємо селективний вимикач типа “ABB E4S-E4V-A 3200 PR121/P-LSI  $I_n=3200 \text{ А}$  3р F HR” з номінальним струмом 3200 А, струм трогання 16000 А, гранично допустимий ударний струм 100 кВт, час відключення короткого замикання 80 мілісекунд. [14]

3.3.2 Виберемо тип трансформатору: ТСЗМ-100, Потужністю: 100 кВА, струм для трансформатора = 134 А, напругою 440/220 В, напруга короткого замикання  $\mu_{кз}=3.8\%$ , втрати потужності при коротких замиканнях,  $P_m=2.2\%$  [14]

ТСЗМ трансформатор — трьохфазний, сухий, захищений, морський

3.3.3 При робочому струмі 18 А в якості фідерного автоматичного вимикача миттєвої дії типу АС25-3МГ з номінальним током апарата 25А, номінальним струмом електромагнітного розщепника 20 А та гранично допустимим ударним током КЗ 3.2кА, діюче значення струму короткого замикання 2000 А [14]

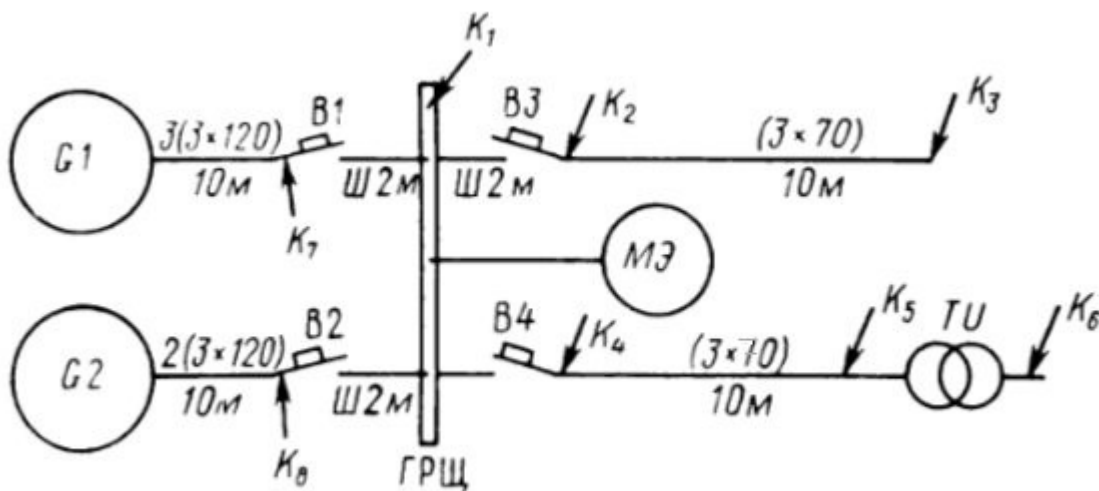


Рисунок 3.3.1 - Ісходна схема СЕЕС

3.3.4 Складаємо розрахункову схему (рис 3.3.2 а) для визначення струму короткого замикання в точці  $K_1$ . Базісну потужність приймаємо рівну сумі потужностей генераторів, базісна напруга - рівна номінальній напрузі генератора (на шинах ГРЩ), тобто:

$$S_6 = S_{16} + S_{26} = 2115 + 2115 = 4230 \text{ кВА}; \quad (3.1)$$

$$I_6 = \frac{S_6 \cdot 1000}{3 \cdot U_6} = \frac{4230 \cdot 1000}{3 \cdot 450} = 3133.3 \text{ А}, \quad (3.2)$$

де  $U_6 = 450 \text{ В}$

Визначаємо значення опору обмоток статора генераторів G1 та G2, що входять до схеми:

активний опір:

$$r_1, r_2 = r_{r1} \cdot \left( \frac{S_6}{U_6^2} \right) = 0.0084 \cdot \frac{4230 \cdot 1000}{450 \cdot 450} = 0.175 \text{ Ом}; \quad (3.3)$$

реактивний опір:

$$x_1, x_2 = x_{d1} \cdot \left( \frac{S_6}{U_6^2} \right) = \frac{0.11 \cdot 4230}{2115} = 0.22; \quad (3.4)$$

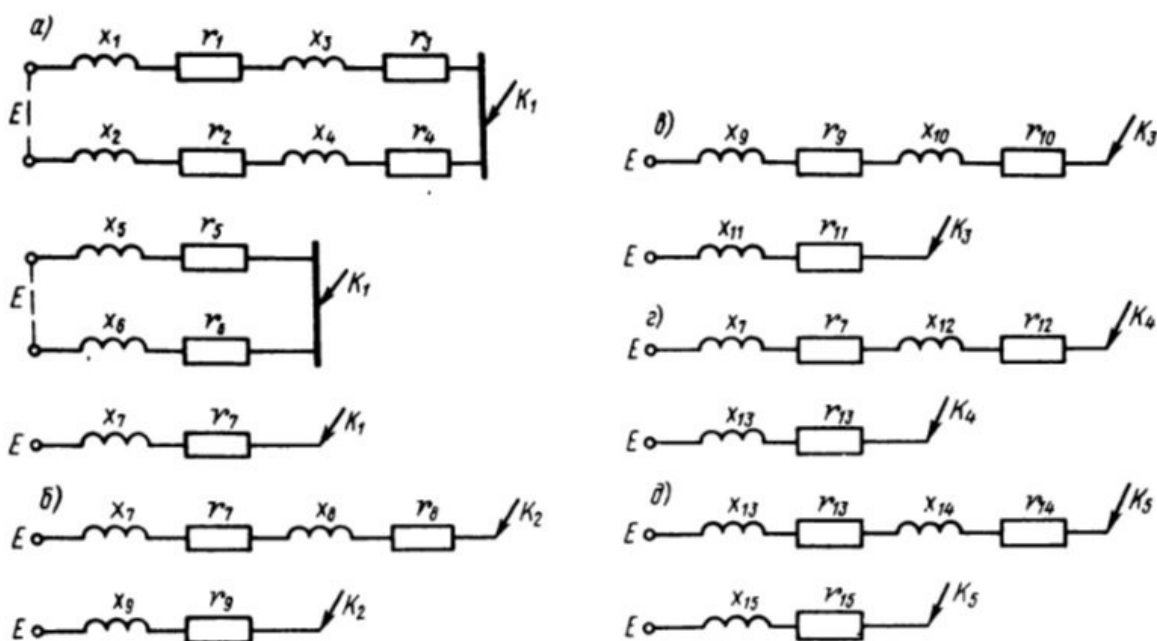


Рисунок 3.3.2 - Розрахункова схема

Опір кабеля (3х120), активний: 0.18 Ом/км, індуктивний: 0.073 Ом/км. Опір двох чи трьох паралельно укладених кабелей 10 м відповідно дорівнює: активне  $0.0018/3=0.0006$  Ом, індуктивне  $0.00073/3=0.00024$  Ом, активне  $0.0018/2=0.0009$  Ом, індуктивне  $0.00073/2=0.00036$  Ом [14]

Активний опір вимикачей В1 та В2, ряда контактів і шин ГРЩ приймаємо рівним 0.0002 Ом, індуктивне 0.0001 Ом. Тоді:

$$r_3 = ((0.0006 + 0.0002)) \cdot \left( \frac{4230 \cdot 1000}{450 \cdot 450} \right) = 0.0167; \quad (3.5)$$

$$x_3 = ((0.00024 + 0.0001)) \cdot \left( \frac{4230 \cdot 1000}{450 \cdot 450} \right) = 0.0052; \quad (3.6)$$

$$r_4 = ((0.0009 + 0.0002)) \cdot \left( \frac{4230 \cdot 1000}{450 \cdot 450} \right) = 0.0228; \quad (3.7)$$

$$x_4 = ((0.00036 + 0.0001)) \cdot \left( \frac{4230 \cdot 1000}{450 \cdot 450} \right) = 0.0076; \quad (3.8)$$

Общий опір генераторних гілок:

$$r_5 = r_1 + r_3 = 0.175 + 0.0167 = 0.1917; \quad (3.9)$$

$$x_5 = x_1 + x_3 = 0.22 + 0.0052 = 0.2252; \quad (3.10)$$

$$r_6 = r_2 + r_4 = 0.175 + 0.0228 = 0.1978; \quad (3.11)$$

$$x_6 = x_2 + x_4 = 0.22 + 0.0076 = 0.2276; \quad (3.12)$$

Визначення еквівалентного опору двох генераторних гілок використаємо комплексну форму їх вираження

$$Z_5 = r_5 + j \cdot x_5 = 0.1917 + j \cdot 0.22; \quad (3.13)$$

$$Z_6 = r_6 + j \cdot x_6 = 0.1978 + j \cdot 0.22; \quad (3.14)$$

$$Z_7 = \frac{Z_5 \cdot Z_6}{Z_5 + Z_6} = \frac{(0.1917 + j \cdot 0.22) \cdot (0.1978 + j \cdot 0.22)}{(0.1917 + j \cdot 0.22) + (0.1978 + j \cdot 0.22)} = 0.097 + 0.11 \cdot j = r_7 + j \cdot x_7; \quad (3.15)$$

$$r_7 = 0.097; x_7 = 0.11 \quad (3.16)$$

$$Z_7 = \sqrt{(r_7^2 + x_7^2)} = \sqrt{(0.097^2 + 0.11^2)} = 0.146; \quad (3.17)$$

Розрахований опір  $r_7, x_7, Z_7$  являється результуючим при короткому замиканні в точці К1. По розрахунковим кривим (рис 3.3.3) ударного струму відповідно:  $Z_7 = 0.146$  визначаємо  $I_o = 6.4; I_{0.01} = 6; I_{0.25} = 3.9, I_{\xi} = 3.9$ . Відношенню  $x_7/r_7 = 0.11/0.097 = 1.13$  відповідає ударний коефіцієнт 1.07 за рисунком 3.3.4 :

$$I_{(уд.з)} = \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot [I_{0.01} + I_0 \cdot (K_{уд} - 1)] = 1.4 \cdot 6266 \cdot [6 + 6.4 \cdot (1.07 - 1)] = 56564 \text{ A}; \quad (3.18)$$

Прийmemo кратність пускового струму 5, та розрахуемо опір обмотки двигуна в відносних одиницях та прийmemo що потужність двигуна еквівалентна 75 % номінальної потужності генератора:

$$Z_{\partial} = \frac{1}{5} \cdot \left( \frac{S_0}{0.75 \cdot S_H} \right) = \frac{0.2 \cdot 4230}{0.75 \cdot 4230} = 0.266; \quad (3.19)$$

При короткому замиканні в точці  $K_1$ :

$$\Delta U = I_0 \cdot Z_k = 0 \cdot Z_k = 0; \quad (3.20)$$

$$I_{\partial} = (E_{\partial} - \Delta U) / Z_{\partial} = (0.9 - 0) / 0.266 = 3.4, \quad (3.21)$$

де  $I_0$  - діюче значення періодичного струму генератора для моменту часу рівному нуль,

$Z_k$  - повний опір кабеля, відходящего від головного розподільного щита,

$E_{\partial}$  - противо ЕДС обмотки статора, приймається в розрахунках як 0.9.

$$I_{(уд.д)} = \sqrt{2} \cdot \Sigma I_0 \cdot I_{\partial} = 1.4 \cdot 6266 \cdot 3.4 = 29826 \text{ A}; \quad (3.22)$$

$$I_{уд} = I_{(уд.з)} + I_{(уд.д)} = 56564 + 29826 = 86390 \text{ A}; \quad (3.23)$$

На підставі отриманого значення ударного струму короткого замикання можна зробити висновки про те, наскільки все фідерні автоматичні вимикачі, встановлені на ГРЩ, задовольняють вимогам по динамічній стійкості. Вимикач ВЗ буде відключати коротке замикання, ( $86\,390 < 100\,000 \text{ A}$ ), [14]

3.3.5. Використаємо розрахункову схему, зображену на рисунку 3.3.2 б, для визначення струму КЗ при короткому замиканні в точці  $K_2$ . Опір вимикача ВЗ складають: активне 0.00035 Ом, індуктивний 0.00019 Ом. Опір шин ГРЩ перетином 25 x 4, довжиною 2 м складають: активне 0.00046 Ом, індуктивний 0.00024 Ом. На підставі цього:

$$r_8 = (0.00035 + 0.00046) \cdot \left( \frac{4230 \cdot 1000}{150 \cdot 150} \right) = 0.0169; \quad (3.24)$$

$$x_8 = (0.00019 + 0.00024) \cdot \left( \frac{4230 \cdot 1000}{150 \cdot 150} \right) = 0.0168; \quad (3.25)$$

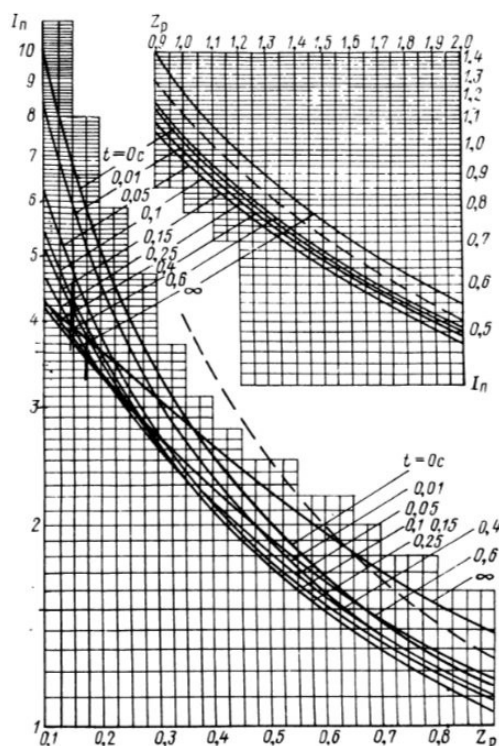


Рисунок 3.3.3 - Розрахункові криві для визначення періодичної складової струму короткого замикання від результуючого опору цепі короткого замикання та часу.

$$Z_8 = \sqrt{r_8^2 + x_8^2} = \sqrt{0.0169^2 + 0.0168^2} = 0.0238; \quad (3.26)$$

$$r_9 = r_7^2 + r_8^2 = 0.097 + 0.0169 = 0.1139; \quad (3.27)$$

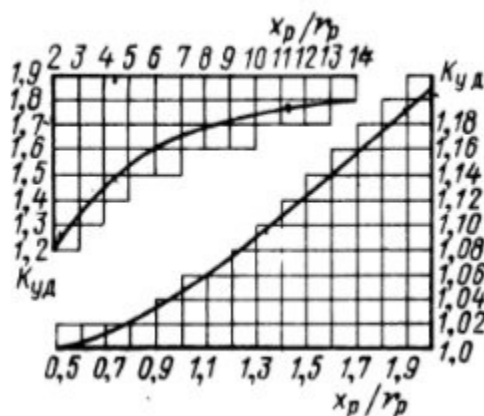


Рисунок 3.3.4 - Залежність ударного коефіцієнта  $K_{уд}$  від відношення  $x_p/r_p$

$$x_9 = x_8 + x_7 = 0.0168 + 0.11 = 0.126; \quad (3.28)$$

$$Z_9 = \sqrt{r_9^2 + x_9^2} = \sqrt{0.126^2 + 0.1139^2} = 0.169; \quad (3.29)$$

Відповідно  $Z_9$  по розрахунковим кривим (рис 3.3.3) ударного струму відповідно:  $Z_9 = 0.169$  визначаємо  $I_o = 5.9; I_{0.01} = 5.3; I_{0.25} = 4.7, I_\xi = 3.6$ .

Відношенню  $x_9/r_9 = 0.126/0.1139 = 1.10$  відповідає ударний коефіцієнт 1.06 за рисунком 3.3.4 [14]

$$I_{[уд.з]} = \sqrt{2} \cdot I_\sigma \cdot [I_{0.01} + I_o \cdot (K_{уд} - 1)] = 1.4 \cdot 6266 \cdot [5.3 + 5.9 \cdot (1.06 - 1)] = 49599 \text{ A} \quad (3.30)$$

При короткому замиканні в точці  $K_2$ . Прийmemo кратність пускового струму 5, та розрахуємо опір обмотки двигуна в відносних одиницях та прийmemo що потужність двигуна еквівалентна 75 % номінальної потужності генератора:

$$Z_\partial = \frac{1}{5} \cdot \left( \frac{S_\sigma}{0.75 \cdot S_H} \right) = \frac{0.2 \cdot 4230}{0.75 \cdot 4230} = 0.266; \quad (3.31)$$

При короткому замиканні в точці  $K_2$ :

$$\Delta U = I_o \cdot Z_k = 5.9 \cdot 0.0238 = 0.14; \quad (3.32)$$

$$I_\partial = (E_\partial - \Delta U) / Z_\partial = (0.9 - 0.14) / 0.266 = 2.8, \quad (3.33)$$

Де  $I_o$  - діюче значення періодичного струму генератора для моменту часу рівному нуль,

$Z_k$  - повний опір кабеля, відходящего від головного розподільного щита

$E_\partial$  - противо ЕДС обмотки статора, приймається в розрахунках як 0.9

$$I_{[уд.д]} = \sqrt{2} \cdot \Sigma I_\sigma \cdot I_\partial = 1.4 \cdot 6266 \cdot 2.8 = 24562 \text{ A}; \quad (3.34)$$

$$I_{уд} = I_{[уд.з]} + I_{[уд.д]} = 49599 + 24562 = 74161 \text{ A}; \quad (3.35)$$

На підставі отриманого значення ударного струму короткого замиканні 74161A, яке менше 100 000 A можна зробити висновок, що автоматичний вимикач ВЗ підходить за умовою динамічної стійкості.

3.3.6 Складаємо розрахункову схему (рис 3.3.2 в) для визначення струму КЗ при короткому замиканні в точці  $K_3$ . Із рівнянь на рис. 3.3.2 б і 3.3.2 в, робимо висновок, що опір  $Z_{11}$ , відповідає точці короткого замкнення  $K_3$ , більше опору  $Z_9$ , що відповідає точці  $K_2$ . Тому ударний струм при короткому замиканні в точці  $K_3$  буде менше струму

при короткому замиканні в точці  $K_2$  Визначення струму при короткому замиканні в точці  $K_3$  для перевірки вимикача В3 на динамічну стійкість можна не проводити.

3.3.7 Складемо розрахункову схему, зображену на рисунку 3.3.2 г, для визначення струму  $K_3$  при короткому замиканні в точці  $K_4$ . Опір вимикача В4 приймаємо рівними: активне 0.00425, індуктивне 0.00139. Опір шин ГРЩ перетином 15 x 3, довжиною 2 м приймаємо різними: активний 0.0010 Ом, індуктивний 0.0003 Ом. На основі цього:

$$r_{12} = (0.00425 + 0.001) \cdot \left( \frac{4230 \cdot 1000}{450 \cdot 450} \right) = 0.1; \quad (3.36)$$

$$x_{12} = (0.0013 + 0.0003) \cdot \left( \frac{4230 \cdot 1000}{450 \cdot 450} \right) = 0.033; \quad (3.37)$$

$$Z_{12} = \sqrt{(r_{12}^2 + x_{12}^2)} = \sqrt{(0.1^2 + 0.033^2)} = 0.34; \quad (3.38)$$

$$r_{13} = r_7 + r_{12} = 0.097 + 0.1 = 0.197; \quad (3.39)$$

$$x_{13} = x_7 + x_{12} = 0.1 + 0.033 = 0.133 \quad (3.40)$$

$$Z_{13} = \sqrt{(r_{13}^2 + x_{13}^2)} = \sqrt{(0.197^2 + 0.133^2)} = 0.23 \text{ Ом} \quad (3.41)$$

Відповідно  $Z_{13}$  по розрахунковим кривим (рис 3.3.3) ударного струму:  $Z_{13} = 0.23 \text{ Ом}$  визначаємо  $I_o = 4.2; I_{0.01} = 3.8; I_{0.25} = 3, I_\xi = 3$ . Відношенню  $x_{13}/r_{13} = 0.133/0.197 = 0.67$  відповідає ударний коефіцієнт 1.01 за рисунком 3.3.4:

$$I_{(уд.з)} = \sqrt{2} \cdot I_o \cdot [I_{0.01} + I_o \cdot (K_{уд} - 1)] = 1.4 \cdot 6266 \cdot [3.8 + 4.2 \cdot (1.01 - 1)] = 33703 \text{ А}; \quad (3.42)$$

При короткому замиканні в точці  $K_2$ . Прийmemo кратність пускового струму 5, та розрахуємо опір обмотки двигуна в відносних одиницях та прийmemo що потужність двигуна еквівалентна 75 % номінальної потужності генератора:

$$Z_\delta = \frac{1}{5} \cdot \left( \frac{S_\delta}{0.75 \cdot S_H} \right) = \frac{0.2 \cdot 4203}{0.75 \cdot 4230} = 0.266; \quad (3.43)$$

При короткому замиканні в точці  $K_4$ :

$$\Delta U = I_o \cdot Z_k = 4.2 \cdot 0.0238 = 0.099; \quad (3.44)$$

$$I_\delta = (E_\delta - \Delta U) / Z_\delta = (0.9 - 0.099) / 0.266 = 3, \quad (3.45)$$

де  $I_o$  - діюче значення періодичного струму генератора для моменту часу рівному нуль,

$Z_k$  - повний опір кабеля, відходящего від головного розподільного щита

$E_d$  - проти́во ЕДС обмотки статора, приймається в розрахунках як 0.9

$$I_{(yd.d)} = \sqrt{(2)} \cdot \Sigma I_o \cdot I_d = 1.4 \cdot 6266 \cdot 3 = 26317 \text{ A}; \quad (3.46)$$

$$I_{yd} = I_{(yd.z)} + I_{(yd.d)} = 33703 + 26317 = 60020 \text{ A}; \quad (3.47)$$

На підставі отриманого значення ударного струму короткого замикання 60020 А, яке менше 100 000 А можна зробити висновок що автоматичний вимикач В4 підходить за умов динамічної стійкості, прийняли за основу точки:  $K_4, K_5$ . [14]

3.3.7 Складемо розрахункову схему, зображену на рисунку 3.3.2 д, для визначення струму КЗ при короткому замиканні в точці  $K_5$ . Опір кабеля перетином 10 х 3, довжиною 10 м прийметься:

$$\text{активне: } 0.0022 \cdot \left( \frac{4230 \cdot 1000}{450 \cdot 450} \right) = 0.045;$$

$$\text{індуктивне: } 0.001 \cdot \left( \frac{4230 \cdot 1000}{450 \cdot 450} \right) = 0.02;$$

$$r_{14} = r_{12} + \text{активне} = 0.1 + 0.045 = 0.145 \text{ ;} \quad (3.48)$$

$$x_{14} = x_{12} + \text{індуктивне} = 0.033 + 0.02 = 0.053 \text{ ;} \quad (3.49)$$

$$Z_{14} = \sqrt{(r_{14}^2 + x_{14}^2)} = \sqrt{(0.145^2 + 0.053^2)} = 0.15 \text{ Ом ;} \quad (3.50)$$

$$r_{15} = r_{13} + r_{14} = 0.197 + 0.145 = 0.342 \text{ ;} \quad (3.51)$$

$$x_{15} = x_{13} + x_{14} = 0.133 + 0.053 = 0.186 \text{ ;} \quad (3.52)$$

$$Z_{15} = \sqrt{(r_{15}^2 + x_{15}^2)} = \sqrt{(0.342^2 + 0.186^2)} = 0.389 \text{ Ом ;} \quad (3.53)$$

Відповідно  $Z_{15}$  по розрахунковим кривим (рис 3.3.3) ударного струму:  $Z_{15} = 0.38 \text{ Ом}$  визначаємо  $I_o = 2.7$ ;  $I_{0.01} = 2.5$ ;  $I_{0.25} = 2.2$ ,  $I_\xi = 2.7$ . Відношенню  $x_{14}/r_{14} = 0.186/0.342 = 0.54$  відповідає ударний коефіцієнт 1.00 за рисунком 3.3.4

$$I_{(yd.z)} = \sqrt{(2)} \cdot I_o \cdot [I_{0.01} + I_o \cdot (K_{yd} - 1)] = 1.4 \cdot 6266 \cdot [2.5 + 2.7 \cdot (1.00 - 1)] = 21931 \text{ A} \quad (3.54)$$

При короткому замиканні в точці  $K_2$ . Прийемо кратність пускового струму 5, та розрахуємо опір обмотки двигуна в відносних одиницях та прийемо що потужність двигуна еквівалентна 75 % номінальної потужності генератора:

$$Z_d = \frac{1}{5} \cdot \left( \frac{S_o}{0.75 \cdot S_n} \right) = \frac{0.2 \cdot 4230}{0.75 \cdot 4230} = 0.266; \quad (3.55)$$

$$\Delta U = I_o \cdot Z_k = 2.7 \cdot 0.0238 = 0.064; \quad (3.56)$$

$$I_{\partial} = (E_{\partial} - \Delta U) / Z_{\partial} = (0.9 - 0.064) / 0.266 = 3.14; \quad (3.57)$$

Де  $I_{\partial}$  - діюче значення періодичного струму генератора для моменту часу рівному нуль,

$Z_{\kappa}$  - повний опір кабелю, відходящего від головного розподільного щита

$E_{\partial}$  - противо ЕДС обмотки статора, приймається в розрахунках як 0.9

$$I_{(\text{уд.}\partial)} = \sqrt{2} \cdot \Sigma I_{\partial} \cdot I_{\partial} = 1.4 \cdot 6266 \cdot 3.1 = 27194 \text{ A}; \quad (3.58)$$

$$I_{\text{уд}} = I_{(\text{уд.}\kappa)} + I_{(\text{уд.}\partial)} = 21931 + 27194 = 49125 \text{ A}; \quad (3.59)$$

На підставі отриманого значення ударного струму короткого замикання 49125 А, яке менше 100 000 А можна зробити висновок що автоматичний вимикач В4 підходить за умов динамічної стійкості, прийняті за основу точки:  $K_4, K_5$  [14]

3.3.8 Якщо пренебрегти захтуханням періодичного струму короткого замкнення, наприклад при короткому замиканні в точці  $K_2$ , отримаємо наступні значення струмів:

$$I_{\partial} = I''_{\partial} = E''_{\partial} / Z_{p9} = 1 / 0.169 = 5.91, \quad (3.60)$$

де  $E''_{\partial}$  - ЭДС генератора у свержперехідному та перехідному режимі.

$$I_{(\text{уд.}\kappa)} = \sqrt{2} \cdot \Sigma I_{\partial} \cdot I_{\partial} \cdot K_{\partial} = 1.4 \cdot 6266 \cdot 5.91 \cdot 1.35 = 69990 \text{ A}; \quad (3.61)$$

$$\Delta U = I_{\partial} \cdot Z_8 = 5.91 \cdot 0.0238 = 0.14; \quad (3.62)$$

$$I_{\partial} = (E_{\partial} - \Delta U) / Z_{\partial} = (0.9 - 0.14) / 0.266 = 2.85; \quad (3.63)$$

$$I_{(\text{уд.}\partial)} = \sqrt{2} \cdot \Sigma I_{\partial} \cdot I_{\partial} = 1.4 \cdot 6266 \cdot 2.85 = 25001 \text{ A}; \quad (3.64)$$

$$I_{\text{уд}} = I_{(\text{уд.}\kappa)} + I_{(\text{уд.}\partial)} = 69990 + 25001 = 94991 \text{ A}; \quad (3.65)$$

Отриманий результат в цьому пункті 94991 А, перевищує результат отриманий в пункті 3.3.6 значення 74161 А на  $((94991 - 74161) / 74161) \cdot 100 = 28\%$ . Тобто вимикач В3 задовільняє умовам, звідси зрозуміло, наскільки важливо виконувати розрахунки струмів короткого замкнення з найбільшою точністю (з урахуванням затухання періодичного струму, опору кабелів, апаратів, кабелів, контактів і інше) [14]

3.3.9. Для визначення рохрахункових опорів при короткому замиканні в точці  $K_6$  необхідно до опорів при короткому замиканні в точці  $K_5$  прибавити опір трансформатора ТУ:

повний опір трансформатору:  $Z_{\text{тр}} = \mu_{\text{кз}} / 100 = 3.8 / 100 = 0.038$

активний опір трансформатору:  $r_{\text{тр}} = P_{\text{м}} / 100 = 2.2 / 100 = 0.022$

реактивний опір трансформатору:  $x_{\text{тр}} = \sqrt{(Z_{\text{тр}}^2 - r_{\text{тр}}^2)} = \sqrt{(0.038^2 - 0.022^2)} = 0.043$

опір приведений до базисних умов:

$$r_{(\text{б. тр})} = r_{\text{тр}} \cdot \left( \frac{S_{\text{б}}}{S} \right) = \frac{0.022 \cdot 4230}{100} = 0.93; \quad (3.70)$$

$$x_{(\text{б. тр})} = x_{\text{тр}} \cdot \left( \frac{S_{\text{б}}}{S} \right) = \frac{0.043 \cdot 4230}{100} = 1.81; \quad (3.67)$$

$$r_{16} = r_{15} + r_{(\text{б. тр})} = 0.342 + 0.93 = 0.71; \quad (3.68)$$

$$x_{16} = x_{15} + x_{(\text{б. тр.})} = 0.186 + 1.81 = 1.99; \quad (3.69)$$

$$Z_{16} = \sqrt{(r_{16}^2 + x_{16}^2)} = \sqrt{(0.71^2 + 1.99^2)} = 2.11; \quad (3.71)$$

При значенні:  $Z_{16} = 0.574$ ;  $I_{\xi} = 2$ ;  $I_{0.25} = 1.55$ ;  $I_o = 1.75$ ;  $I_{0.01} = 1.70$

Відповідно:  $x_{16}/r_{16} = 1.99/0.71 = 2.8$ ;  $K_{\text{уд}} = 1.35$

$$I_o = I''_o = E''_o / Z_{p9} = 1 / 0.169 = 5.91; \quad (3.72)$$

$$\Delta U = I_o \cdot Z_g = 1.75 \cdot 0.0238 = 0.041; \quad (3.73)$$

$$I_d = (E_d - \Delta U) / Z_d = (0.9 - 0.041) / 0.266 = 3.22; \quad (3.74)$$

Базисний струм при базисній напрузі 250 В (вихідна напруга трансформатора)

$$I_{\text{б}} = \frac{4230 \cdot 1000}{3 \cdot 250} = 5640 \text{ А}; \quad (3.75)$$

Діюче значення струму короткого замикання в точці  $K_6$  [14]

$$I_{\text{кз}} = 5640 \cdot 1.35 = 7614 \text{ А}; \quad (3.76)$$

3.3.10 Для перевірки генераторних автоматичних вимикачів В1 та В2 необхідно визначити струми короткого замикання в точках  $K_7, K_8$ . Орієнтовно, на основі струмів в точці  $K_1$  ударний струм короткого замикання в точці  $K_{7,8}$ , дорівнює

$$i_{\text{уд}} = i_{(\text{уд. з})} \cdot \left( \frac{S_{\text{б1}}}{S_{\text{с}}} \right) \cdot i_{(\text{уд. д})} = 56564 \cdot \left( \frac{2115}{2430} \right) + 29826 = 58108 \text{ А}. \quad (3.77)$$

58108 А, що значно менше струмів динамічної стійкості вимикачів В1 та В2. [14]

За розрахунками короткого замикання робимо висновки, що вибраний автоматичний вимикач підходить, параметри вибраного автоматичного вимикача наведені в таблиці 3.3 та зовнішній вигляд наведен на рисунку 3.3.

Таблиця 3.3 – Параметри вибраного автоматичного вимикача

|                     |            |
|---------------------|------------|
| Марка               | ABB        |
| Модель              | Emax E4V-A |
| Номінальний струм   | 3200 А     |
| Число полюсів       | 3          |
| Номінальний струм   | 450        |
| Частота             | 50-60      |
| Макс. Ударний струм | 100 кА     |
| Час преривання      | 80 мс      |



Рисунок 3.3 - Вигляд автоматичного вимикача

### 3.4 Вибір системи збудження синхронного генератора

Система є уніфікованою замкнутої і являє собою імпульсно-фазове управління тиристорами по відхиленню напруги вертикальним способом.

Система збудження синхронного генератору STROMBERG складається з

G - синхронний генератор;  
JK - обмотка збудження СГ;  
ТА - трансформатор струму;  
D - трифазний випрямляч з трансформатором напруги TV2;  
e1 - вимикач захисту кола збудження від сверхтока;  
d1 - контактор включення початкового збудження;  
TV1 - трифазний трансформатор харчування АРН;  
b1 - кнопка моторного реостата EVA;  
PB - кнопка початкового збудження від акумулятора АБ;  
EVA - зовнішній реостат заданої напруги генератора АРН;  
AVR - автоматичний регулятор напруги.

У свою чергу АРН , зображена на рисунку 3.4.2, складається з:

r2 - потенціометра зворотного зв'язку;  
D — трифазний діодний міст;  
С - коло стабілізованого живлення блоків АРН  $\pm 12$  В;  
PI - компаратор-підсилювача;  
Р - кола імпульсного управління тиристорами;  
Т - тиристорний блок;  
U> - пристрої захисту генератора від перенапруги;  
Е - коло початкового збудження.

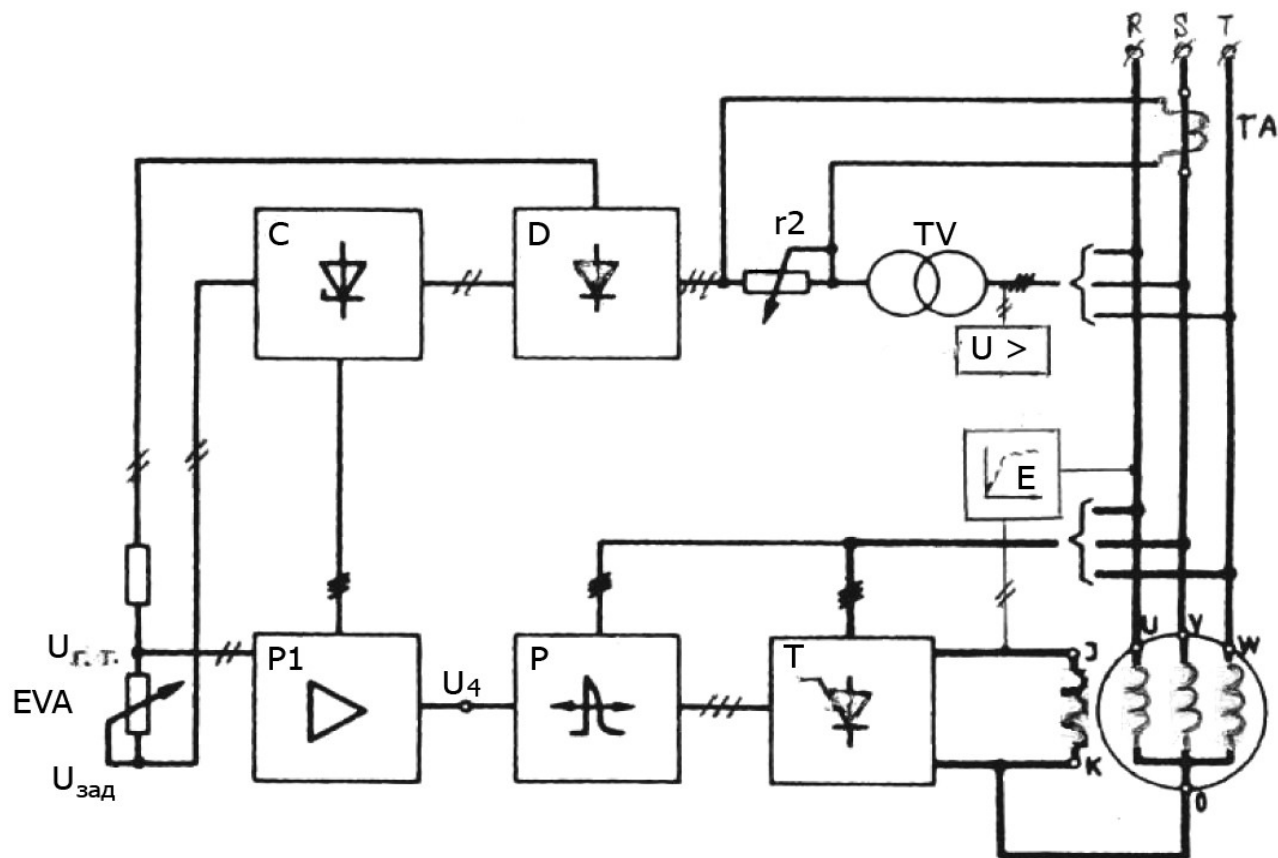


Рисунок 3.4.2 - Блок-схема регулювання напруги

Робота: задана напруга генератора  $U_{\text{зад}}$ , регульоване реостатом  $EVA$ , і поточна напруга генератора  $U_{\text{тек}}$  надходять на компаратор-підсилювач  $P1$ , зображеного на рисунку 3.4.2, де порівнюються, і визначається [14]

$$\Delta U = U_{\text{тек}} - U_{\text{зад}}; \quad (3.78)$$

Величина  $\Delta U$  невелика - 1-8 В. Тому вона посилюється і надходить в Р-коло імпульсного управління тиристорами. Залежно від величини посиленого  $\Delta U$  змінюється кут відкриття тиристорів.

Коли включається навантаження на генератор, його поточна напруга  $U_{\text{тек}}$  пропорційно зменшується. Напруга  $U_{\text{зад}}$  буде підтримуватися постійним, завдяки устатці і стабілізатора напруги  $C$ .

Напруга виходу підсилювача  $\Delta U$  починає підвищуватися. Якщо це триває значний час, то тиристорний блок збільшує напругу збудження (отже, і струм), що в загальному випадку призводить до підвищення напруги генератора.

Таким чином, вихідна напруга підсилювального блоку при різних навантаженнях регулює струм збудження в таких межах, щоб напруга генератора підтримувалась на заданому значенні.

На рисунку 3.4.3 показані криві впливу вихідної напруги  $\Delta U$  підсилювача на напругу конденсатора,  $K9 - U_5$  і на кут запалювання тиристора. Мінімальна напруга підсилювача - 10 В. Якщо генератор працює на холостому ході, напруга підсилювача буде 8 В. Якщо генератор працює на номінальному навантаженні, напруга підсилювача - 5 В. (в залежності від типу регулятора).

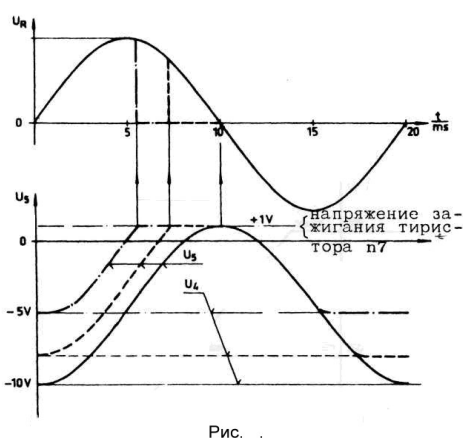


Рисунок 3.4.3 - Графічне визначення кута відкриття тиристора

На рисунку 3.4.4 показана залежність напруги збудження від напруги підсилювача  $\Delta U$ : по вертикалі - напруга збудження, по горизонталі - напруга підсилювача.

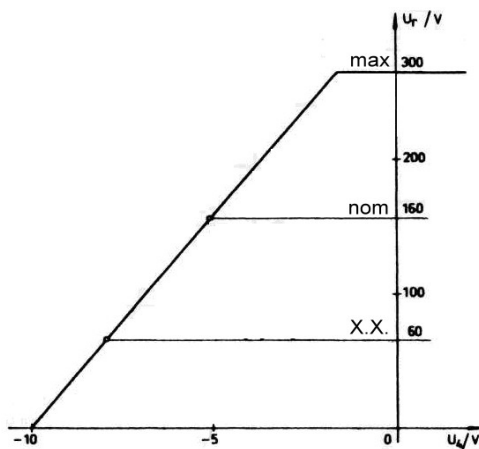


Рис. .

Рисунок 3.4.4 - Діаграма залежності напруги збудження від напруги підсилювача  $\Delta U$

Дія тиристорного блоку. Коло запалювання тиристора в регуляторі, відповідає принциповій схемі, наведеній на рисунку 3.4.5 (еквівалентна схема вказана для однієї фази (R) тиристорного місту). [15]

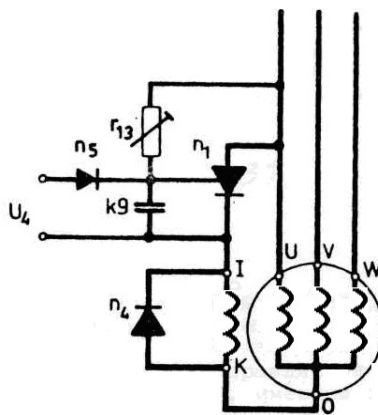


Рис. .

Рисунок 3.4.5 - Коло запалювання тиристора

Коли напруга R-фази починає збільшуватися, конденсатор k9 заряджається через опір r13 і по досягненню значення, відповідного напрузі запалювання тиристора, конденсатор розряджається і тиристор відкривається. Регулюванням

опору  $r_{13}$  можна встановити будь-який необхідний момент включення тиристора. Зазвичай  $r_{13}$  фіксується в певному положенні, а запалювання тиристора виконується в залежності від вихідної напруги підсилювача.

Силовий тиристор  $n_1$ , зображений на рисунку 3.4.6, управляється малопотужним допоміжним тиристором  $n_7$ , які мають значно менший струм управління. Вихідна напруга підсилювача знаходиться в межах від  $-10$  В до  $+10$  В. Один кінець конденсатора  $k_9$  з'єднаний з напругою  $-12$  В. Діод  $n_5$  є захисним від зарядки конденсатора через опір  $r_{15}$  і  $r_{16}$  в разі негативної вихідної напруги  $\Delta U$  підсилювача. Відходять кінці підсилювача з'єднані з колами запалювання тиристорів через діоди  $n_5$ . Резистори  $r_{13}$  регулюються так, що кути запалювання всіх тиристорів однакові при вихідній напрузі  $\Delta U$  підсилювача.

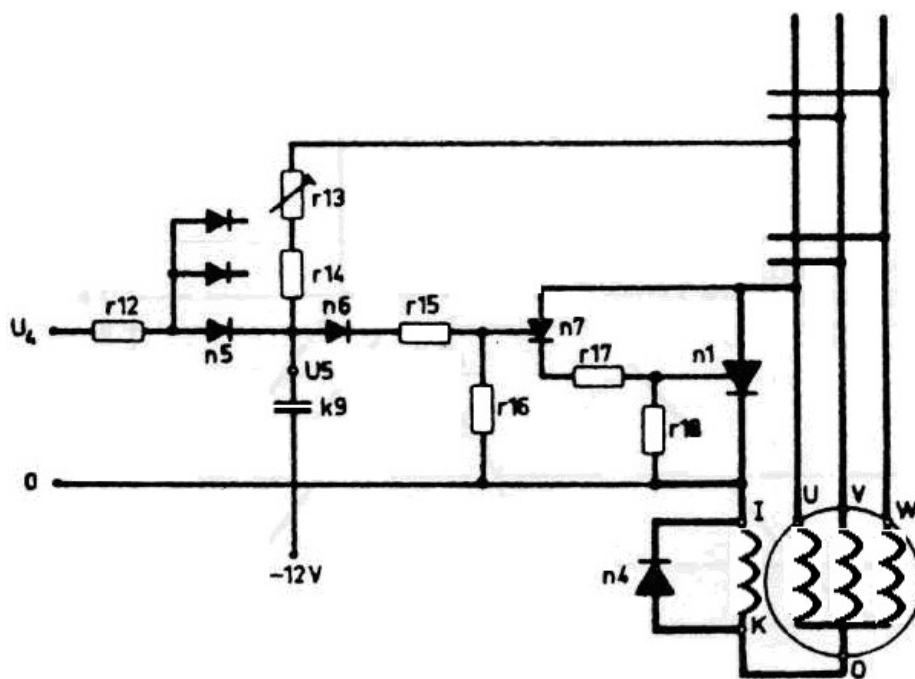


Рисунок 3.4.6 - Принципова схема блоку підсилювача

Початкове збудження генератора. В регуляторах типу SMUJ вузол початкового збудження, зображен на рисунку 3.4.8, складається з трансформатора m3, діода n5 і реле d1. Коли напруга обмотки статора досягне 50% величини від номінальної, воно стає цілком достатньою для нормального функціонування регулятора. Кожен тиристор відкритий на 120 градусів до тих пір, поки напруга генератора не досягне номінального значення.

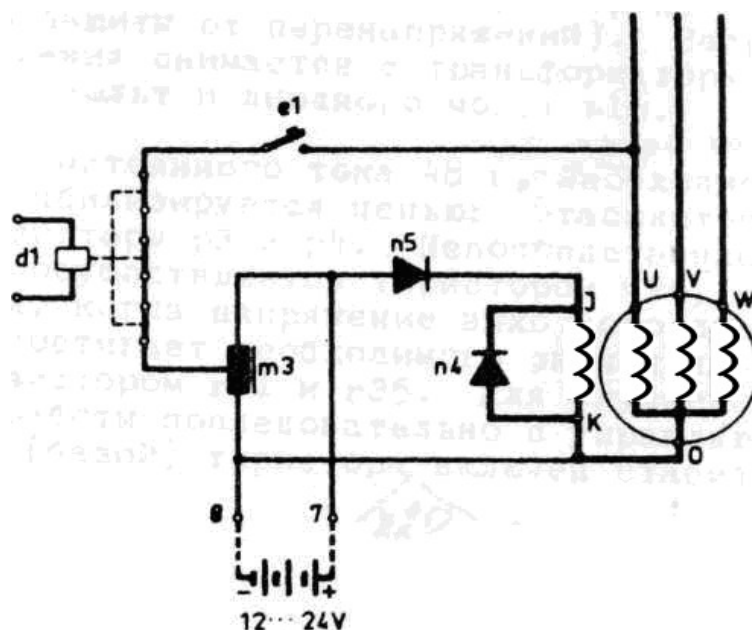


Рисунок 3.4.8 - Коло початкового збудження

Коли допоміжна напруга досягає величини більше 150 В, необхідність в блоці початкового збудження відпадає і реле d1 відключає коло трансформатора m3.

На рисунку 3.4.9 показан трансформатор m2, який живить також коло захисту від перенапруги. Напруга постійного струму 48В від трансформатора m2 після випрямляча n16, необхідна для спрацювання реле d1, стабілізується наступними елементами: стабілітронами n17, n18 і транзисторами p3 і p4. Безпосереднє включення реле здійснюється тиристором n20, який відкривається, коли напруга вихідного діодного міста n16 досягає необхідного значення, що визначається



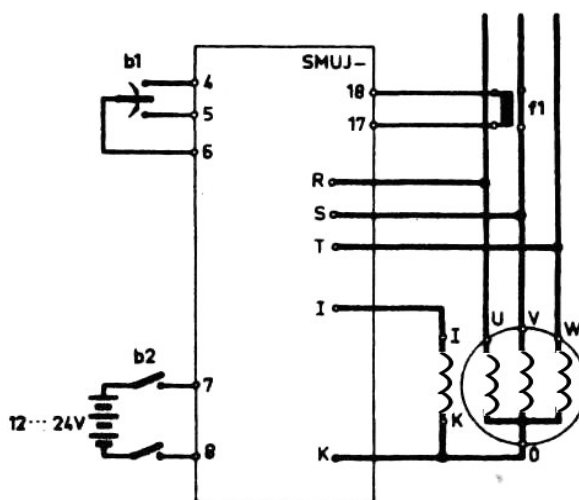


Рисунок 3.4.10 - Схема підключення акумулятора початкового збудження до регулятора

На рисунку 3.4.11 показані зміни напруг двох паралельно працюючих генераторів в залежності від реактивного струму навантаження і при наявності струмової компенсації. Схильність характеристики регуляторів однакова, зображено на рисунку 3.4.11 а. При певному навантаженні загальна напруга дорівнює  $U$ . Точки перетину горизонтальної прямої, що зображає напругу  $U$ , і характеристики генераторів відповідають реактивним струмам генераторів.

Шляхом уставки напруги холостого ходу  $U_{01}$  і  $U_{02}$  і нахилів характеристик на однакове значення, реактивні струми генераторів будуть однакові. При різній потужності генераторів кожний генератор віддає реактивну потужність, пропорційну його номінальній потужності. З теорії відомо, що падіння напруги на резисторі  $r_2$  активною складовою головного струму незначно впливає на величину напруги регулятора.

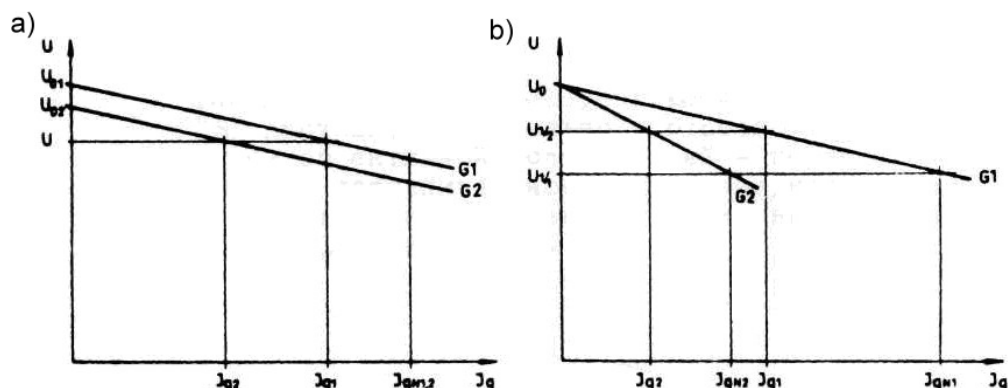


Рисунок 3.4.11 - Розподіл реактивної потужності в залежності від навантажувальних характеристик генераторів і їх потужностей: а - генератори однакої потужності; б - генератори різної потужності

На схемі рисунка 3.4.12 видно, що струм генератора фази "S" від трансформатора  $f1$  надходить на  $r2$ . Падіння напруги на цьому відрізку додається до напруги  $U_{a1}$  вторинної обмотки однієї фази трансформатора  $m1$ . Напруга зворотнього зв'язку  $U_{32}$  знімається з міста  $n1$  через відповідний дільник напруги.

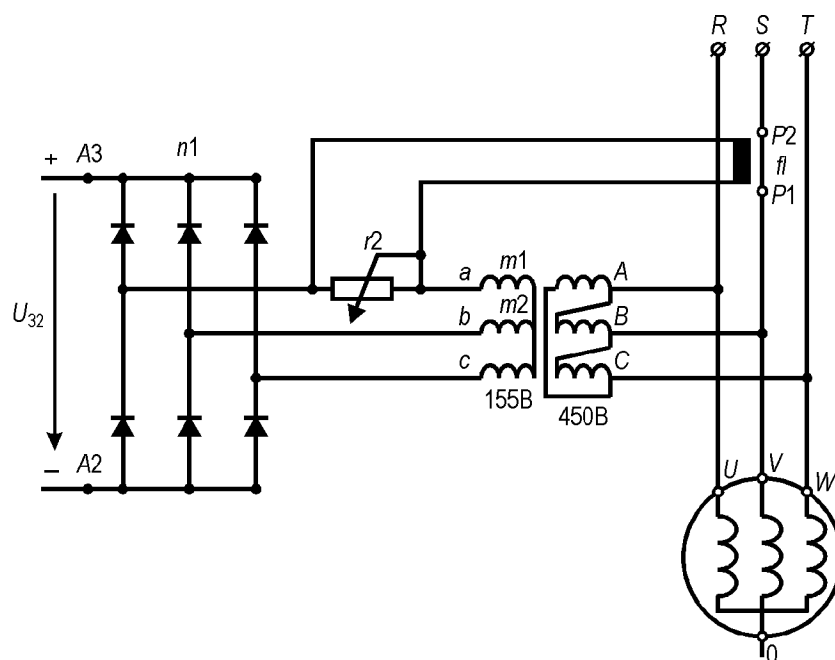


Рисунок 3.4.12 - Схема струмової стабілізації регулятора типу SMUJ

Так як реактивна складова головного струму фази S проходить паралельно з відрізком напруги  $U_{TR}$ , а вектор активної складової - перпендикулярно йому, то додаткова напруга, яке додається до  $U_{an}$ , залежить тільки від реактивної складової струму, зображеної на рисунку 3.4.13. [15]

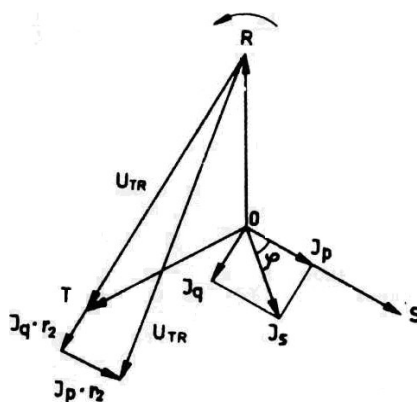


Рисунок 3.4.13 - Векторне регулювання

Рівняння для вихідної напруги міста n1 має вигляд:

$$U_{32} = 1.35 \cdot \left[ \frac{1.7 \cdot 155 \text{ v}}{450 \text{ v}} \cdot U + \frac{1}{u_i} \cdot I_{qs} \cdot R_s \right] \quad (3.79)$$

де  $\mu_i$  - коефіцієнт трансформації трансформатора f1 (200/1A– 2000/1A);  $I_{qs}$  реактивний струм фази S;  $R_s$  - уставка опору  $r_2$  (загальний опір 25 Ом, шкала 0-10);  $U$  - напруга генератора.

Відповідно рівняння для струмової стабілізації може бути виражено:

$$S = \frac{1}{3} \cdot \left[ \frac{u_i \cdot R_s \cdot I_n \cdot \sin \varphi_n}{\frac{150}{450} \cdot U \cdot \left( \frac{1}{1.7} \right)} \right] \quad (3.80)$$

де  $U_n$ ,  $I_n$ ,  $\sin \varphi_n$  - паспортні дані генератора.

Таким чином, при бажанні отримати необхідну паспортну компенсацію, правильну уставку опору  $r_2$  можна розрахувати з цієї формули.

Струмова стабілізація для синхронних машин встановлюється в межах 0,5-5%. Рекомендується потенціометр  $r_2$  встановлювати в положення "5", що буде відповідати 2-3% струмової стабілізації, залежною від трансформатора  $f_1$ .

Захист від перенапруги, зображен на рисунку 3.4.14. Блок захисту від перенапруги представляє окреме електронне коло на загальній карті регулятора. Захист може бути налаштован в межах 0,8 - 1,5  $U_n$  і призначен для відключення генератора при перевищенні напруги генератора або окремих частин регулятора.

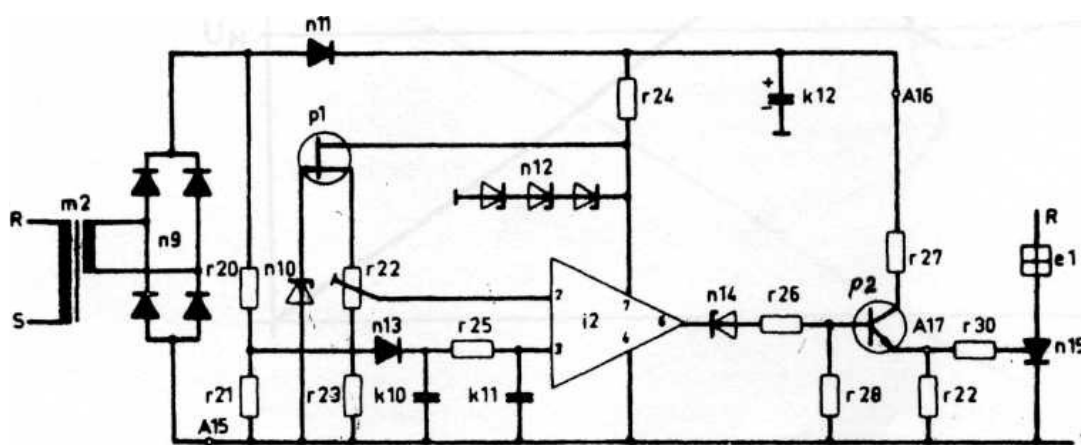


Рисунок 3.4.14 - Схема захисту від перенапруги

Напруга живлення надходить від трансформатора  $m_2$ , випрямляч  $n_9$  і стабілізується групою стабілітронів  $n_{12}$ , а напруга зворотного зв'язку - від випрямляча через ділльник  $r_{20}$ ,  $r_{21}$ . Напруга порівняння для підсилювача надходить по польовому транзистору  $P_1$  з каналом N - типу і стабілітрону  $n_{10}$ . Ця напруга може бути підрегулювання потенціометром  $r_{22}$ .

Підсилювач  $I_2$  порівнює напругу зворотнього зв'язку з еталонною. У коло зворотної напруги підключен фільтр  $k_{10}$  -  $r_{25}$  -  $k_{11}$ , який забезпечує витримку часу близько 600 мс. [15]

Якщо зворотна напруга на клемі 3 підсилювача по відношенню до потенціалу  $A_{15}$  більше, ніж напруга порівняння на клемі 2, напруга підсилювача зростає

приблизно до  $\pm 10$  В і струм починає проходити через стабілітрон n14, відкриваючи транзистор p2 і сигнал надходить на керуючий електрод тиристора n15.

Допоміжна катушка вимикача, e1 отримує живлення і регулятор відключається від генератора. Контакти цього вимикача в той же час подають харчування на автоматичний вимикач генератора і він відключається від мережі.

Під час пуску і розгону ДГ регулятор підтримує максимальне збудження до тих пір, поки напруга статора не перевищить (в пропорційному відношенні) встановлену величину еталонної напруги. Після цього збудження зменшується за рахунок скорочення часу включення тиристорів.

Час коливань напруги знаходиться в межах 0,3 - 0,5 с. Перенапруження в період пуску коливається від 1,1 - 1,3 $U_n$  і залежить від генератора і його двигуна.

Фільтр k10 - r25 - k11 є демпфером для спрацьовування захисту від перенапруг. Компоненти фільтра підбираються так, щоб в кожному окремому випадку міг бути забезпечений нормальний пуск ДГ без спрацьовування захисту. Відповідні коливання напруги відбуваються і при відключенні навантаження від генератора. В даному випадку піки напруги залежать тільки від конструкції генератора і не можуть бути усунені будь-яким регулятором.

Величина піків напруги при скиданні навантаження коливається в межах 1,1 - 1,2 $U_n$ .

Точність підтримки напруги АРН становить  $\pm 1,5\%$ , час відновлення 0,2 с (регульоване в межах 0,1 ÷ 0,5 с). Напруга регулюється за допомогою потенціометра  $EVA \pm 10\% U_{пот}$ . [15]

### 3.5 Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії

Відсутність колектора у асинхронних короткозамкнутих електродвигунів дає можливість запускати їх без пускових реостатів, але пусковий струм у таких двигунів в 5-7 разів більше номінального струму, це показано на рисунку 3.5.

Наприклад, якщо потужність електродвигуна дорівнює 30% потужності синхронного генератора, то струм двигуна по відношенню до номінального струму генератора буде від 150 до 200%

Згідно з реєстрами провал напруги повинен не перевищувати 25-30 % номінального. Для перевірки цього виконаємо розрахунок:

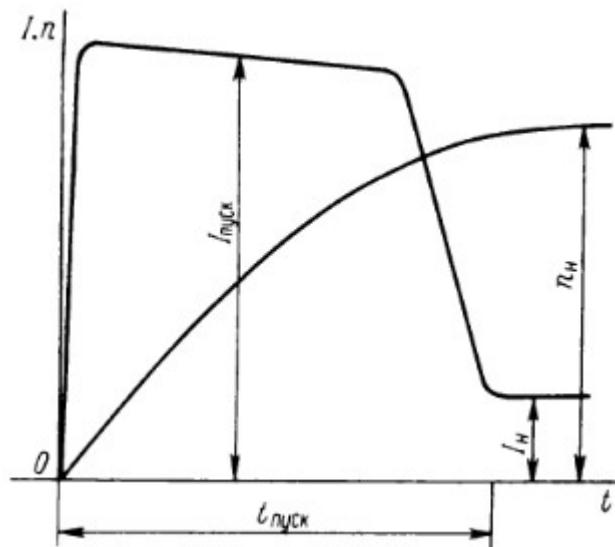


Рисунок 3.5 - Зміна амплітудного значення струму асинхронного короткозамкнутого двигуна в процесі його розгону до номінальної частоти обертів.

Визначення провала напруги синхронного генератора для найбільш потужнішого споживача: підрулюючого пристрія. З потужністю 1100кВт та напругою у 400 Вольт, та струмом 1600 А

Визначення реактивного опору двигуна

$$x_d = \frac{S_{(н.г.)}}{K_n \cdot S_{(н.д.)}} \cdot \left( \frac{U_{(н.д.)}}{U_{(н.г.)}} \right)^2 = \left( \frac{1875 \cdot 1000}{6.5 \cdot 1.7 \cdot 400 \cdot 1600} \right) \cdot \left( \frac{400}{400} \right)^2 = 0.265, \quad (3.80)$$

Де  $S_{(н.г.)}$  та  $U_{(н.г.)}$  - номінальна потужність та напруга генератора

$U_{(н.д.)}$  та  $S_{(н.д.)}$  - номінальна потужність і напруга двигуна

$K_n$  – коефіцієнт пускового струму двигуна

Початкова напруга:

$$U_{\text{нач}} = x_{\partial} / (x_{\partial} + x'_{\partial}) = 0.26 / (0.26 + 0.176) = 0.59; \quad (3.81)$$

Стабілізована напруга:

$$U_{\text{стаб}} = x_{\partial} / (x_{\partial} + x_d) = 0.26 / (0.26 + 1.976) = 0.116; \quad (3.82)$$

Постоянна часу:

$$r'_d = r'_{(d_0)} \cdot \left( \frac{x_{\partial} + x'_{\partial}}{x_{\partial} + x_d} \right) = 0.37 \cdot \left( \frac{0.26 + 0.176}{0.26 + 1.976} \right) = 0.07; \quad (3.83)$$

Час досягнення мінімального значення напруги:

$$t_{\text{мин}} = r'_d \cdot \ln \left( \frac{U_{\text{нач}} - U_{\text{уст}}}{K_2 \cdot K \cdot r'_d} + e^{(-t_1/r'_d)} \right) = 0.0457 \cdot 2.3 \cdot \lg \cdot \left( \frac{0.59 - 0.116}{0.116 \cdot 5 \cdot 0.07} + 2.72^{(0.05/0.07)} \right); \quad (3.84)$$

$$t_{\text{мин}} = 0.118 \text{ c}$$

де  $t_1 = 0.05$ , тому що генератор з самозбудженням.

Значення мінімальної напруги:

$$U_{\text{мин}} = U_{\text{уст}} + (U_{\text{нач}} - U_{\text{уст}}) \cdot e^{(-t_{\text{мин}}/r'_d)} + K_2 \cdot K \cdot [t_{\text{мин}} - r'_d \cdot (1 - e^{(t_{\text{мин}}/r'_d)})]; \quad (3.85)$$

$$U_{\text{мин}} = 0.116 + (0.59 - 0.116) \cdot 2.72^{(-0.118/0.07)} + 0.116 \cdot 5 \cdot [0.118 - 0.07 \cdot (1 - 2.72^{(-0.118/0.07)})]$$

$$U_{\text{мин}} = 0.228 \text{ B}$$

$$\Delta U_{\text{max}} = (1 - 0.228) \cdot 100 = 77.2\%; \quad (3.86)$$

Провал напруги 77 %. За регістром провал напруги повинен не перевищувати 20 %. На основі цього розрахунку видно, що для пуску підрулюючого пристрою необхідно використовувати засоби непрямого пуску. Тобто використання пристрою плавного старту або перетворювач частоти, або пуск зірка-трикутник та можна використовувати декілька генераторів для пуску найпотужнішого споживача.[14]

### 3.6 Перевірка кабелю живлення одного з найбільш віддаленого електроприводу на втрату напруги

Переріз кабелю вибирається не тільки по його здатності витримувати без перегріву свій максимальний струм. Інший критерій вибору - його довжина. Від

довжини залежить такий важливий параметр системи електроживлення, як падіння напруги. Згідно з Регістром, для морського електрообладнання, провал напруги на кабелі не повинен перевищувати 6% від номінальної напруги, виробленої джерелом електроенергії.

Допустиме струмове навантаження кабелю визначається за формулою:

$$I_k = I_1 \cdot k_n \cdot k_{\text{реж}} \cdot k_{T^0} \cdot k_{\text{пр}}; \quad (3.87)$$

де:  $I_1$  - тривало допустиме струмове навантаження кабелю;  $k_n$  - поправочний коефіцієнт, враховуючий кількість жил в кабелю;  $k_{\text{реж}}$  - поправочний коефіцієнт, враховуючий режим роботи споживача електроенергії;  $k_{T^0}$  - поправочний коефіцієнт, враховуючий температуру навколишнього середовища;  $k_{\text{пр}}$  - поправочний коефіцієнт, враховуючий спосіб прокладання кабелю.

Вибираємо кабель моделі E90 з ізоляцією із етил-пропиленової гуми перерізом 95 мм<sup>2</sup> з наступними характеристиками:  $I_1 = 276$  А,  $k_n = 0,7$  для трижильного кабелю,  $k_{\text{реж}} = 1,3$  для ПВ 40% при  $I_1 = 100$  А,  $k_{T^0} = 1$  для температури 45°C,  $k_{\text{пр}} = 0,85$  для випадку коли доступ повітря затруднений, у нашому випадку прокладка кабелю проходить у кабельній трасі:

$$I_k = 276 \cdot 0,7 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 0,85 = 213 \text{ А}; \quad (3.88)$$

Визначення провалу напруги на кабелі для морського, трифазного обладнання розраховується за формулою:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{роз}} \cdot l}{\gamma \cdot U_n \cdot S} \cdot 100\%, \quad (3.89)$$

де:  $\Delta U$  - падіння напруги, %;  $l$  - довжина лінії, м;  $I_{\text{роз}}$  - розрахунковий струм споживача, А; питома провідність міді  $\gamma = 48$  м/(Ом·мм<sup>2</sup>);  $U_n$  - номінальна напруга кола, В;  $S$  - переріз струмопровідних жил, мм<sup>2</sup>.

Падіння напруги розраховуємо, використовуючи наступні данні:  $S = 95$  мм<sup>2</sup>,  $U_n = 440$ В,  $I_{\text{роз}} = 152$  А,  $l = 375$  м.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 152 \cdot 375}{48 \cdot 440 \cdot 95} \cdot 100 = 4,92\%; \quad (3.90)$$

Як видно з розрахунків, провал напруги не перевищує 6%, як написано в Регістрі. Тому вибраний кабель можна використовувати для живлення гідравлічних модулів брашпилью [14]

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

Система стислого повітря. Стисле повітря при  $25/30 \text{ кг/см}^2$  подається в двигун дизель-генератора від двох основних пускових ресиверів повітря, або за допомогою допоміжного ресіверу повітря. Після ізолюючого клапана двигуна тиск знижується до  $12 \text{ кг/см}^2$  для використання в системі двигуна. Стисле повітря використовується як для запуску двигуна, так і для роботи системи відключення / аварійної зупинки. Двигун запускається за допомогою TDI (Tech Development Inc.) T100-V. Пневматичний пусковий двигун TurboTwin, шестерня приводу якого зачеплена з зубчастим ободом на маховику двигуна. Головний пусковий електромагнітний клапан (релейний клапан) спрацьовує, коли сигнал пуску надсилається управлінням живлення, ініціюється система автоматичного або ручного запуску. Головний соленоїдний клапан направляє пускове повітря зі швидкістю  $12 \text{ кг/см}^2$  на пусковий двигун. Блокування починається, якщо поворотний механізм зчеплен, тиск масла для попереднього змащення низький, увімкнено перемикач блокування запуску двигуна, сигнал зупинки двигуна, активний або якщо двигун працює. Місцевий клапан аварійного запуску розташований біля двигуна, щоб забезпечити аварійну роботу повітряного пускового двигуна, якщо необхідно.

Система турбокомпресора. Двигун оснащений турбокомпресором з вихлопними газами. Турбокомпресор витягує повітря з машинного відділення через всмоктуючий фільтр і пропускає його через охолоджувач наддувного повітря перед подачею окремих балонів.

Система охолодження води. Всі потреби в охолоджувальній воді для генераторів забезпечуються водою з центральної системи охолодження прісної води. Розрізняють високу і низьку температури контурів охолодження прісної води в двигунах. Насос, керований двигуном, циркулює в водяних сорочках(простір між здвоєними стінками), головках циліндрів і турбокомпресора; це високотемпературний контур. Двигуни підтримуються в теплі у режимі очікування, циркулюючи воду сорочки через електричний попередній нагрівач; для кожної пари двигунів генератора є один блок попереднього нагрівача. Підігрівний блок має два циркуляційних насоса, один з яких працює, коли є відповідний двигун, вибраний для автоматичного режиму очікування. Насос охолоджуючої води двигуна подається через водяну сорочку двигуна(простір між здвоєними стінками), головки циліндрів та охолоджуючі водяні простори турбокомпресора, а потім до термостатичного трьохходового клапану. Якщо температура охолодження води, що виходить з двигуна, нижче нормальної робочої температури, термостатичний трьохходовий клапан буде направляти охолоджуючу воду назад до всмоктування насоса. Коли температура на виході охолоджуючої води досягає робочої температури, термостатично регульований триходовий клапан буде направте частину охолоджуючої води сорочки на центральне охолодження прісною водою, система і насос буде брати частину свого всмоктування з центральної прісної води, система охолодження буде підтримувати постійну температуру. Система з низькою температурою також має регульований температурний трьохходовий клапан; контур низької температури приймає всмоктування та повернення води до центральної системи охолодження прісної води.

Паливна система. Регулятор подачі мазуту для двигуна, за звичайних обставин, постачається з модуля підготовки палива, який постачає головний двигун. Лінія подачі палива між модулем підготовки палива і впускними отворами, кожен двигун генератора прогривається слідом. На кожному вході палива двигуна є клапан, що швидко закривається, який використовується для відключення палива двигуна, якщо обставини вимагають. Кнопки зупинки двигунів генератора, розташованих зовні генератора, в машинних відділеннях і в центрі управління судном. До того ж є клапани подачі палива,

що швидко закриваються, і вони також приводяться в дію зовні генератора, в машинному відділенні. Інжекторні насоси подають мазут під високим тиском нагнітальних труб до нагнітальних клапанів. Кожен інжекторний насос оснащений повітряним упором циліндра, який піднімає насос при активації системою відключення. Циркуляційний насос модуля підготовки палива подає більше палива ніж двигун, надлишок надходить назад до блоку підготовки палива через блок змішування палива. Це гарантує, що завжди є достатня кількість палива, що подається в двигун, незалежно від того, яке навантаження і яка паливна рейка завжди під тиском, зворотня магістраль кожного двигуна оснащена клапаном, що регулює тиск.

Масило. Вся ходова частина кожного двигуна із зусиллям змащується від електропривода насоса. Поршні також снабжаються маслом в якості охолоджуючого середовища. Подається масло до підшипників та інших ходових частин перед запуском двигуна;

Управління двигуном. Запуск і зупинка дизель-генератора, як правило, контролюється силовою управляючою системою. Система управління. Зазвичай, коли двигун вибрано в режимі “Remote”, він позначається як резервний двигун із порядком пріоритетного використання. Можна запускати і зупиняти двигуни генератора з пультів управління, розташованих біля двигунів та в центральному посту управління в машинному відділенні. Для того, щоб запустити двигун з панелі біля двигуна, потрібно обрати LOCAL за допомогою перемикача на місцевому керуванні панелі. Двигун запускається натисканням кнопки СТАРТ на панелі двигуна; двигун зупиняється натисканням кнопки СТОП на панелі двигуна. Швидкість регулюється за допомогою Woodward UG-15, тобто контролює подачу палива до двигуна. Швидкість контролюється сервомотором і зазвичай регулюється автоматично системою синхронізації або вручну з панелі синхронізації, головного розподільного щита. В аварійних ситуаціях регулювання також може бути здійснено за допомогою Woodward-UG-15, за допомогою регулювання подачі палива.

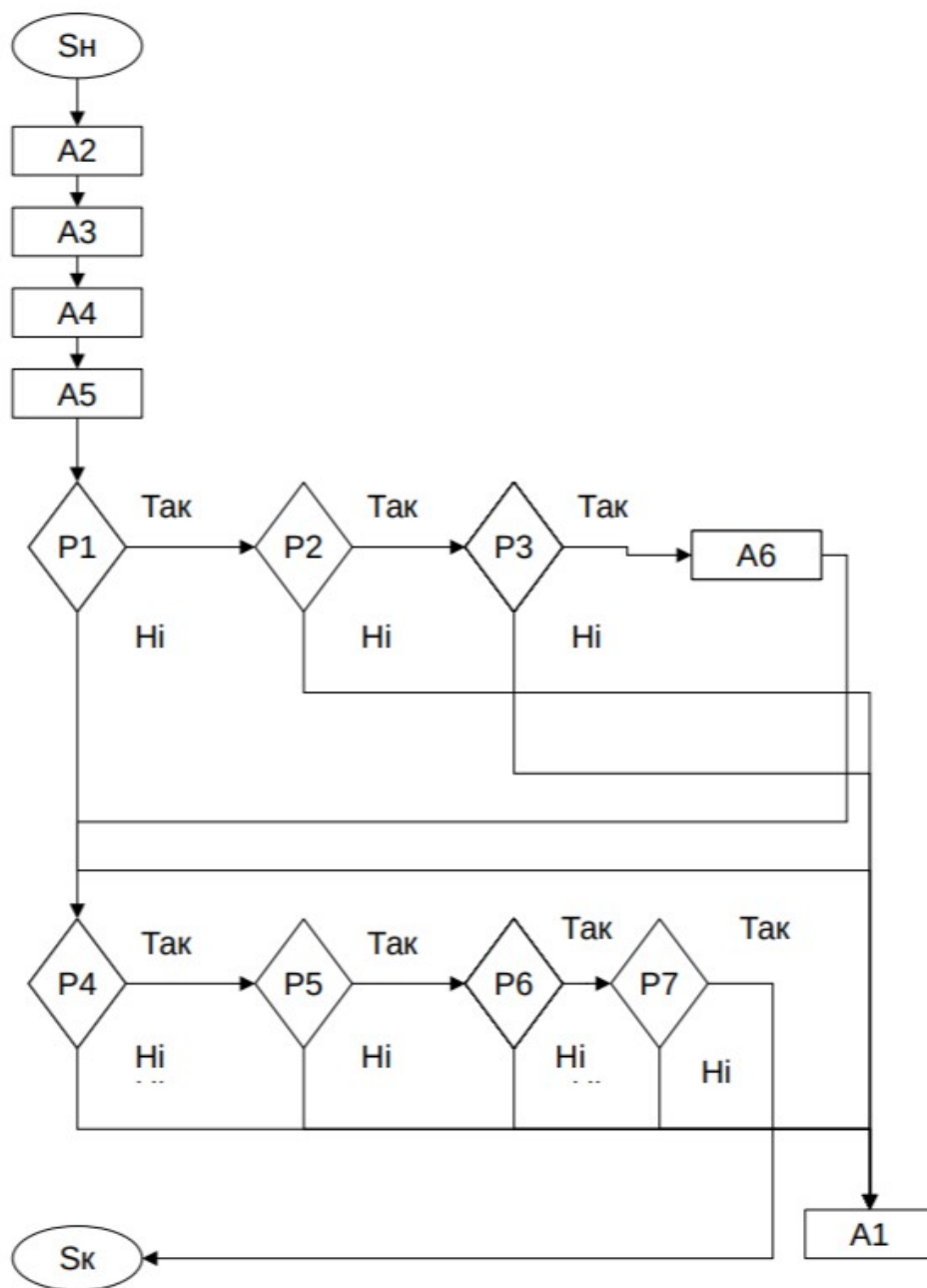


Рисунок 3.7.1 - Граф-схема локального старту двигуна дізель генератору

Граф схема алгоритму локального старту двигуна дізель генератору, зображена на рисунку 3.7.1, складається з:

A1 - Потрібно виправити несправність.

A2 - Переконайтесь, що двигун готовий до запуску, виконавши процедуру підготовки дизельних генераторів, описану вище.

A3 - На панелі керування на боці двигуна натисніть кнопку LOCAL.

A4 - вручну запустити двигун, натискаючи кнопку СТАРТ.

A5 - Дайте двигуну встановити нормальну швидкість.

P1 - Чи немає витоків, і двигун працює безперебійно і спрацьовує по всіх циліндрах?

P2 — нормальний тиск смазуючого масла і температури?

P3 - нормальний тиск і температура палива?

A6 - Синхронізуйте та підключіть генератор до розподільного щита.

P4 - Чи залишаються температура та тиск двигуна в межах норми, оскільки навантажується двигун і двигун нагрівається?

P5 - Чи нормальна температура вихлопних газів?

P6 - Чи немає відпрацьованих газів в димі?

P7 - Чи регулюється температура?

Можна запускати і зупиняти двигуни генератора з пультів управління розташованих біля двигунів. Для цього потрібно обрати LOCAL за допомогою перемикача кулачків на місцевій панелі керування. Двигун запускається натисканням кнопки СТАРТ на панелі двигуна; двигун зупиняється натисканням кнопки СТОП на панелі двигуна.

Швидкість регулюється Woodward UG-15. Швидкість Woodward налаштування контролюється сервомотором і зазвичай регулюється автоматично системою синхронізації або вручну з панелі синхронізації головного розподільного щита.

Аварійна зупинка. Двигун автоматично вимикається у разі:

- а) Низький тиск мастильного масла
- б) Висока температура охолоджуючої води
- в) Перевищення швидкості
- г) Висока щільність масляного туману
- д) Висока температура головного підшипника

Двигун оснащений низкою датчиків для різних систем, таких як тиск і температура мастильного масла, тиск і температура охолоджуючої води, температура нагнітаного повітря тощо.

### 3.8 Загальні відомості о мережі суднового електричного освітлення, суднових сигнально-відзначних вогнів, освітлення низької напруги.

Освітлення судна SeaLand Los Angeles складається з:

- а) малого аварійного освітлення, напругою 24 вольт постійного струму
- б) великого аварійного освітлення, напругою 24 вольт змінного струму
- в) прожекторного освітлення, напругою 220 вольт змінного струму
- г) переносного освітлення, 220 вольт змінного струму
- д) сигнальні вогні
- е) основного внутрішнього освітлення, напругою 220 вольт змінного струму

Аварійне освітлення зазвичай отримує живлення від основних генераторів, якщо основні генератори вимикаються, тобто трапляється “black out”, тоді аварійне освітлення отримає живлення від аварійного генератору, протягом 3 годин. Мале аварійне освітлення: знаходиться на палубі, один прожектор на кормі, три прожектора з правого боку, пошукове освітлення, для рятувочної шлюпки, також 2 прожектора з лівого борта, та 2 прожектора на носу судна, один з правого та інший з лівого боку. Зазвичай аварійне світло має червону мітку.

Велике аварійне освітлення знаходиться у місцях збору, біля місця посадки , біля рятувочної шлюпки, у всіх коридорах, на трапах, службових виходах та жилих приміщеннях, на всіх постах управління, в машинному відділенні, біля кожного ГРЩ та АРЩ, місця зберігання пожежного обладнання та екіпіровки, рулевого привода, аварійного осушувального насоса, у насоса спринклерної системи.

Все освітлення має захист від короткого замикання, яке реалізується за допомогою автоматичного вимикача

#### 4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ

##### 4.1 Аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки.

Аналіз роботи головної пропульсивної установки RT-flex. Система управління WECS-9250, зображена на рисунку 4.1 Управління двигуна RT-flex складається з:

- а) Внутрішньої системи управління WECS-9250
- б) Зовнішньої пропульсивної системи управління (не Wärtsilä)

Зовнішня пропульсивна система управління складається з:

- а) Система віддаленого управління (машинне відділення та навігаційний міст)
- б) Система безпеки
- в) Електричний блок управління топливом
- г) Система моніторингу сигналізації

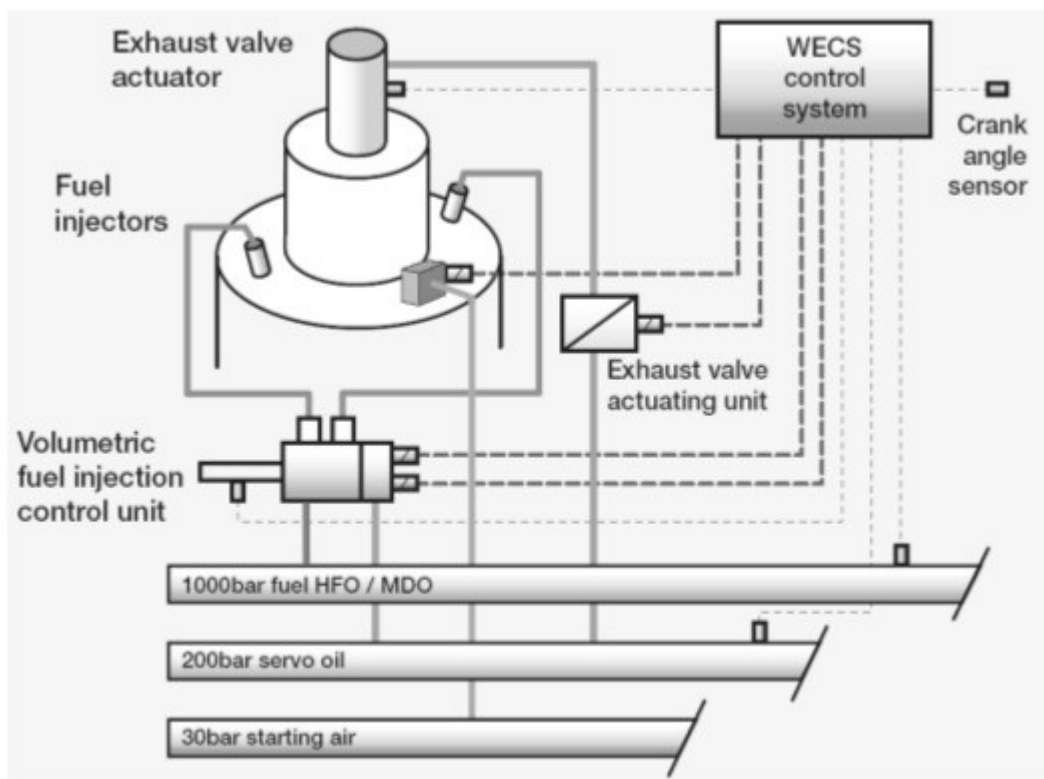


Рисунок 4.1 - Загальна концепція системи управління WECS

Основна схема системи Wärtsilä RT-flex в електронному вигляді з керованими загально рейковими системами для палива, ін'єкції і з випускним клапаном зображено на рис 4.1.

WECS-9520 є основною управлінням двигуном, він обробляє всі спрацьовування, регулювання та управління, безпосередньо пов'язані з двигуном:

- а) Управління та контроль впускного та випускного та пускового клапанів
- б) Моніторинг та регулювання тиску на загально рейкових системах
- в) Взаємодія із зовнішніми системами через CANopen Bus
- г) Налаштування продуктивності двигуна, налаштування IMO та моніторинг

WECS-9520 не має центрального комп'ютера, але кожен циліндр має свій власний Модуль FCM-20 для функцій, пов'язаних із циліндрами та загальних функцій. Ці модулі FCM-20 встановлюються безпосередньо на двигун і спілкуються через внутрішню системну шину CAN. Операторський доступ до WECS-9520 інтегрований в призначений для користувача інтерфейс для управління системою пропульсивної установки. WECS-9520 не є ні системою дистанційного керування двигуном, ні захисною системою.

Система дистанційного керування. Пульт дистанційного керування - це інтерфейс оператора до двигуна. Панель управління надає наступні команди маневрування на WECS-9520 через з'єднання CANbus:

- а) Пуск, гальмівне повітря
- б) Запуск за допомогою повітря
- в) Зупинка
- г) Малий хід
- д) Вперед
- е) Скидання несправності малого ходу
- ж) Назад

Пульт дистанційного керування обробляє команду телеграфа двигуна за допомогою внутрішнього налаштування (масштабування, завантаження програми,

тощо) , щоб це значення були рівним до контрольного сигналу швидкості для системи управління.

Електронна система регулятора. Електронна система регулятора подає команду палива для WECS9520 і регулює частоту обертання двигуна. Команда подачі палива обчислюється з контрольного сигналу швидкості RC-системи щодо навантаження двигуна. Обмежувач палива в блоці контролю палива обмежує подачу палива в залежності від фактичної швидкості та нагнітаного тиску повітря, щоб уникнути роботи двигуна поза кривою закону гвинта (обмежувач крутного моменту та диму).

Система безпеки. Система безпеки активує уповільнення та зупинки у разі перевищення швидкості або інших ненормальних умов роботи двигуна або його допоміжного обладнання, функція двигуна RT-flex подібна до звичайних двигунів RTA, з деякими різними / додатковими функціями: WECS-9520 використовує надлишковий зв'язок по шині із системою безпеки, система безпеки (не WECS-9520!) безпосередньо активує електропровід аварійного зупиночного соленоїда для розгерметизації палива загальної магістралі. Крім того, система безпеки передає деякі цифрові виходи на WECS-9520 через шину модуля CAN:

а) Інвертовані сигнали відключення мастила головного підшипника для захисту від пуску та сухого ходу масляних насосів управління.

б) Сигнал відключення до WECS-9520, щоб активувати відповіді внутрішнього вимкнення WECS.

Помилки WECS-9520, що вимагають зменшення швидкості, активуються через систему моніторингу сигналізації до системи безпеки.

Система моніторингу сигналізації. Система моніторингу приймає повідомлення про тривоги, розділені на дві групи:

1. Деякі загальні сигнали тривоги про несправності підключаються через E130 та E90 для наступних загальних несправностей:

- а) Сигналізатори витоків: рейковий блок, блок подачі, інжекторні компоненти
- б) Несправність приводу тиску палива
- в) Моніторинг відхилення температури виходу паливного насоса

г) Сервомоніторинг потоку масла (лише насоси Dupex)

д) Моніторинг джерела живлення WECS-9520

2. Інші сигнали відмови WECS-9520 передаються через надлишкову (модульну) шину підключення:

а) Стандартне виконання WECS-9520 використовує інтерфейс Modbus для надсилання помилок повідомлення до системи управління тривогами, сигналізацією через модулі WECS-9520 FCM-20 # 3 та FCM-20 # 4.

б) Якщо і системи управління рухом, і системи контролю тривоги надходять від Kongsberg Морський (Autochief C20 і Datachief C20), то система моніторингу може отримати доступ до WECS-9520 безпосередньо через інтерфейс CANopen до FCM-20 # 1 та FCM20 # 2, і підключення Modbus не потрібно.

Система WECS-9520 побудована з єдиною багатофункціональною системою електронного модуля FCM-20 - модуль управління Flex 20, зображено на рисунку 4.2. Модулі швидко спілкуються між собою за допомогою внутрішньої системної шини CANopen. Крім того, кожен модуль має дві шини модулів (1x CANopen, 1x MODbus), які використовуються для зв'язку з зовнішніми системами (PropCS, ALM), резервними панелями управління, виконавчих механізмів (розмір IV).

FCM-20 функції можуть бути розділені на дві групи:

а) Функції циліндра.

б) Звичайні функції

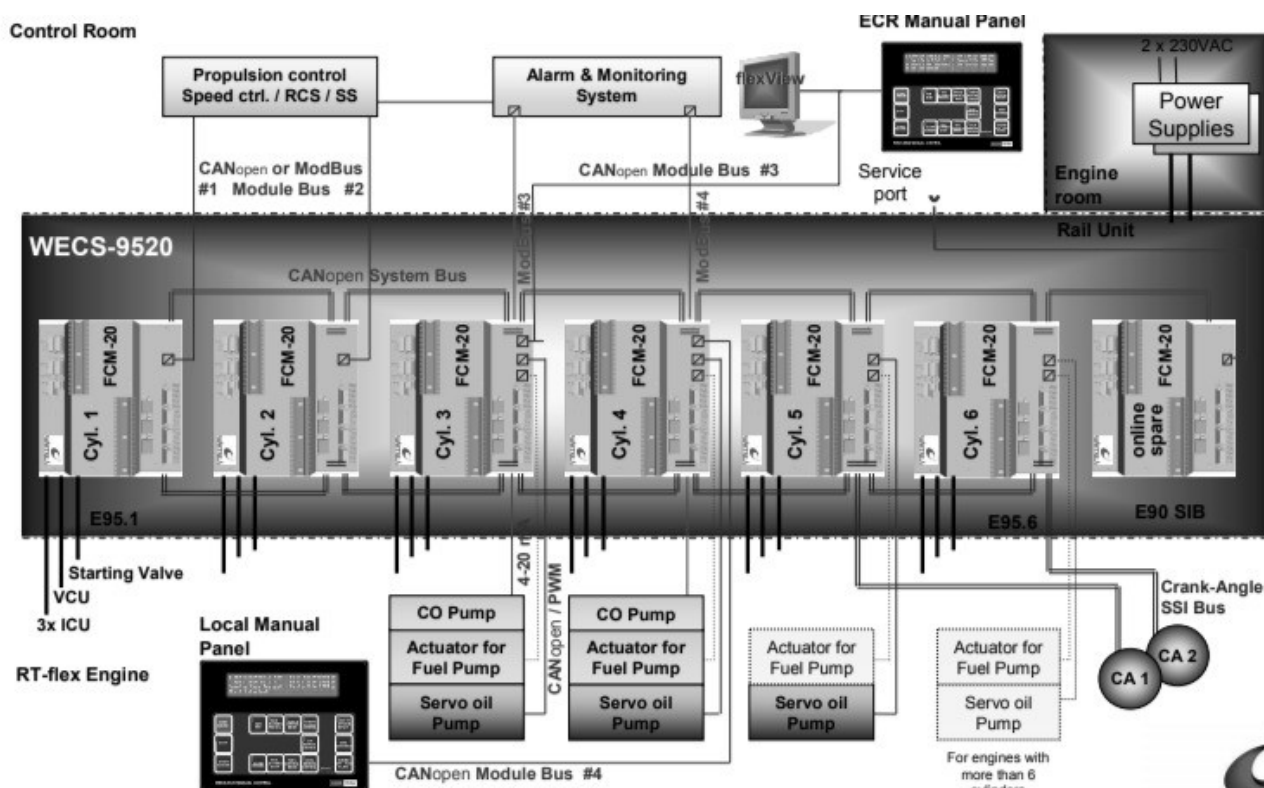


Рисунок 4.2 - Система управління RT-flex

Функції циліндра(рис 4.3). Для синхронізації часу регулювання клапана з кутом нахилу кривошипа кожен FCM20, зображен в центрі на рисунку 4.3, зчитує та обробляє сигнали кута нахилу кривошипа з шини SSI і обчислює швидкість, кут та напрямок обертання свого циліндра. Управління пусковим, вприскувальним та випускним клапанами відповідно до налаштувань в інструкції і команди та параметри, отримані через системну шину CANopen.

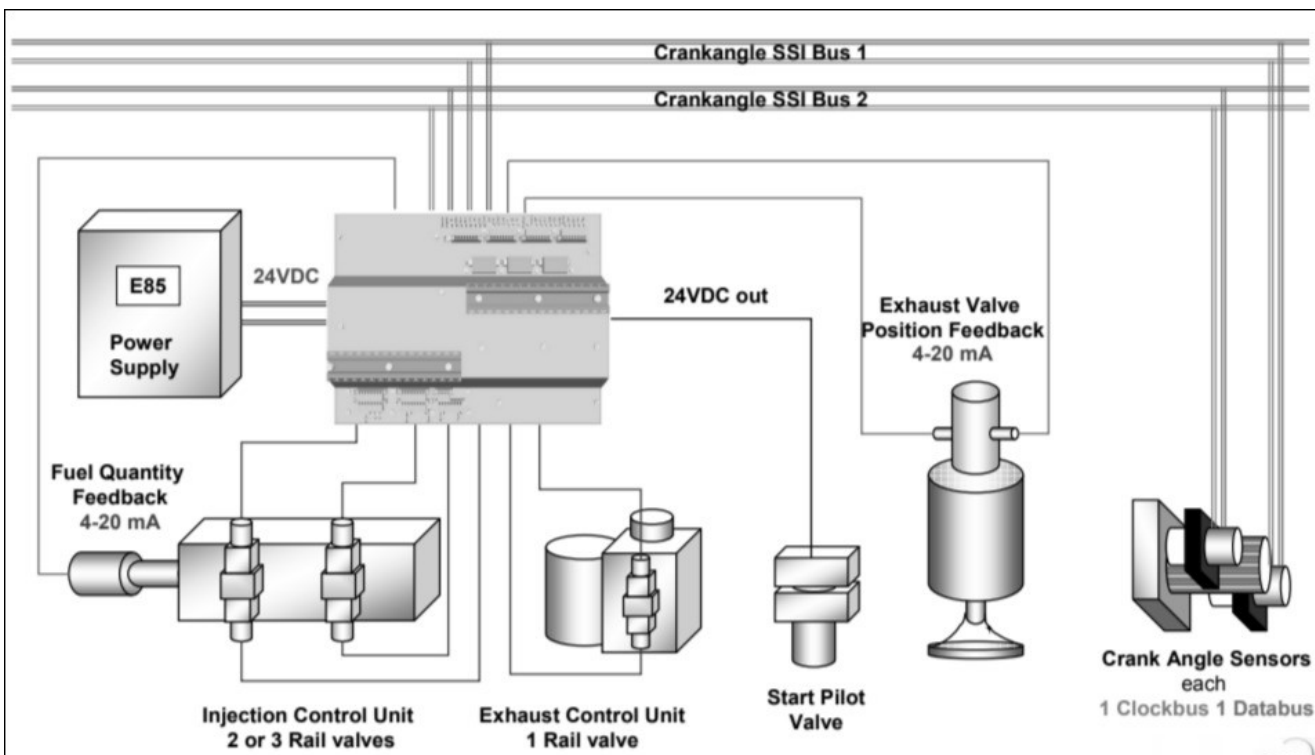
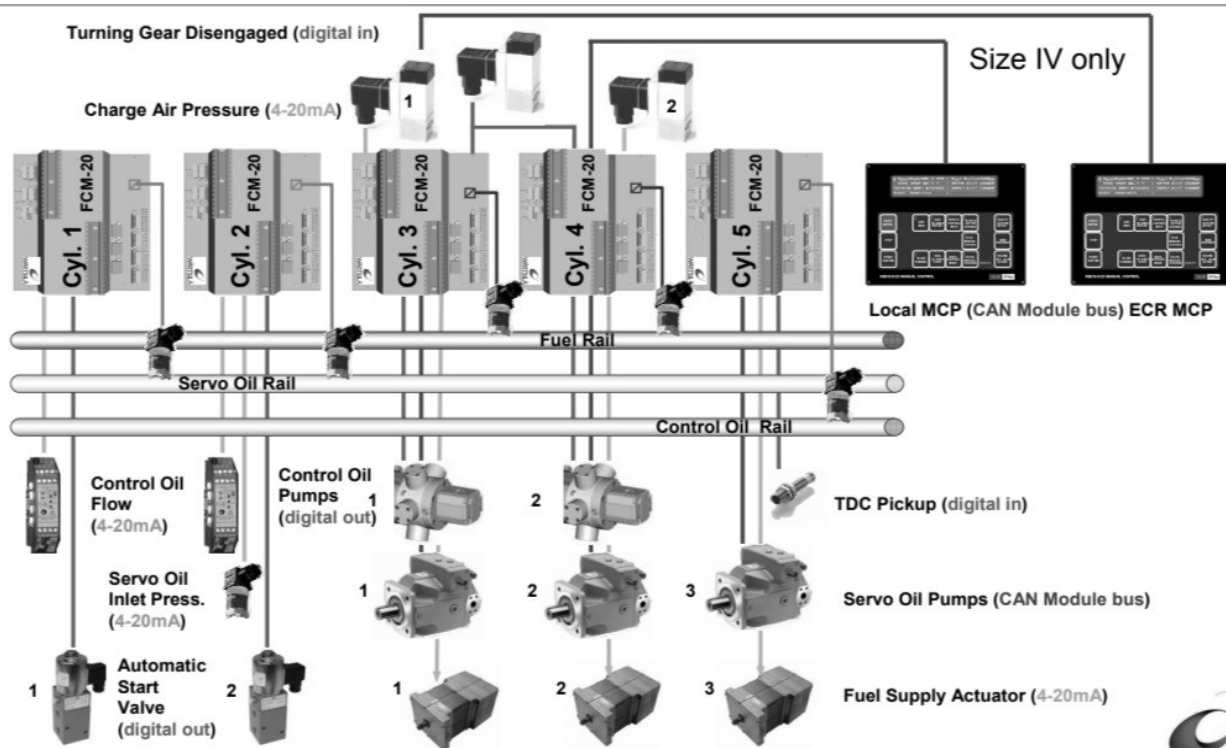


Рисунок 4.3 - Функції циліндра

Звичайні функції, зображені на рисунку 4.4:

- а) Регулювання та контроль тиску в магістралі паливно-сервосистеми, контролю масла, управління насосами
- б) Зберігання та обробка даних налаштування (ІМО, специфічна для двигуна та глобальні налаштування)
- в) Внутрішній моніторинг WECS (джерело живлення, SW-Watchdog, CRC- та Hwchecks)
- г) Розрахунок та обробка загальних змінних управління.
- д) Інтерфейс до системи управління рушієм та до резервних панелей у CR та LC.
- е) Індикації несправності за допомогою світлодіодних модулів.
- ж) Запит допоміжної повітродувки при низькому тиску зарядженого повітря



Ри

сунок 4.4 - Звичайні функції

Рейкові клапани — ультра швидкі(2мс) електрогідравличні соленоїдні клапани. Вони не повинні отримувати енергію більше ніж 4.5 мс.

Виявлення фактичного кута кривошипа виконується електрично за допомогою сенсору угла поворота

Контроль впорскування (об'ємний контроль впорскування). Кожен FCM-20 самостійно обчислює необхідний час впорскування в циліндри обробкою сигналу кута кривошипа і командою палива, отриману від регулятора швидкості

Нормальна робота контролю впорскування. Кілька градусів до того, як поршень досягне точки, в якій циліндр займає вищу позицію, FCM-20 обчислює правильний угол впорскування. Далі мертвий час додається, щоб компенсувати різницю в часі між командою впорскування від системи управління та впорскування починається. Час мертвої точки вимірюється протягом циклу шляхом порівняння часу, що минув між випуском команди та початком руху за допомогою датчика кількості пального. Датчик кількості палива надає зворотний зв'язок впорскуваного

палива та порівнюється з командою пального. Початок ін'єкції та кінець спрацьовує і приводиться в дію FCM-20.

Управління випускним клапаном. Випускний клапан відкривається тиском сервомасла і закривається повітряною пружиною, як і у звичайних двигунів Sulzer. Пристрій розділу ізолює (тонкофільтрований) сервомасло для петлі рейкового клапану від звичайного підшипникового масла для випускного клапана. Хід шпинделя клапана вимірюється в 2 аналогових положеннях датчика для зворотного зв'язку на WECS-9520.

Пуск. Уже в стані спокою виконавчі механізми реагують на існуючий тиск у паливній рейці та встановлюють відповідно їх потужність. Початкове повітря випускається до тих пір, поки не буде встановлений мінімально необхідний тиск у паливній магістралі. WECS-9520 контролює тиск у паливній магістралі та запускає двигун як тільки тиск у рейці підніметься вище 320 бар.

Двигун працює. 2 передавача подають фактичне значення з паливних рейок. Для швидкої реакції динамічного регулювання тиску, будь-яка зміна паливної команди для управління швидкістю додатково передається як подача до контуру управління. FCM-20 # 3 або FCM-20 # 4 обчислює необхідний тиск у рейки та вихідний сигнал на виконавчі механізми (діапазон сигналу 4-20 мА).

Відкриття та закриття пускових клапанів 2.07(рис 4.6) контролюється відповідним FCM-20, залежно від кута кривошипа. Номінальний кут відкриття - 0 °, кут закриття - 10 °. Для двигунів з великим числом циліндрів закриття кут можна зменшити для економії пускового повітря. Клапан автоматичного пуску 2.03 активується соленоїдом ZV70113C та ZV7014C через FCM-20 # 1 та FCM-20 # 2, якщо пульт дистанційного керування надсилає сигнал START шині. Для повільного повороту, управління посиляє окремі сигнали на FCM-20 # 1 та FCM20 # 2. Повільну швидкість повороту можна регулювати за допомогою параметрів

WECS-9520 шляхом прийняття імпульсних циклів. Крім того, сигнал "Air Run" дозволяє продувати двигун зі стартовим повітрям.

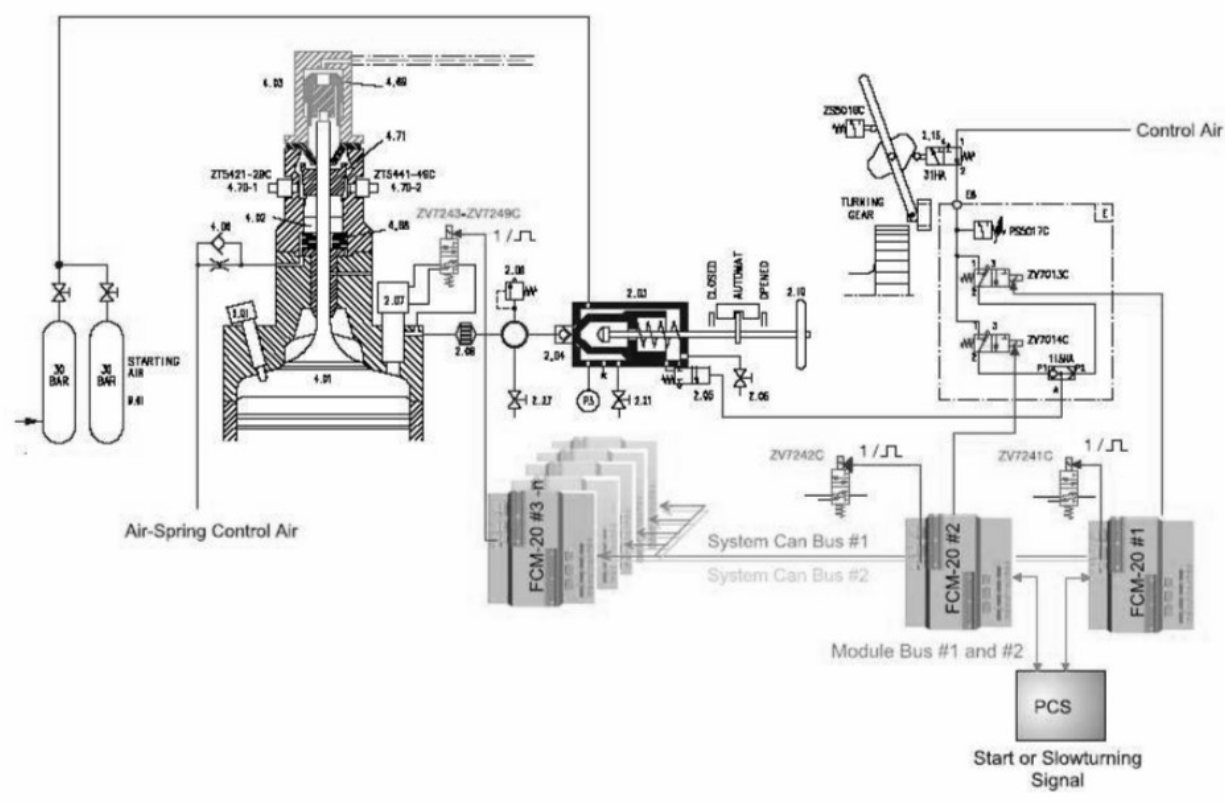


Рисунок 4.5 - Управління пусковими клапанами

Основна пропульсивна установка контролюється з 5 місць(ри 4.6), 3 телеграфа на навігаційному місті, 2 телеграфа з боків, та 1 в центрі. 1 телеграф знаходиться в машинному відділенні та 1 контрольна панель, локального контролю, знаходиться біля двигуна.

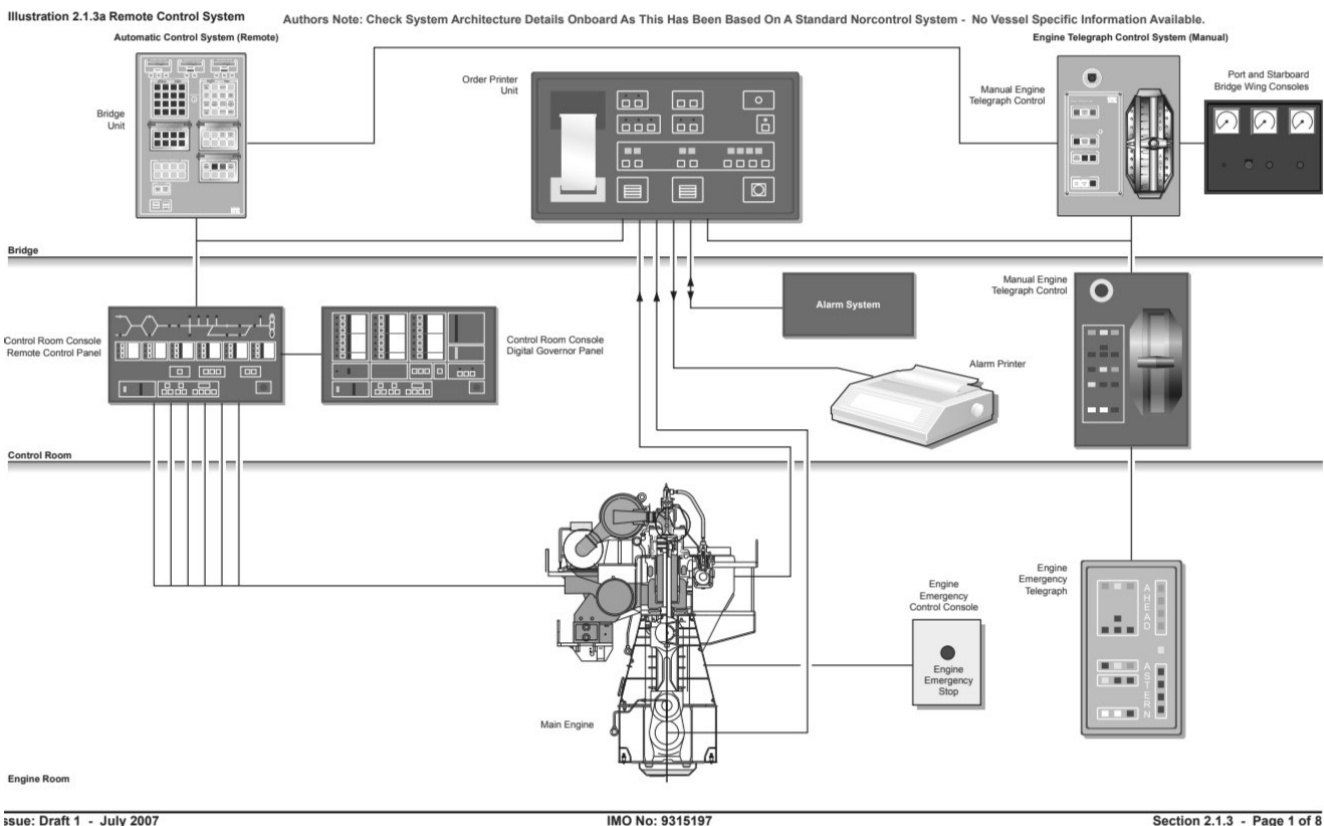


Рисунок 4.6 - Система управління пропульсивною установкою

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

На рис 4.7 показана звукова аварійна телефонна система LC-800 ,без акумуляторна система, для виконання вимог аварійного зв'язку на судні, під час відключення електроенергії або відмови первинної телекомунікаційної системи.

Звуковий телефон використовує потужність конденсатора, зарядженого ручним генератором. Заряду вистачає приблизно на 30 хвилин спілкування.

Система має блоки в таких місцях:

- Головна консоль управління рульової рубки (оснащена диммерним контролем)
- Кімната рульового управління
- Локальна станція управління головного двигуна
- Аварійне генераторне приміщення

- д) Верхня палуба на носу судна, роз'єм для портативного телефонного блоку
- е) Верхня палуба на кормі, роз'єм для портативного телефонного блоку

Дві розетки забезпечені водонепроникними ковпачками для підключення портативного телефону для портативних телефонних блоків.

Автоматична телефонна система(рис 4.7) виробника "CMR Korea Co. Ltd", типу IDCS-500 дозволяє здійснювати внутрішню телекомунікацію. Система живиться від мережі судна і має резервний акумулятор у випадку відключення електроенергії. 57 подовжувачів розташовані в кабінах та інших публічних каютах, 47 з яких є LC-221A (настільний тип) або В (настінний тип) тип.

Система пропонує такі функції:

- а) Автоматичний набір номерів
- б) Пейджинговий пристрій
- в) Зовнішні дзвінки через Inmarsat або береговий телефонний зв'язок
- г) Конференційний зв'язок
- д) Автоматичний зворотній дзвінок
- е) Пріоритетний дзвінок
- ж) Груповий дзвінок

Система спікерів(рис 4.8), виробника "Морська радіокомпанія", типу МРА-7400ECD. Встановлена в радіопросторі система дозволяє транслювати надзвичайні ситуації, а також загальні повідомлення. Система підключена до пожежної сигналізації. У разі пожежної сигналізації, виявляється системою виявлення пожежі, але не визнається системою протягом певного часу,

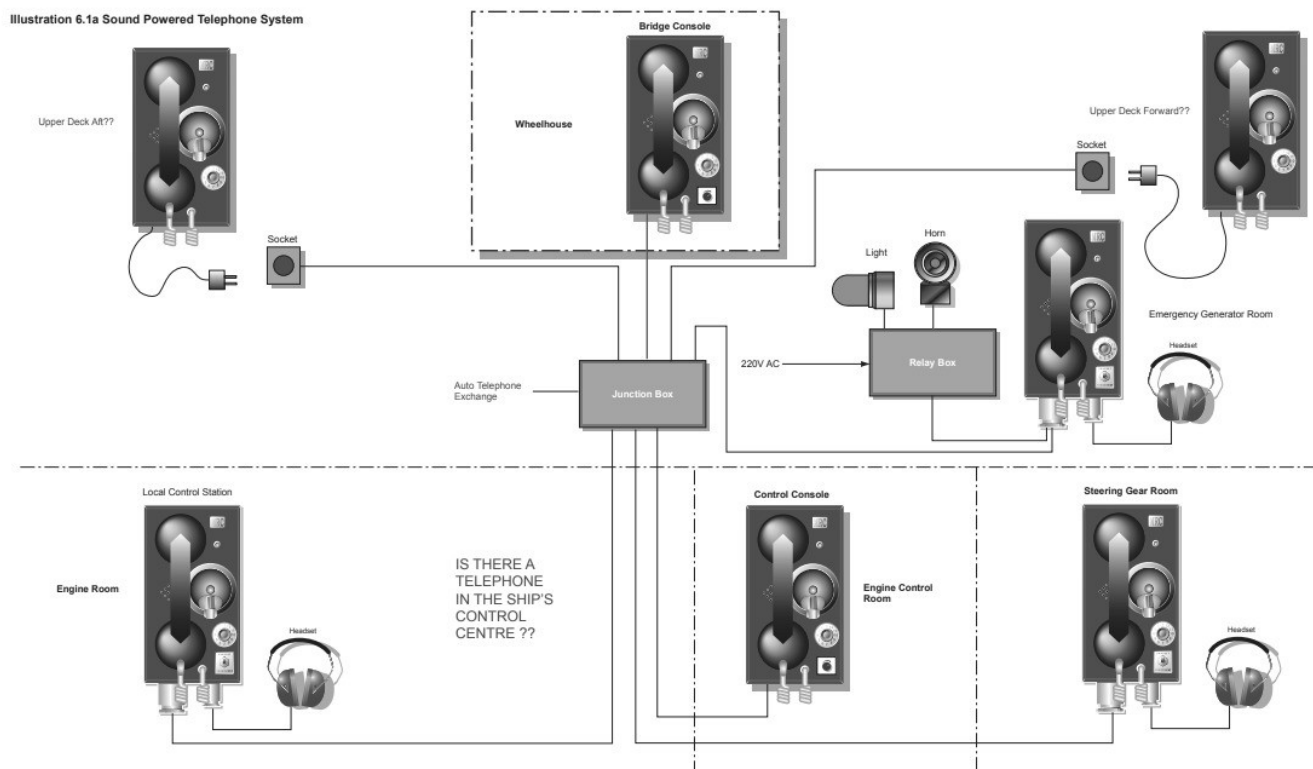


Рисунок 4.7 - Судова аварійна телефонна система

Основна система складається з наступних компонентів:

- а) Головний блок управління
- б) Підсилювач потужності (400 Вт)
- в) Радіо та касета
- г) Блок управління мікрофоном
- д) Генератор сигналізації
- е) Блок керування сигналізацією та блок живлення
- ж) Панель динаміка монітора
- з) Блок живлення

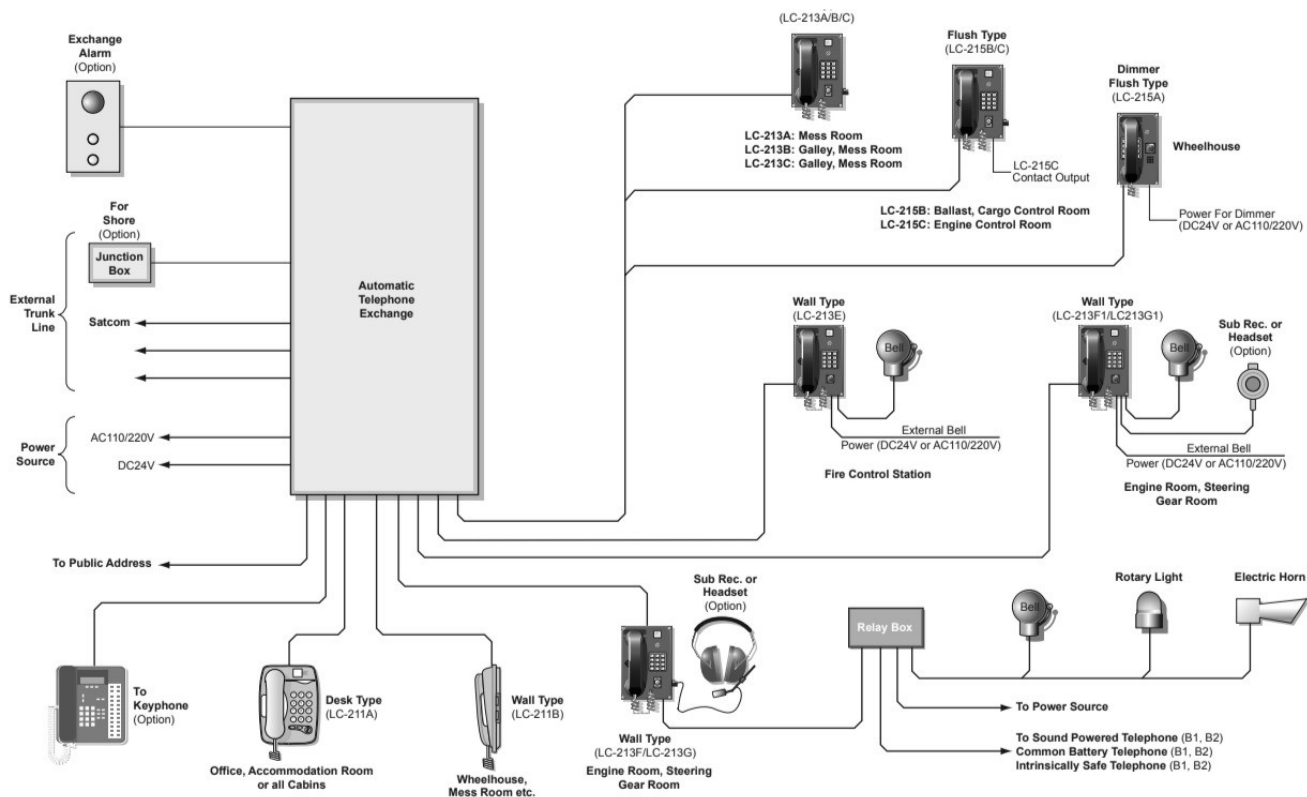


Рисунок 4.8 - Автоматична телефонна система

Головний блок управління. Цей пристрій має гніздо для мікрофона, регулятор гучності та 6 кнопок вибору спікера. Головний блок управління має індикатор зайнятості, якщо індикатор горить, це вказує на те, що система вже використовується з пульта дистанційного керування або телефонної системи пейджингового зв'язку. Після вибору області трансляції оператор використовує мікрофон, щоб зробити оголошення.

Підсилювач потужності. Чотири з цих блоків розташовані в головній стійці та забезпечують посилення.

Блок управління мікрофоном. Цей пристрій електронно підключає аудіовхід за вибором оператора.

Генератор сигналізації. Панель сигналізації дозволяє оператору запускати сигнал пожежної сигналізації вручну або загальний сигнал тривоги автоматично або вручну систему судна.

Блок управління динаміками. Цей пристрій електронно підключає динаміки за вибором оператора, основні або пульти дистанційного керування. Колонки розташовані на всьому судні.

Монітор гучномовця. Ця панель дозволяє оператору контролювати вихідний сигнал, такий як музика, від головної панель управління. Ручка регулювання гучності монітора розташована поруч із динаміком.

Блок вимикача живлення підсилювача потужності. Цей пристрій забезпечує основне джерело живлення для системи дзвінків. Якщо вихід з ладу електромережі виходить з ладу, тоді пристрій живиться аварійним живленням постачання.

Система Talkback. Функція зворотного спілкування, зображена на рисунку 4.9, доступна в таких місцях:

- а) Крила навігаційного місту
- б) Після верхньої палуби
- в) Біля рятувальних шлюпок

Блок дистанційного керування. Пульти дистанційного керування розташовані на пультах управління мостом. Цей пристрій має пріоритет перед трансляцією, що здійснюється з будь-якої іншої позиції.

Судова система сигналізації. На судні в якості панелі управління для пожежної сигналізації застосовується інтелектуальна панель управління T1000, ця система розроблена для суден з кількістю детекторів менше 300. За допомогою панелі можна управляти вогнеупорними дверима, вогнегасниками та фенами і дуйками, які належать до пожежної системи. Панель може управляти 16 зонами, кожна зона може підтримувати до 32 теплових сенсорів чи 24, якщо використовується удаленний контроль оповіщувачів, панель має 4 управляємих звукових вихода, струмом до 4 А, має 4 управляємих релейних вихода. 3 програмні допоміжні входи. Система пожежної сигналізації використовує різні типи сенсорів, які наведені нижче та на рисунку 4.10 наведен загальний вигляд сенсора пожежної сигналізації.

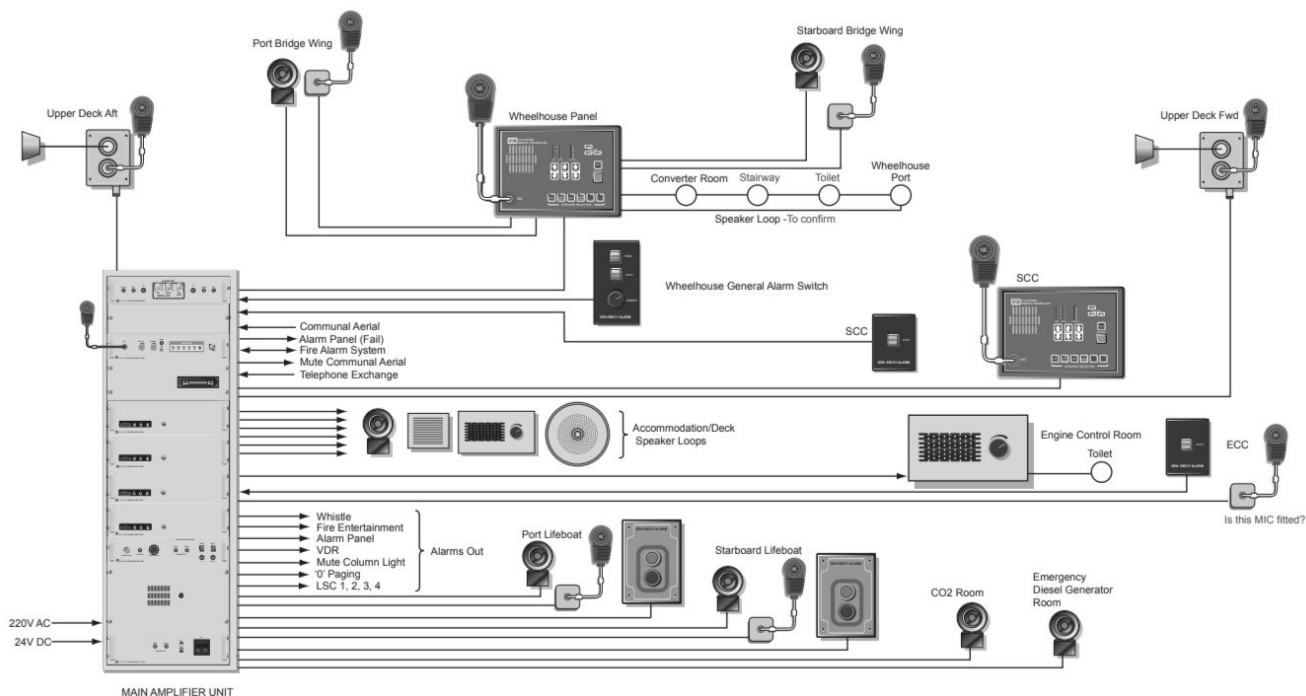


Рисунок 4.9 - Система спікерів

MR601M Optical. Універсальний сенсор

MF601M ION Chamber. Детектор іонної камери, використовується де є невидимий дим, тобто для раннього виявлення деревини або інших матеріалів на основі углецю

MD601 Rate of Rise heat. Використовується там, де не можуть бути детектори диму, тепла, що використовується у камбузі, пральні, сушильні

MS302Ex Flame. Використовується там, де існує ризик великих розмірів полум'я, наприклад: машинне відділення.

MU601M Carbon Monoxide. Найкращий детектор для раннього попередження, без помилкових тривог. використовується в житті, наприклад: каюти, кімнати відпочинку.

Внутрішня конструкція панелі має достатньо місця для двох акумуляторів, 12 В 12 Аг, які можуть жити протягом 72 годин роботи в режимі очікування.

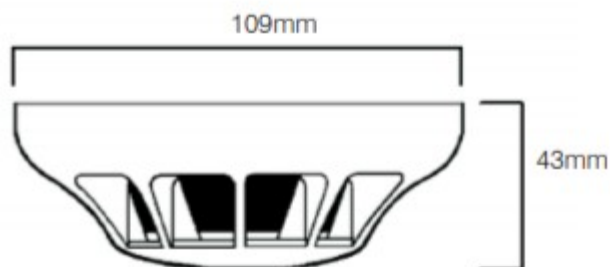


Рисунок 4.10 - Загальний вигляд сенсора пожежної сигналізації

### 4.3. ГМЗЛБ і навігація

ГМЗЛБ – глобальна морська система зв'язку для забезпечення безпеки мореплавства та телекомунікації.

За конвенцією СОЛАС-74 (Правило 4 Глави IV), судно повинне мати мінімальний набір радіоустаткування, відповідно до району плавання.

Мінімальне радіоустаткування судна SEALAND LOS ANGELES має бути наступним:

- а) УКХ радіоустановка з ЦВВ
- б) ПХ/КХ радіоустановка з ЦВВ і ВБД
- в) Суднова станція INMARSAT-C
- г) Приймач NAVTEX
- д) Аварійний радіобуй (АРБ)
- е) Радіолокаційний маяк-відповідач
- ж) Портативна аварійна радіостанція (ПАР)

Зазвичай апаратура ГМЗЛБ живиться від основного живлення. У випадку зникнення основного живлення, за допомогою акумуляторів повинні житися наступні прилади:

- а) УКХ радіоустановка з ЦВВ;
- б) ПХ радіоустановка з ЦВВ, станція INMARSAT;
- в) NAVTEX;

г) Аварійне освітлення;

Визначимо споживчий струм та виберемо акумуляторну батарею, яка зможе підтримувати у роботі навігаційне обладнання та засоби зв'язку протягом 1 години при температури до -15 градусів.

Таблиця 4.1 – Параметри суднового навігаційного обладнання та засобів зв'язку

| №<br>п. п. | Найменування споживачів              | Призначення                                | Тип      | Спож. струм А |                        | Середній струм $I_{CP, A}$ |
|------------|--------------------------------------|--------------------------------------------|----------|---------------|------------------------|----------------------------|
|            |                                      |                                            |          | $I_{TX}$      | $I_{RX}$               |                            |
| 1.         | ПВ/КВ – радіоустановка з ЦВВ         | Прийом-передача у режимах телефонії та ЦВВ | JSS-     | 29            | 6                      | 20.5                       |
| 2.         | Радіостанція УКХ                     | Прийом-передача у режимі телефонії та ЦВВ  | JHS-32B  | 4             | 1.5                    | 3.5 x 2                    |
| 3.         | Суднова супутникова станція ІНМАРСАТ | Супутниковий зв'язок ІНМАРСАТ              | ТТ-3020B | 5.2           | 1.3<br>1.1<br>0,6<br>7 | 1.3<br>3.7<br>0,6<br>7     |
| 4.         | GPS                                  | Визначення координат                       | MX420/2  |               | 0,7                    | 0,7                        |
| 5.         | Приймач НАВТЕКС                      | Прийом повідомлень                         | NAV-5    |               | 0,4                    | 0,4                        |
| 6.         | Аварійне                             | Аварійне                                   |          |               |                        | 0.8                        |

|         |            |            |  |  |  |    |
|---------|------------|------------|--|--|--|----|
|         | освітлення | освітлення |  |  |  |    |
| Всього: |            |            |  |  |  | 42 |

Визначаємо споживний струм за формулою:

$$I_{CP} = 0,5 \cdot I_{TX} + I_{RX}; \quad (4.1)$$

Визначаємо потрібну ємність батареї за формулою:

$$t = C_{ak} / I_n, \quad (4.2)$$

де  $C_{ak}$  – ємність батареї;

$I_n$  – споживчий струм;

$t$  – час роботи.

Час роботи повинен бути не менше 1 години, тому ємність батареї повинна бути 50 Агод, якщо судно буде працювати при низьких температурах, тому візьмемо ємність в 2 рази більшу. Ємність резервного живлення буде 100 Агод. З'єднаємо дві аккумуляторні батареї на 12 В, ємністю 100 Агод, щоб отримати живлення в 24 вольт та забезпечити обладнання необхідними параметрами живлення.

## 5. ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1 Вимоги Міжнародної конвенції з охорони людського життя на морі 1974 р. (СОЛАС-74 / SOLAS) до експлуатаційної готовності, технічного обслуговування та перевірки рятувальних засобів та пристроїв.

Вимоги до суднових рятувальних засобів:

- а) Бути виготовленими з відповідного матеріалу;
- б) Зберігати працездатність в діапазоні температур повітря від  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $+65^{\circ}\text{C}$  і бути в робочому стані при температурі морської води від  $1^{\circ}\text{C}$  до  $+30^{\circ}\text{C}$ ;
- в) Бути стійкими до гниття, корозії і не повинні піддаватися надмірному впливу морської води, нафти або грибків;
- г) Не втрачати своїх якостей при впливі сонячних променів;
- д) Бути пофарбованими в помаранчевий колір;
- е) Мати смуги із світловідбиваючого матеріалу;
- ж) Мати чітко нанесене маркування, включаючи інформацію про схвалення і назву органу, який схвалив засіб, а також вказівки на будь-які експлуатаційні обмеження;
- з) Задовільно працювати в умовах хвилювання хвиль.

Місця збору та посадки в колективні рятувальні засоби, коридори, трапи і виходи, повинні мати достатнє освітлення від аварійного джерела електроенергії.

Залежно від призначення і довжини судна, вони забезпечуються рятувальними кругами в кількості від 2 до 30 шт. Конкретне число рятувальних кругів визначається вимогами Конвенції СОЛАС-74 та Кодексу ЛСА. Кількість рятувальних кругів залежить від довжини судна, на пасажирських судах їх може бути від 8 до 30, на вантажних - від 8 до 14 рятувальних кругів.

Рятувальні круги повинні відповідати основним вимогам. Круг повинен витримувати скидання з висоти 30 м, мати на кожній стороні не менше чотирьох смуг із світловідбиваючого матеріалу, мати плавучий рятувальний леєр діаметром 9,5 мм і довжиною не менше чотирьох зовнішніх діаметрів кола. Рятувальний леєр

повинен бути закріплен по периметру кола в чотирьох рівновіддалених один від одного місцях, утворюючи чотири однакові петлі. Комплект суднових рятувальних кругів з кожного борту повинен мати рятувальний лань довжиною, рівній подвійному відстані від місця установки кола до поверхні води, але не менше 30 м;

Рятувальні круги рівномірно розподіляють по бортах судна в легкодоступних місцях, в будь-який момент вони повинні бути готові до застосування. Два рятувальних кола з самозапалювальними вогнями і автоматично діючими димовими шашками розташовують на крилах ходового містка.

Число рятувальних жилетів має бути не менше числа людей, що знаходяться на судні. Крім того, на місцях несення вахти, а також в місцях віддалених від розташування рятувальних шлюпок і плотів повинні знаходитися додаткові рятувальні жилети, так як вахтовий складу по тривозі не може покинути свого місця. На пасажирських судах жилетів має бути на 5% більше загальної кількості людей на судні. Крім того, в рятувальне постачання судна додатково входять дитячі жилети - 10% числа пасажирів. Дитячі жилети мають менший розмір і напис "Для дітей". Рятувальний жилет повинен бути забезпечений свистком, вогнем з джерелом енергії, розрахованим на 8 годин безперервної роботи.

На судах застосовують костюми різних конструкцій. У маркуванні костюма вказується гарантований час теплозахисту: костюми ГТК-6 - при температурі води 0-2°C за 6 год температура тіла не повинна падати більш ніж на 2°C; ГТК-1 - при температурі води 5°C за 1 год температура тіла не повинна падати більш ніж на 2°C.

Рятувальні шлюпки повинні бути постійно готові до спуску і мати повний комплект постачання. Рятувальна шлюпка повинна безпечно спускатися на воду, навантажена повним комплектом людей і постачання, при крені судна до 20°, дифферента до 10° і швидкості судна на тихій воді до 5 вузлів. Міцність корпусу шлюпки повинна дозволити витримувати удар об борт судна зі швидкістю 3,5 м / с і скидання з висоти 3 м.

Кожний спусковий пристрій має бути влаштовано так, щоб забезпечувати безпечний спуск з судна рятувальних шлюпок і плотів, або чергових шлюпок з їх

повним спорядженням при дифференте до  $10^\circ$  і крені до  $20^\circ$  на будь-який борт. На нафтових танкерах, танкерах-хімовозах і газовозах, що мають кінцевий кут крену більш  $20^\circ$  спускові пристрої для рятувальної шлюпки на накреному борту судна повинні мати можливість спуску при кінцевому вугіллі крену.

Для підйому рятувальних шлюпок, плотів або чергових шлюпок передбачений ефективний ручний привід. Кожне спусковий пристрій повинен бути обладнаний гальмами, здатними зупиняти спуск рятувальних шлюпок, плотів або чергових шлюпок і надійно утримувати їх, коли вони навантажені повним комплектом людей і постачання.

Усі судна незалежно від району плавання забезпечуються лінеметательним пристроєм, що має по чотири ракети і лина (або дві ракети і два лини для судів обмеженого району плавання)

Лінеметательний пристрій повинен дозволяти метати лін на відстань не менше 230 м при спокійній погоді з такою точністю, щоб бічне відхилення від напрямку метання не перевищувало 10% відстані до цілі. При націлюванні лінемета треба повністю виключити потрапляння ракети в рятувальну шлюпку або пліт, так як це може призвести до травмування і навіть загибелі людей. У комплект лінеметательного пристрою входить інструкція по його використанню. Зберігається пристрій в ящику брызкозахищеної конструкції або в водонепроникненому приміщенні. З огляду на різні конструкції лінеметов, необхідно перед їх застосуванням детально ознайомитися з інструкцією. [15]

## 5.2 Правила техніки безпеки при експлуатації та ремонті судових котлів

До роботи в котельному відділенні (КО) допускаються особи, які досягли 18-річного віку, пройшли медичний огляд, і які мають свідоцтво на право обслуговувати парові котли. Під час вахти вони повинні носити спецодяг і безпечне взуття. Персонал котельного відділення зобов'язаний підтримувати чистоту і порядок. Настил КО повинен бути виконаний з рифлених сталевих листів, завжди міцно

закріплених, а все вирізи в них повинні бути закриті. Масло або мазут, пролиті на палубу, слід негайно прибрати. Технічну експлуатацію діючого котла необхідно здійснювати з дотриманням Правил технічної експлуатації та інструкцій заводу-виготовлювача. Підготовку котла до дії слід починати з огляду всіх елементів котла і камери згоряння, щоб переконатися у відсутності будь-яких ушкоджень.

Для видалення вибухонебезпечної газоповітряної суміші - топку потрібно вентилувати протягом не менше 3 хвилин.

При виведенні котла з дії для огляду і проведення робіт всередині нього необхідно надійно роз'єднати його, для чого слід поставити роз'єднувальні заглушки між фланцями всіх приєднаних до котла паропроводів і трубопроводів. Котел відкривають тільки під керівництвом відповідальної особи. Забороняється: затягувати гайки на елементах котлів і паропроводах під тиском; виконувати ремонтні роботи з ударами і свердлінням; відкривати люки і лази на котли, що не відключені від діючих котлів; проникати в котел, якщо на всіх трубах, що з'єднують його з іншими котлами, немає заглушок, замків, на роз'єднувальних клапанах; використовувати в пароводяному колекторі котла електричні лампи напругою вище 24В; працювати у внутрішньому просторі котла при температурі вище 50 ° С без попередньої вентиляції і без вахтового у люка котла, який спостерігає за тими, хто працює всередині. Всі ремонтні роботи слід проводити за участю і під керівництвом механіка, відповідального за стан котла. Котел заборонено вводити в дію, якщо виявлені: течі в колекторах, камерах або в трубах; відсутність або несправність хоча б одного запобіжного клапана, водовказівного приладу або манометра; несправність клапана нижнього продування, а так само якщо число заглушених труб перевищує 10% їх загального числа. Для запобігання від опіків і зменшення теплових втрат котла димоходи й паропроводи обов'язково ізолюють. Температура на поверхні ізоляції повинна бути не більше 60 ° С. Необхідно суворо стежити за щільністю паливних трубопроводів, арматури, насосів, містити льяла чистими і сухими, не допускати скупчень мазуту в топці і під насосами. Котельне відділення повинно бути обладнане протипожежними засобами.

При ремонті котла. Переконатися у відсутності ушкоджень манометрів, наявності на них пломб і відміток про терміни перевірки. Оглянути ізоляцію котла. Підготувати до дії вентилятори [15]

### 5.3 Системи виявлення та оповіщення про пожежу і їх технічне обслуговування.

Сигналізацією виявлення пожежі обладнуються житлові, службові, вантажні, виробничі приміщення, ліхтарні, малярні і т.д. Існує кілька видів суднових автоматичних систем виявлення пожежі: електричні, димосігнальні пневматичні, комбіновані.

До складу автоматичних систем входить наступні елементи: сповіщувачі (датчики), лінії передачі отриманого оповіщувачем імпульсу, станції прийому сигналів від сповіщувачів, джерела живлення (суднова електрична мережа, акумулятори, стиснене повітря від балонів в МО). Зазвичай автоматичні системи сигналізації отримують живлення від двох джерел.

Електрична пожежна сигналізація за способом включення сповіщувачів може бути променевою і шлейфною.

У першому випадку один або кілька сповіщувачів включаються в окрему пару дротів ( "Луч"), що відходять від станції прийому сигналів. При такому з'єднанні сповіщувачів місця пожежі виявляються за допомогою сигнальної номерної лампи, якій забезпечений кожен промінь.

У другому випадку пожежні сповіщувачі включені між собою послідовно в один загальний провід ( "Шлейф"). Номер сповіщувача визначається з перемикачів або кодових сповіщувачів, які посилають певну кількість імпульсів, відповідає коду, присвоєного даному сповіщувача. Приймачем сигналів на станції може служити телеграфний апарат Морзе.

Автоматичні системи виявлення пожежі включають основні та аварійні джерела живлення

Неавтоматичні димосигнальні пристрої виявлення пожежі бувають двох типів: оптичні та пристрої виявлення по запаху диму.

Сигнал про виникнення пожежі в приміщенні, що охороняється, подається на приймальну станцію за допомогою спеціального приладу або пристрою сповіщувача. Сповіщувачі можуть бути ручними і автоматичними.

Ручні сповіщувачі встановлюються в коридорах, виробничих приміщеннях, машинному і котельному відділеннях, відділення холодильних машин, на відкритих палубах. Корпус забарвлюється в червоний колір. Поруч з сповіщувачем кріпиться молоточок, щоб розбити скло і коротка командна напис, наприклад: "Розбий скло, натисни і відпусти кнопку!".

Максимальні температурні сповіщувачі реагують на величину температури повітря в приміщенні: при підвищенні температури до певного значення - заданого - вони перемикають (замикають) електричні контакти і тим самим виробляють сигнальний імпульс.

Диференціальні температурні сповіщувачі реагують на певну швидкість наростання температури. Якщо швидкість наростання температури більш ніж уставка на датчику то датчик виробляє імпульс, що надходить в коло сигналізації. При більш низьких швидкостях пульс не виробляється.

Диференціальні сповіщувачі встановлюються в приміщеннях з порівняно постійної або плавно мінливою температурою. Небезпечною вважається швидкість наростання температури в межах 5 - 10 град / хв.

Найбільш широко, використовуються диференціальні сповіщувачі.

Технічне обслуговування, випробування і перевірка виконуються на основі керівництва виробника [15]

#### 5.4 Вимоги до установок та обладнання для збирання, обробки і видалення стічних вод.

Система обробки стічних вод на судні може бути обладнана:

- а) Установкою для обробки стічних вод (фізико-хімічного, електрохімічного або біологічного типу), схваленої Регістром;
- б) Системою для подрібнення і знезараження стічних вод, схваленої Регістром;
- в) Збірними танками місткістю, достатньою для зберігання всіх стічних вод, що утворюються при експлуатації судна;
- г) Трубопроводом, виведеним назовні для скидання стічних вод в приймальне спорудження і оснащеним стандартними з'єднаннями міжнародного зразка.

Скидання з судна стічних вод на приймальні споруди повинно проводитися за спеціально призначеним для цієї мети трубопроводах і шлангах. Використовувати трубопроводи та шланги, призначені для перекачування інших рідин, забороняється.

При плаванні судна в районі, де скидання необроблених стічних вод допускається, запірний клапан на трубопроводі скидання за борт може бути встановлен в положення, при якому стічні води скидаються, минаючи збірний танк або установку для обробки. Система знезараження стічних вод в цьому районі може бути відключена.

Якщо на судні встановлено систему біологічного очищення стічних вод, то виводити її з роботи не рекомендується, так як припинення подачі стічних вод в установку призведе до загибелі мікроорганізмів, а введення установки на робочий режим вимагає тривалого часу.

До входу судна в район, де скидання необроблених стічних вод заборонено, необхідно: при відсутності на судні установки для обробки стічних вод, запірний клапан на трубопроводі скидання стічних вод за борт закрити й опломбувати. Факт опломбування та переходу на збірні танки необхідно зафіксувати в судовому журналі і засвідчити прізвищем і підписом особи, який провів опломбування; ввести в роботу установку для обробки стічних вод і її системи. Засоби автоматичного запуску і зупинка насосів, призначених для спорожнення збірних танків, повинні бути переведені на ручне управління.

Знезараження стічних вод обов'язково проводити при плаванні судна в районі моря, де скидання необроблених стічних вод забороняється.

При необхідності спорожнення збірного танка в районі, де скидання заборонено, капітан судна повинен запросити адміністрацію порту про надання йому плавучого збирача або можливості швартування до причалу, обладнаному колектором для прийому стічних вод. Якщо такої можливості немає, то судно всі накопичені на борту стічні води має скинути за межами 12-мильної зони

Здачу стічних вод на суда-збирачі або берегові приймальні споруди слід здійснювати судовими насосами, по можливості виключивши використання ежекторів.

Перед скиданням стічних вод з судна на приймальні споруди, особа, відповідальна за експлуатацію системи або проведення операції по скиданню, зобов'язана перевірити правильність положення запірної клапану, справність дистанційних засобів зупинки, відкачування насосів з місця спостереження за скиданням, стан шлангів, так як однієї з причин розливів є нещільність шлангових з'єднань і негерметичність шлангів.

Результати перевірки шлангів повинні бути зафіксовані в судовому журналі, а справність дистанційних засобів зупинки насосів - в машинному журналі. Запис засвідчується прізвищем і підписом перевіряючого.

Після скидання стічних вод в приймальні споруди, трубопроводи та судові шланги повинні бути промиті забортної водою зі скиданням її в берегової колектор або плавучий складальник.

На судні необхідно мати достатню кількість хімічних речовин, що застосовуються в установці для обробки стічних вод, а також запасних частин, необхідних для забезпечення надійної роботи установки.

Для забезпечення процесу обробки стічних вод в більшості установок застосовуються сильнодіючі хімічні речовини. При зберіганні і роботі з ними слід суворо керуватися інструкціями постачальників і правилами техніки безпеки, а також Інструкцією про застосування хімічних реагентів вітчизняного виробництва в роботі установок для обробки судових стічних вод.

Здача стічних вод на приймальні споруди і скидання цих вод за межами заборонених районів фіксується в журналі операцій зі стічними водами. [15]

## 5.5 Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

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

Газовий танкер «British Councillor» на стоянці в порту Панама (Панама) біля причалу № 4 під навантаженням. Отримано повідомлення про інцидент зрідження газу: внаслідок погіршення стану залізничної колії на території перевантажувального комплексу, аміак зійшов з рейок і пошкоджено три залізничні цистерни.

В результаті аварії стався розлив аміаку, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Кількість розливу СДОР - 110 т, характер розливу - «вільно».

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби - день, 9.00, температура повітря 20, швидкість вітру 0,5 м / с, вітер - зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії - 1,5 км. Характер місцевості - промислова забудова і територія порту.

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

### 5.5.2 Оцінка масштабів хімічного зараження території

Виконання розрахунків ведеться за допомогою формул і таблиць, наведених у Методиці прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту (Додаток 1 до «Методичних вказівок по виконанню розділу «Цивільний захист/оборона» дипломних проектів (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 ступінь вертикальної стійкості повітря — ізотермія.

Таблиця 5.1 - Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

| Швидкість<br>вітру, м/с | Час доби            |           |           |           |           |           |
|-------------------------|---------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                         | день                |           |           | ніч       |           |           |
|                         | Наявність хмарності |           |           |           |           |           |
|                         | відсутня            | середня   | суцільна  | відсутня  | середня   | суцільна  |
| 0,5                     | конвекція           | конвекція | ізотермія | інверсія  | інверсія  | ізотермія |
| 0,6-2,0                 | конвекція           | конвекція | ізотермія | інверсія  | інверсія  | ізотермія |
| 2,1 – 4,0               | конвекція           | ізотермія | ізотермія | ізотермія | ізотермія | ізотермія |
| > 4,0                   | ізотермія           | ізотермія | ізотермія | ізотермія | ізотермія | ізотермія |

б) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі, кількісні характеристики викиду СДОР для розрахунку масштабів зараження визначаються за його еквівалентними значеннями.

Розраховуємо еквівалентну кількість  $Q_{\Sigma 1}$  (т) аміаку в первинній хмарі:

$$Q_{\Sigma 1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,01 \cdot 0,04 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 110 = 0,01 \text{ т}, \quad (5.1)$$

де:  $K_1 = 0,01$  – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 5.2);

$K_3 = 0,04$  – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози аміаку (таблиця 5.2);

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

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

$Q_0 = 110$  – кількість аміаку, що розлився при аварії, т.

Таблиця 5.2 - Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

| Найменування СДОР | Щільність СДОР, т/м <sup>3</sup> | Температура кипіння, °С | Порогова токсодоза, мг·хв/л | Значення допоміжних коефіцієнтів |       |      |                                 |               |               |               |               |
|-------------------|----------------------------------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|-------|------|---------------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                   |                                  |                         |                             | K1                               | K2    | K3   | K7 для температури повітря (°С) |               |               |               |               |
|                   | Рідина                           |                         |                             |                                  |       |      | -40                             | -20           | 0             | 20            | 40            |
| Аміак             | 0,681                            | -33,4                   | 15                          | 0,01                             | 0,025 | 0,04 | <u>0</u><br>0,9                 | <u>1</u><br>1 | <u>1</u><br>1 | <u>1</u><br>1 | <u>1</u><br>1 |

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

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

Площа розливу  $S_p$  (м<sup>2</sup>) аміаку дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0/p}{H} = \frac{110/0.681}{0.05} = 3230.54 \text{ м}^2 \quad (5.2)$$

де:  $V_p$  – об'єм аміаку, що розлився, м<sup>3</sup>;

$Q_o = 110$  – кількість аміаку, що розлився при аварії, т.

$\rho = 0,681$  - щільність аміаку, т/м<sup>3</sup> (таблиця 6.2);

$h = 0,5$  – товщина шару при вільному розливі, м;

Таблиця 5.3 - Значення коефіцієнту  $K_4$  залежно від швидкості вітру

| Швидкість<br>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,<br>вид рослинності і забудови | Вертикальна стійкість повітря |           |          |
|--------------------------------------------------|-------------------------------|-----------|----------|
|                                                  | конвекція                     | ізотермія | інверсія |
| Міська (промислова) забудова                     | 0,2                           | 0,2       | 0,3      |
| Територія порту                                  | 0,2                           | 0,2       | 0,3      |

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.) аміаку:

$$T = \frac{h \cdot p}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7''} + \frac{1}{K_m \cdot V_n} = \frac{0.05 \cdot 0.681}{0.025 \cdot 1 \cdot 1} + \frac{1}{0.2 \cdot 6} = 2 \text{ год } 10 \text{ хв.}, \quad (5.3)$$

де:  $K_2 = 0,025$  – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей аміаку (таблиця 5.2);

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

$K_7'' = 1$  – 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 аміаку (таблиця 5.4);

$v_n = 6$  – швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря, км/год. (таблиця 5.5).

Таблиця 5.5 - Швидкість (км/год.) перенесення  $v_n$  переднього фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру

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

Розраховуємо еквівалентну кількість аміаку  $Q_{92}$  (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{92} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^H \cdot \left( \frac{Q_o}{h \cdot p} \right) = 0,99 \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 1 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot \frac{1 \cdot 110}{0,05 \cdot 0,681} = 0,73 \text{ т} \quad (5.4)$$

де:  $K_1 = 0,01$  – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 5.2);

$K_3 = 0,04$  – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози аміаку (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) хмарою СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті визначаємо за допомогою таблиці 5.6.

Для  $Q_{\Sigma 1} = 0,01$  т та швидкості вітру  $u = 0,5$  м/с визначаємо глибину зони зараження первинною хмарою аміаку:  $\Gamma_1 = 0,38$  км.

Для  $Q_{\Sigma 2} = 0,73$  т та швидкості вітру  $u = 0,5$  м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою аміаку:  $\Gamma_2 = 4.74$  км.

Таблиця 5.6 - Глибина (км) зони зараження

| Швидкість<br>вітру, м/с | Еквівалентна кількість СДОР, т |      |      |      |      |      |       |       |       |
|-------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
|                         | 0,01                           | 0,05 | 0,1  | 0,5  | 1    | 3    | 5     | 10    | 20    |
| 1 і менше               | 0,38                           | 0,85 | 1,25 | 3,16 | 4,75 | 9,18 | 12,53 | 19,20 | 29,56 |
| 2                       | 0,26                           | 0,59 | 0,84 | 1,92 | 2,84 | 5,35 | 7,20  | 10,83 | 16,44 |
| 3                       | 0,22                           | 0,48 | 0,68 | 1,53 | 2,17 | 3,99 | 5,34  | 7,96  | 11,94 |
| 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  |

Визначаємо повну глибину зони зараження  $\Gamma_{\Sigma}$  (км), що обумовлена дією первинної і вторинної хмари СДОР:

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma_2 + 0,5 \cdot \Gamma_1 = 4.74 + 0,5 \cdot 0.38 = 4.93 \text{ км} \quad (5.5)$$

де:  $\Gamma'$  - найбільший,  $\Gamma''$  - найменший з розмірів  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ .

Визначаємо гранично можливе значення глибини перенесення повітряних мас  $\Gamma_n$  (км):

$$\Gamma_n = N \cdot v_n = 1 \cdot 6 = 6 \text{ км}. \quad (5.6)$$

За остаточну розрахункову глибину зони зараження  $\Gamma$  (км) приймаємо менше з двох порівнюваних між собою значень  $\Gamma_{\Sigma}$  и  $\Gamma_n$ :

$$\Gamma = \min \begin{cases} \Gamma_{\Sigma} = 4.93 \text{ км.} \\ \Gamma_n \end{cases} \quad (5.6)$$

Визначаємо площу зони можливого зараження  $S_v$  (км<sup>2</sup>) хмарою аміаку:

$$S_v = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360 = 3.14 \cdot 4.93^2 \cdot 360 / 360 = 76.3 \text{ км}^2, \quad (5.7)$$

де:  $\Gamma = 4.93$  - розрахункова глибина зони зараження, км;

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

Визначаємо площу зони фактичного зараження  $S_f$  (км<sup>2</sup>):

$$S_f = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0.2} = 0.133 \cdot 4.93^2 \cdot 1^{0.2} = 3.2 \text{ км}^2 \quad (5.8)$$

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).

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<br>- 2 | $>2$ |
|------------------------------|------------|---------|------------|------|
| $\varphi$ , град             | 360        | 180     | 90         | 45   |

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

Територія можливого хімічного зараження умовно представляє собою коло, що має кутовий розмір  $\varphi = 360^\circ$  (таблиця 5.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження  $\Gamma = 4.93$  км. Центр кола співпадає з джерелом зараження - місцем розливу аміаку.

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

Таблиця 5.8 - Коефіцієнти  $\lambda$  і  $\psi$ , що залежать від швидкості вітру

| Коефіцієнти | Швидкість вітру ( $u$ ), м/с |       |       |       |       |       |       |       |
|-------------|------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|             | 1 і<br>менше                 | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 10    |
| $\lambda$   | 3,73                         | 2,31  | 1,80  | 1,52  | 1,34  | 1,20  | 1,11  | 0,92  |
| $\psi$      | 0,606                        | 0,580 | 0,563 | 0,551 | 0,542 | 0,537 | 0,531 | 0,515 |

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень  $\Gamma_t$  (км):

$$\Gamma_t = \lambda \cdot K_m \cdot \left( \frac{Q_3}{D_t} \right)^\psi = 3.73 \cdot 0.2 \cdot \left( \frac{0.74}{6} \right)^{0.606} = 0.20 \text{ км} \quad (5.9)$$

де:  $\lambda = 3,73$ ;  $\psi = 0,606$  – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 5.8);  
 $Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0.73 + 0.01 = 0.74$  – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

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

Розраховуємо глибину зони важких уражень  $\Gamma_{0.4t}$  (км):

$$\Gamma_{0.4t} = \lambda \cdot K_m \cdot \left( \frac{Q_3}{D_t \cdot 0.4} \right)^\psi = 3.73 \cdot 0.2 \cdot \left( \frac{0.74}{2.4} \right)^{0.606} = 0.36 \text{ км} \quad (5.10)$$

де:  $D \cdot 0.4_t = 0.4 \cdot D_t = 0.4 \cdot 6 = 2.4$  - значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Розраховуємо глибину зони уражень середньої важкості  $\Gamma_{0.2t}$  (км):

$$\Gamma_{0.2t} = \lambda \cdot K_m \cdot \left( \frac{Q_3}{D_t \cdot 0.2} \right)^\psi = 3.73 \cdot 0.2 \cdot \left( \frac{0.74}{1.2} \right)^{0.606} = 0.556 \text{ км} \quad (5.11)$$

де:  $D \cdot 0.2_t = 0.4 \cdot D_t = 0.4 \cdot 6 = 2.4$  - значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження  $\Gamma = 4.93$  км.

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

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

## ВИСНОВКИ

У дипломній роботі були розглянуті і проаналізовані питання автоматизації та устаткування електрообладнання і систем управління контейнеровоза «SeaLand Los Angeles» місткістю 2500 контейнерів.

В ході дипломної роботи було здійснено:

- аналіз вимог до механізму та електроприводу компресору рефрижираторної установки;
- розрахунок та вибір електродвигуна (призначеного для роботи з ПЧ);
- за каталогом компанії АВВ були вибрані відповідні двигун і перетворювач частоти, з опором на роботу у важких умовах;
- було обрано та обгрунтовано систему управління компресора рефрижираторної установки;

При виконанні дипломної роботи було розраховано суднову електроенергетичну систему, виконано розрахунок потужності СЕЕС у різних характерних режимах експлуатації судна, виконан аналіз найбільш раціональної структури СЕЕС та розроблено однолінійні схеми ГРЩ та АРЩ, розраховано струм короткого замикання на шинах ГРЩ та вибрано відповідні генераторні вимикачі, було обрано систему збудження виробника STROMBERG, розрахований провал напруги СЕЕС під час пуску найпотужнішого електродвигуна, підрулюючого пристрою; перевірено кабель найвіддаленішого електроприводу на провал напруги; вибір і опис системи дистанційного автоматизованого керування головною пропульсивною установкою та опис алгоритмів його роботи.

Було розглянуто принцип роботи системи управління головним двигуном. Описано технічні характеристики навігаційного обладнання та засобів зв'язку. Розраховано батареї для живлення апаратури ГМЗЛБ.

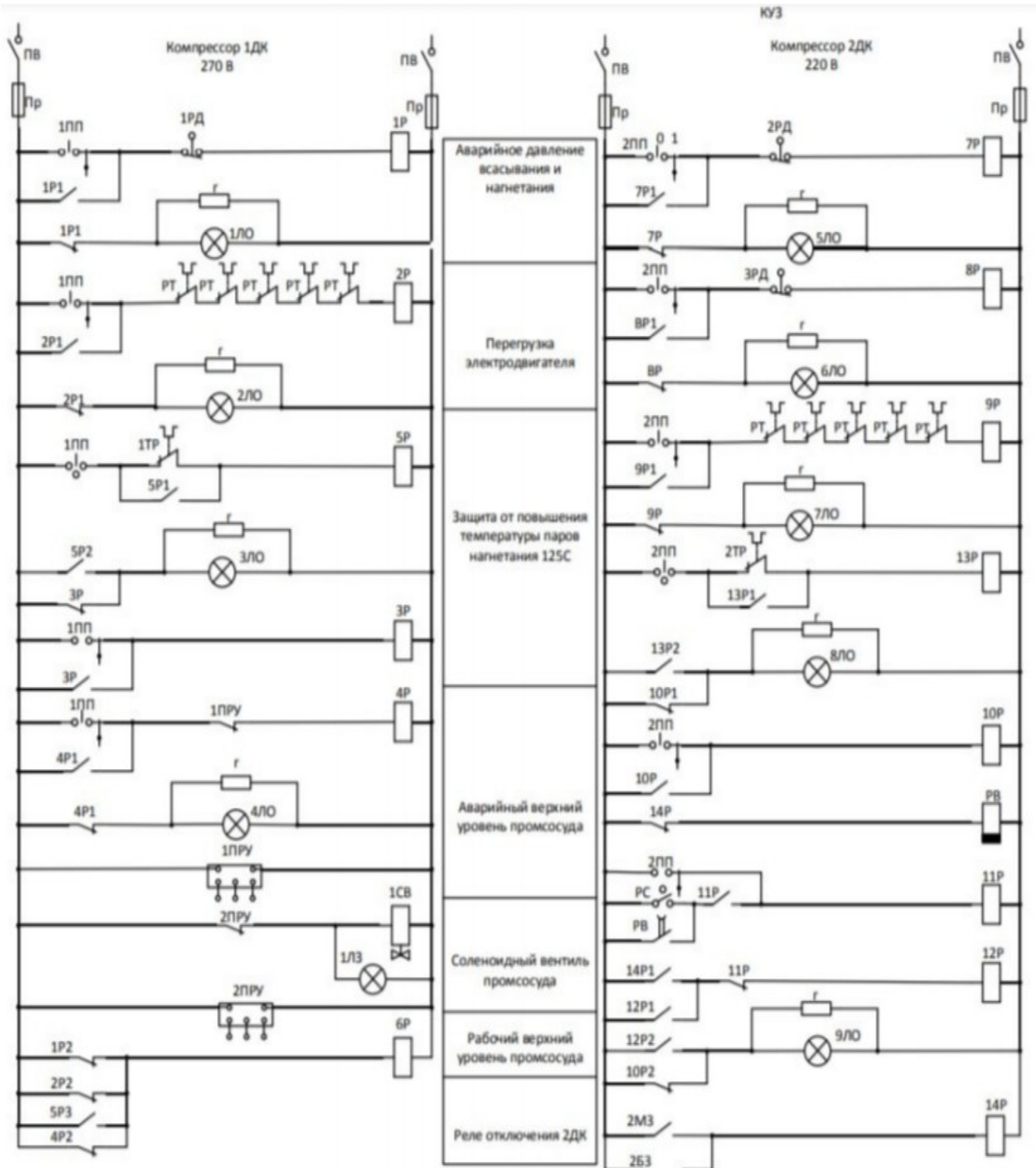
Також розглянуті питання цивільного захисту судна та охорони праці, безпеки життєдіяльності.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

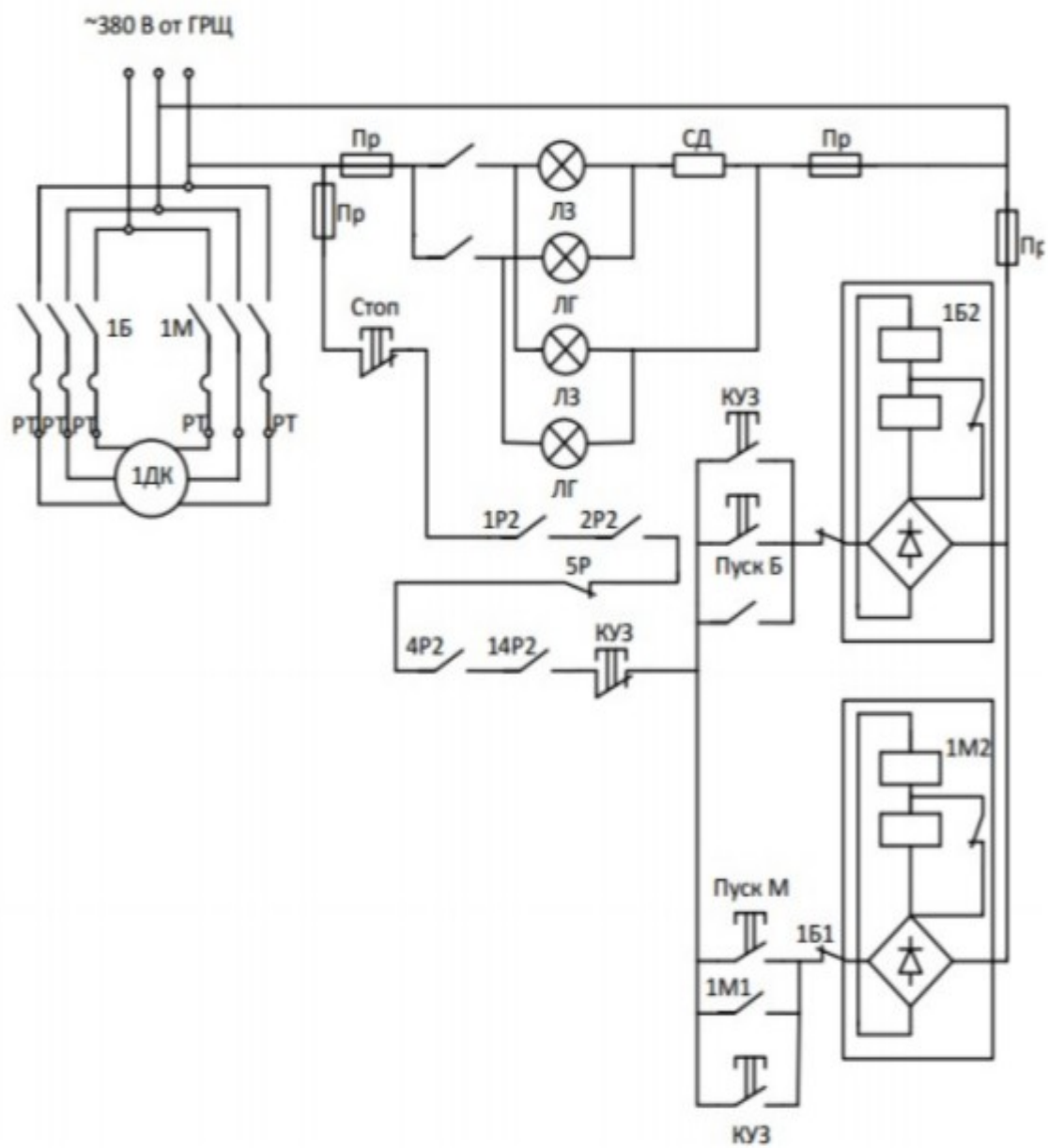
1. Container ship. Електронний ресурс:  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Container\\_ship](https://en.wikipedia.org/wiki/Container_ship)
2. Регістр судноплавства України. 2019 року. Том 1. Електронний ресурс:  
[http://www.shipregister.ua/books/Class2020\\_08.pdf](http://www.shipregister.ua/books/Class2020_08.pdf)
3. Регістр судноплавства України. 2019 року. Том 2. Електронний ресурс:  
[http://www.shipregister.ua/books/PCBSSt2\\_2020.pdf](http://www.shipregister.ua/books/PCBSSt2_2020.pdf)
4. Регістр судноплавства України. 2019 року. Том 3. Електронний ресурс:  
[http://www.shipregister.ua/books/PCBSSt3\\_2020.pdf](http://www.shipregister.ua/books/PCBSSt3_2020.pdf)
5. Регістр судноплавства України. 2019 року. Том 4. Електронний ресурс:  
[http://www.shipregister.ua/books/PCBSSt4\\_2020.pdf](http://www.shipregister.ua/books/PCBSSt4_2020.pdf)
6. FleetMon Company. Електронний ресурс:  
<https://www.fleetmon.com/>
7. Власенко А.А. Суднова електроавтоматика. М.: Транспорт, 1983.
8. SIEMENS Motors catalogue. Електронний ресурс:  
<http://www.com-sol.ru/katalog/elektrodivigateli/siemens/kat/h-comp.pdf>
9. Frequency drivers of Asea Brown Boveri company. Електронний ресурс:  
<https://scciclient.blob.core.windows.net/ecdccontrolscom/uploads/documents/manufacturers-pdf/abb-drives-overview-brochure-06-16-15-102.pdf>
10. Богословський. Суднові електроприводи. У двох томах.- Л.: Суднобудування, 1983. 730 с.
11. Савенко А. Е. Судові електроприводи. Керчь: “Друк”. 2019. 220 с.
12. Самонов Ф.А. Автоматизовані електроприводи і системи управління курсом судна. Одеса: Моряк, 1989. 39 с.
13. SOLAS-74. Електронний ресурс:  
[http://www.sur.ru/upload/legislation/Solas\\_74\\_file\\_5\\_37\\_4078.pdf](http://www.sur.ru/upload/legislation/Solas_74_file_5_37_4078.pdf)
14. Яковлев М. С. «Судові електроенергетичні системи». Л.: Суднобудування, 1987.

15. А.А. Толстов “Устройства і експлуатація судових синхронних генераторів”. Одеса: “Друк”, 2002. 166 с.
16. Коноваленко Л.К., Коноваленко А.В. Електротехнічна безпека на морському транспорті. Одеса: „Друк”, 2002. 172 с.
17. Захарченко В.М., Електрообладнання суден: електричні станції. Одеса, ОНМА, 2003. – 119 с.
18. Пипченко А.Н., Пономаренко В.В., Теплов Ю.И., Романенко А.В. «Електрооборудование, электронная аппаратура и системы управления», Одесса 1998р.
19. Торский В.Г., Позолотій Л.А. МКУБ у питаннях і відповідях.-Л.: Одеса, 1998.-134 с.
20. Lloyd’s Register Rulefinder 2005 – Version 9.4. SOLAS - International Convention for the Safety of Life at Sea. Електронний ресурс:  
[http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-I/IMO-Conventions%20\(copies\)/SOLAS.pdf](http://www.mar.ist.utl.pt/mventura/Projecto-Navios-I/IMO-Conventions%20(copies)/SOLAS.pdf)

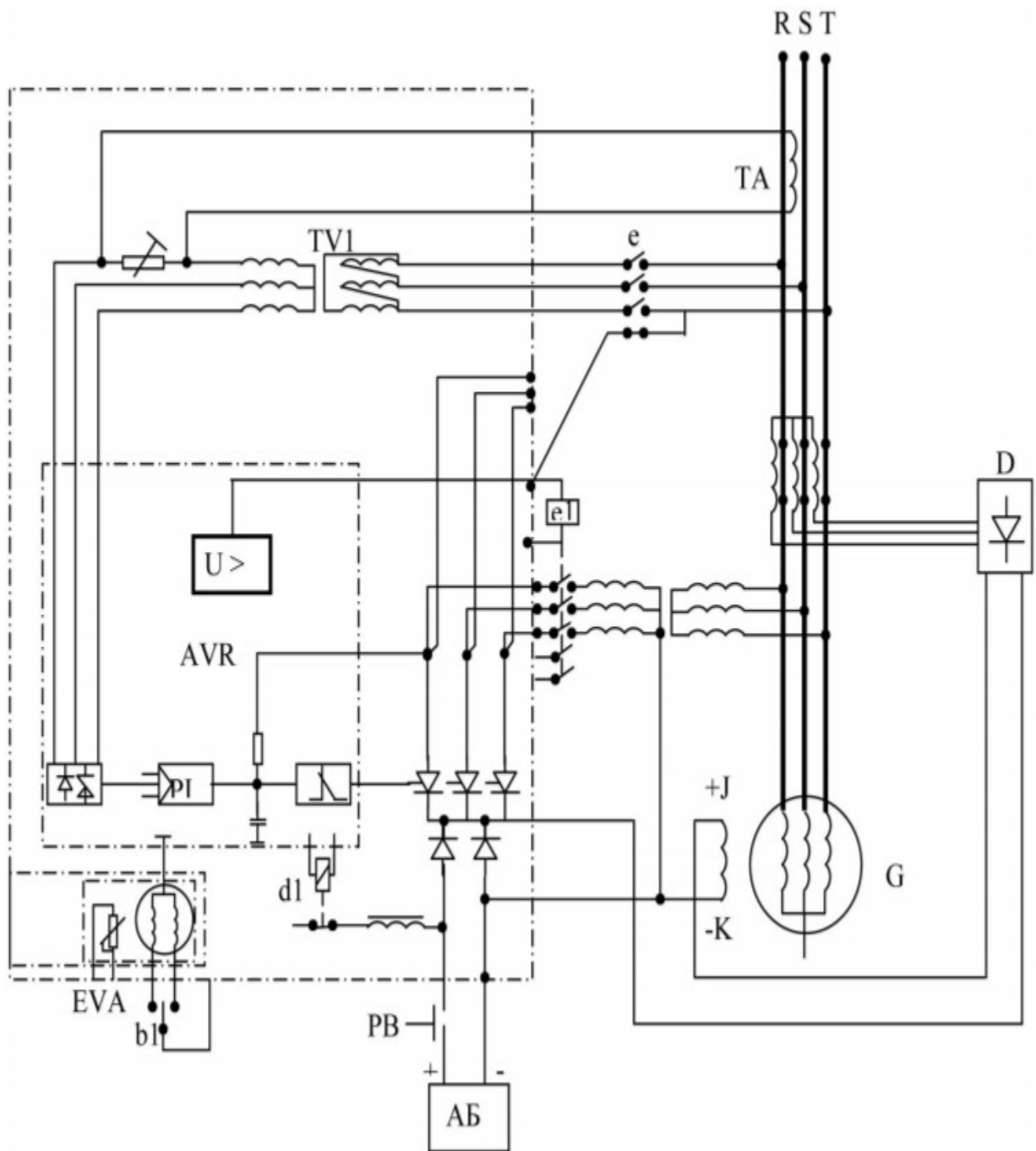
## Додаток А.1



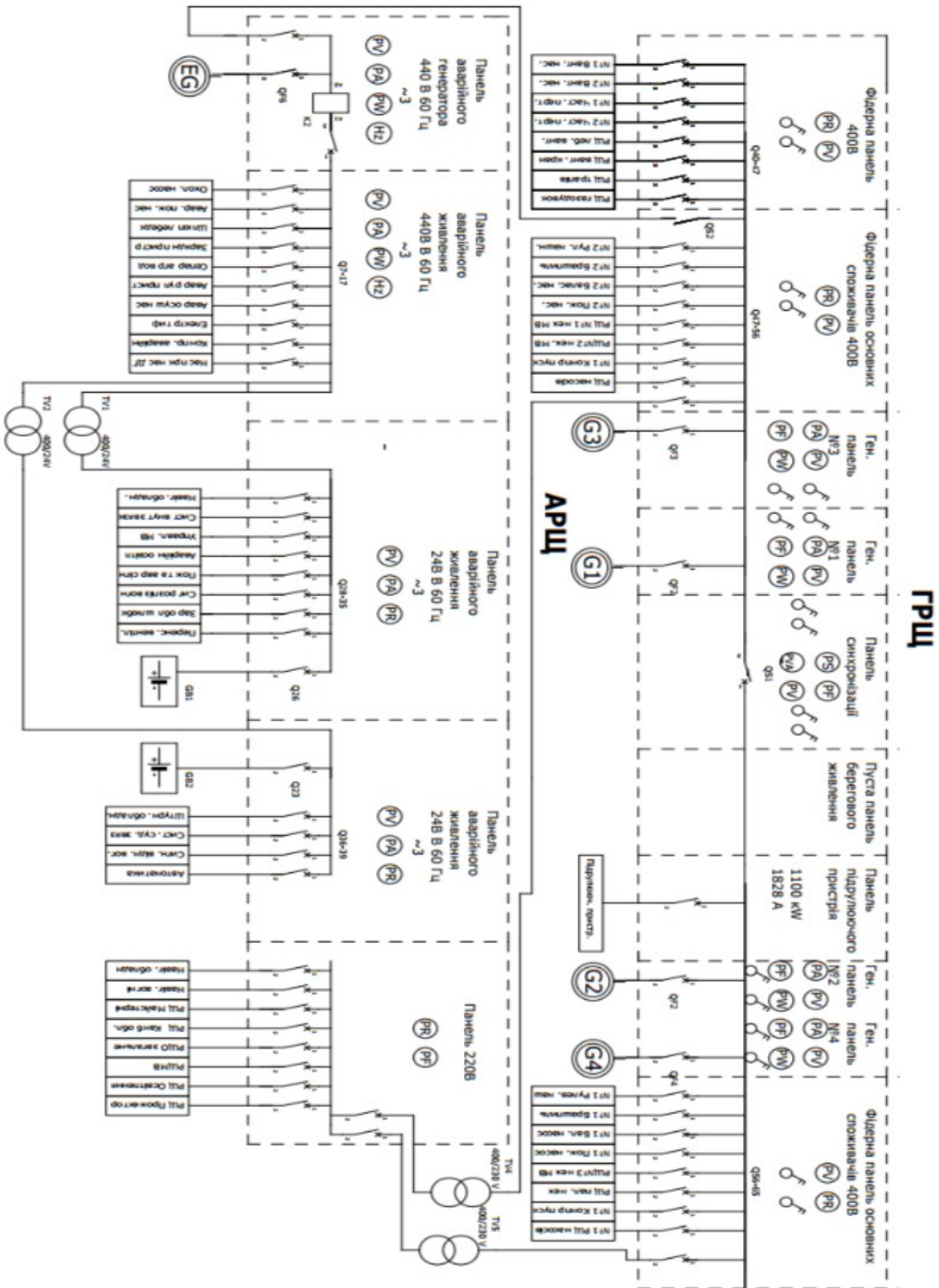
## Додаток А.2



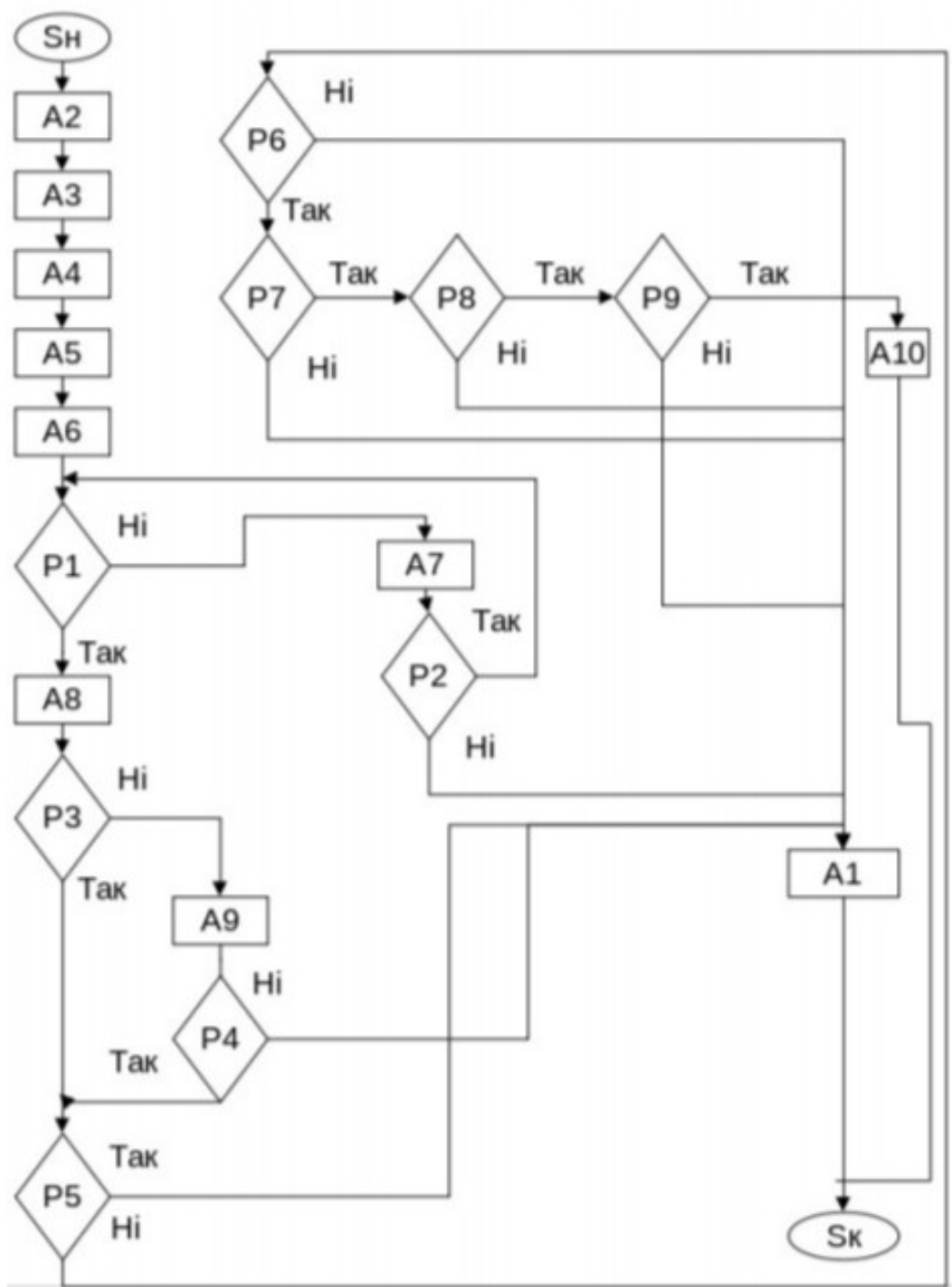
# Додаток В



## Додаток Г



Додаток Д.1



## Додаток Д.2

Sн — Початок роботи

A1 — потрібно вирішити несправність

A2 — установити двигун до локального контролю, за допомогою встановлення вимикача до положення “LOCAL”

A3 — Налаштуйте систему обслуговування палива

A4 — Налаштуйте допоміжну охолоджуючу систему пресної води

A5 – Встановить підігрівач водяної сорочки(простір між здвоєними стінками двигуна) до автоматичного режиму

A6 – Включіть підігрівач для двигуна генератора

P1, P2 — Чи рівень масла нормальний ?

A7 - Долити масло

A8 – Встановить вимикач попередньо замщувального насоса двигуна до автоматичного положення

P3 – Чи смазуючий тиск масла нарощується ?

A9 – Чекайте дві хвилини

P4 – Чи смазуючий тиск масла в нормі ?

P5 – Чи є попередження на локальній панелі управління про низькому смазуючому маслі ?

P6 – Чи є індикація індикатору “Готовий до старту” ?

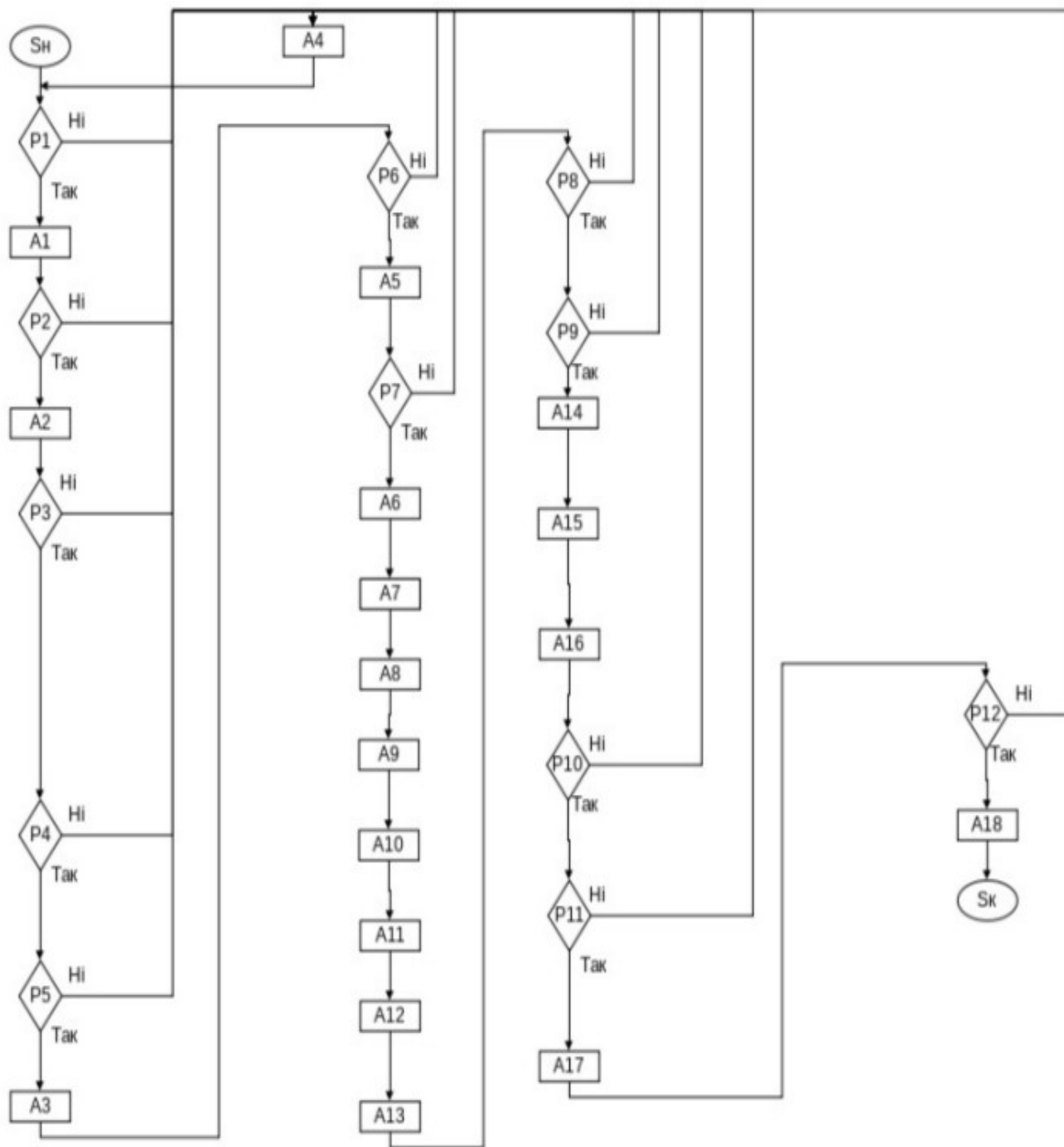
P7 – Чи рівень масла контроллеру палива в нормі ?

P8 – Чи тиск повітря в пусковому повітряному ресівері в нормі ?

P9 – Чи всі рукоятки керування паливним насосом можуть вільно рухатись на всю відстань і повертатися у вихідні положення зупинки при відпуску

A10 - Змініть двигун на дистанційну (автоматичну) роботу, натиснувши кнопку “REMOTE” на локальній панелі

# Додаток Е.1



## Додаток Е.2

- Sn – початок роботи
- P1 – запірні клапана в ресіверах пускового повітря,  
до запірного клапана основного автоматичного  
пускового повітря зачинен?
- A1 – зачинити клапани
- P2 – автоматичний пусковий та запірний вентиляційний  
клапан повітря відкриті?
- A2 – відкрити клапана
- P3 – рівень рідини в усіх баках в системі двигуна  
включаючи зливні баки для витоків в нормі ?
- P4 – Всі запірні клапани для охолоджуючої води  
двигуна та системи смазуючого масла в правильном  
положенні ?
- P5 – Клапан повітря відкрит?
- A3 – підготувати модуль кондиціювання палива.
- A4 – Виправити
- P6 – Насоси для циліндрів охолоджуючої води,  
смазуючого масла для підшипників, смазуючого  
масла для хрестовини та тиск в нормі та чи достаньо  
масла чи температура охолоджуючої води нагріта  
до 60 градусів чи смазуюче масло має температуру  
35 градусів?
- A5 – запустити насос для смазуючого масла турбонаддувача
- P7 – Всі системи вентиляції працюють коректно?
- A6 – Включити WECS-9250 та систему управління  
двигуном. Всі автоматичні вимикачі повинні бути  
закриті та зелені світлодіоди на всіх модулях управління  
циліндрами повинні бути підсвіченими.  
Жовті світлодіоди повинні мигати, показуючи,  
що CAN-BUS з'єднання в нормі. Три зелених  
світлодіода на електронній панелі повинні підсвітитися.
- A7 – включити WECS комп'ютер
- A8 – Подати живлення та управління повітрям для  
автоматичного масляного фільтра.
- A9 – Підготувати управляючу масляну систему
- A10 – Підготувати топливну систему та вентиляйте  
паливну рейку за допомогою функції в WECS комп'ютері
- A11 – За допомогою програми flexView відкрий та  
закрий вихлопні клапани, щоб переконатися,  
що клапани працюють.
- A12 – Відкрити клапан циліндра та зробити оберт  
головного двигуна, щоб переконатися, що всі  
механізми в робочому стані. Перевірити, якщо будь-яка вода  
чи масло чи паливо знаходиться на коронці поршня.  
Запустити смазуючу систему.
- A13 – Дістати поворотний механізм та закріпіть його в "OUT" позиції.  
Закрийте індикаторні клапана.
- P8 – Чи всі двері картера закриті?
- P9 – Чи тиск в пусковій системі ресівера в нормі ?
- A14 – Відкрити зливні клапани тиску в пусковій системі ресиверу,  
щоб видалити конденсат
- A15 – Закрити вентиляційні клапани пускової системи повітря та  
основні запірні клапани повітря для ресіверів пускового повітря.  
Встановити живлення повітря до автоматичного режиму
- A16 – Відкрити живлення управляючого повітря запіраючих клапанів.
- P10 – Допоміжні дуйки в автоматичному режимі?
- P11 – Після натискання кнопки аварійної зупинки тиск в топливній рейці падає ?
- A17 – Відкрийте клапан живлення повітря на короткий час та слухайте, чи клапан  
відкривається. Закрийте клапан.
- P12 – Чи получили дозвіл запустити двигун ?
- A18 – Зробіть один повний оберт двигуна. За допомогою кнопки "Повільне обертання"
- Sk - кінець