

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 балкеру водотоннажністю 46 000 тон»

Виконавець



Федорович Артем Сергійович

Керівник



А.О. Дранкова

Нормоконтроль

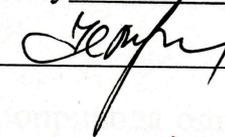


Ю.С. Шевцов

Допущений до захисту

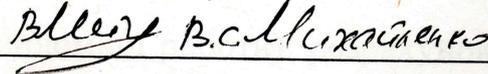
15.06.21

Завідувач кафедри



М.Й. Муха

Рецензент



м. Одеса
2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки

Кафедра електричної інженерії та електроніки

Спеціальність: Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕІ та Е


М.Й. Муха
« 01 » 04 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу бакалавра

ФЕДОРОВИЧ АРТЕМА СЕРГІЙОВИЧА

за темою:

1. «Електрообладнання, електронна апаратура і системи управління балкеру водотоннажністю 46 000 тон» затверджена наказом ректора університету від 03.06 2021р. № 750.
2. Термін здачі курсантом закінченої роботи до 11.06.2021 р.
3. Змістовна частина розділів дипломної роботи за напрямом підготовки 271 «Морський та річковий транспорт» зазначено нижче:
 - 3.1. Техніко-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна, головної енергетичної установки, допоміжних механізмів і систем.
 - 3.2. Розрахунок режимів роботи та вибір електропривода одного із суднових механізмів (за вибором керівника дипломної роботи): розрахунок та вибір електродвигуна; вибір схеми живлення та управління (можливо комплектний електропривод) на підставі знаку автоматизації судна; розрахунок та вибір комутаційно-захисної апаратури. *Графічна частина:*

Принципова схема силової частини електроприводу і принципова або функціональна схема системи управління.

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

3.8. Консультанти розділів роботи:

Розділ роботи	Консультант	Підпис і дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Цивільний захист та охорона судна	<i>Дранкова А.О.</i>	<i>Муралі</i>	<i>Муралі</i>
Охорона праці	<i>Дранкова А.О.</i>	<i>Муралі</i>	<i>Муралі</i>

4. Дата видачі завдання на роботу: 15.03.2021р.

Керівник роботи *Муралі* Дранкова А.О.

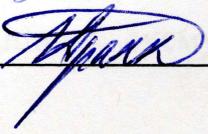
Завдання прийняв до виконання *Федорович* Федорович А.С.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Розрахунок режимів роботи електропривода підрулюючого пристрою. Вибір двигуна. Розрахунок статичних та динамічних характеристик приводу. Спосіб пуску двигуна. Розробка схеми живлення та управління (комплектний електропривод) на підставі знаку автоматизації судна.	15.03.2021 – 02.04.2021	Виконано
2.	Розрахунок суднової електроенергетичної системи (СЕЕС). Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції (табличний метод); вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ; вибір генераторних автоматів. Вибір системи збудження генераторів. Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії; перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги. Вибір засобів автоматизації СЕЕС, Розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, розробка алгоритмів управління СЕЕС.	03.04.2021 – 30.04.2021	Виконано
3.	Аналіз систем та пристроїв управління судном. Засоби автоматизації СЕЕС. Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю та сигналізації; технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв та радіозв'язку. Розробка структурної схеми суднової комп'ютерної мережі інформаційних та управляючих систем та засобу автоматизації.	01.05.2021 – 15.05.2021	Виконано

4.	Технологія та інструкція по експлуатації суднового електрообладнання і засобів автоматизації.	16.05.2021 – 27.05.2021	Виконано
5.	Цивільний захист та охорона судна	28.05.2021 – 04.06.2021	Виконано
6.	Охорона праці	07.06.2021 – 11.06.2021	Виконано

Дипломник  Федорович А.С.

Керівник  Дранкова А.О.

РЕФЕРАТ

Об'єм записки дипломної роботи (без додатків):

сторінок – 117, креслень – 5.

У дипломній роботі зроблено розрахунок електрообладнання, електронної апаратури та системи управління балкера дедвейтом 46000 тон. Наведені техніко-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна, головної енергетичної установки, допоміжних механізмів і систем.

Зроблено розрахунок режимів роботи та вибір електропривода вантажного крану. Розроблено принципову схему автоматизації електропривода на базі частотного перетворювача.

Виконано розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибрана кількість і тип агрегатів суднової електростанції (табличний метод розрахунку); вибрана раціональна структура СЕЕС та розроблена однолінійна схема ГРЩ та АРЩ; вибрані генераторні автомати; обрана системи збудження синхронних генераторів; зроблено розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії та перевірка кабеля одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги. Обрані засоби автоматизації СЕЕС, розроблена функціональна схема автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, проведено розробку алгоритмів управління СЕЕС для характерних режимів роботи.

Виконано аналіз систем керування судновою електроенергетичною установкою та суднових радіонавігаційних засобів.

Розглянуті питання технічної експлуатації суднового електрообладнання і засобів автоматизації, а також цивільного захисту та охорони судна.

Ключові слова: СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД, СУДНОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА, ГОЛОВНИЙ РОЗПОДІЛЬНИЙ ЩИТ, ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ

ANNOTATION

In diploma work the calculation of electrical equipment, electronic apparatus and control system of the bulk carrier by deadweight 46000 tons. A technical descriptions and structural features of ship, main power plant, ship's mechanisms and systems were resulted.

Made the calculation modes and choice of electric drive of cargo crane. Developed a concept and a block diagram of the control system of the electric drive.

The calculation of power of PMS is executed for the characteristic modes of ship operations, chosen amount and type of power-station generators (tabular method of calculation); the rational structure of PMS was chosen and the one line chart of MSB and ESB was developed; generator automats were chosen; select systems of excitation of synchronous generators and other electrical calculations were done. The PMS automation facilities were selected, the functional diagram of PMS was developed, the algorithms of PMS automation for ship's mode was development.

The analysis of PMS control system DEIF were executed.

The questions of technical exploitation of ship electrical equipment and automation facilities, and also civil defense and ship guard were considered.

Key words: SHIPS ELECTRICAL DRIVE, POWER MANAGEMENT SYSTEM, MAIN SWITCH BOARD, INTEGRATED CONTROL SYSTEM, MAINTENANCE

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АВ – Автоматичний вимикач
АДГ – Аварійний дизель-генератор
АКБ – Акумуляторні батареї
АКП – Автоматичний керуючий пристрій
АПС – Аварійно-попереджувальна сигналізація
АРЩ – Аварійний розподільний щит
АРН – Автоматичний регулятор напруги
АЦП – Аналого-цифровий перетворювач
АШЛ – Автоматизована швартовна лебідка
БВЧО – Блок виміру частоти обертання
ГД – Головний двигун
ГА – Генераторні агрегати
ГСА – Граф схема алгоритму
ГРЩ – Головний розподільний щит
ДАУ – Дистанційне автоматизоване управління
ДГ – Дизель-генератор
ЕУ – Енергетична установка
КЗ – Коротке замикання
ККД – Коефіцієнт корисної дії
КУ – Котельна установка
МВ – Машинне відділення
ПД – Привідний двигун
ПТЕ – Правила технічної експлуатації
РЩ – Розподільний щит
СЕУ – Суднова енергетична установка
СУ – Система управління
ТЕ – Технічна експлуатація
ЦПК – Центральний пост керування

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

РЕФЕРАТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ЗМІСТ.....	10
ВСТУП.....	12
1. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА.....	14
2. РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ (СЕЕС)	
2.1 Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції.....	16
2.2 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРІЦ та АРІЦ.....	21
2.3 Вибір генераторних автоматів.....	28
2.4 Система збудження генераторів	30
2.5 Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії.....	37
2.6 Перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги.....	38
2.7 Захист і управління електростанцією модулем РРМЗ	40
2.8 Однолінійні схеми автоматизації СЕЕС	53
3. РОЗРОБКА СУДНОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	
3.1 Судновий електрогідравлічний палубний кран Mitsubishi 30t x 24 m(R)	56
3.2 Розрахунок енергетичних характеристик суднового вантажного крана	57
3.3 Вибір двигуна та комутаційно-захисної апаратури	59
3.4 Особливості частото-регульованого кранового електроприводу та вибір перетворювача частоти	60
4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ БАЛКЕРОМ	
4.1 Система дистанційного управління ГД.....	70

4.2 Технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв та радіозв'язку.....	75
4.3 Технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем.....	80
5. РОЗРОБКА ІНСТРУКЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВОГО ВАНТАЖНОГО КРАНУ.....	85
6. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ	91
7. ОХОРОНА ПРАЦІ	102
ВИСНОВКИ.....	112
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	113
ДОДАТКИ	118

ВСТУП

Комплексна автоматизація суднових технічних засобів залежить від ступеня впровадження комп'ютерних технологій. Сучасні інформаційні технології відкривають перед розробниками суднових систем управління багато нових можливостей, а саме дозволяють застосовувати різноманітні технічні засоби збору, перетворення, передачі й відображення інформації.

Висока продуктивність мікроконтролерної техніки дає можливість використовувати на судні управляючі комп'ютерні мережі для обробки інформації про стан суднових об'єктів і управління складними системами. Такі управляючі комплекси забезпечують нормальне протікання технологічних процесів в керованих об'єктах, підтримують безаварійне та безпечне їх функціонування і дають можливість управляти рухом судна і всіма необхідними для цього технічними засобами без безпосередньої участі обслуговуючого персоналу.

Економія електроенергії визнана найважливішим напрямком енергетичної політики як у Європі так і в Україні. Особливе значення має використання раціональних способів керування технологічними процесами, які забезпечують мінімальне споживання електроенергії. Кардинальне поліпшення енергетичної ситуації шляхом рішення проблем енергозбереження зв'язано з ефективним з погляду високого рівня виробництва використанням електроенергії в перетвореному виді. На сьогодні удосконалювання технологічних процесів і комплексна механізація й автоматизація процесу вивантаження судна вимагають широкого впровадження регульованого електропривода. Більшість сучасних технологічних установок на морському транспорті оснащені електроприводом з асинхронними двигунами. Вони характеризуються простотою конструкції і обслуговування, високою економічністю та надійністю на відміну від синхронних двигунів. Переваги асинхронних короткозамкнутих двигунів очевидні, але великий пусковий струм (більш ніж $7 \cdot I_H$) перекреслює всі переваги. В початковий момент відбувається просів напруги електростанції, який приводить до збоїв

електроустаткування, підключених до мережі. Подібна "шокова терапія" не кращим чином впливає і на сам двигун. Тобто використання керованих електроприводів є конче необхідним, а удосконалення систем управління частотно-регульованими приводами є актуальною задачею. Хоча первинні витрати на систему управління досить великі, але вже з моменту першого запуску вони починають виправдовувати себе. По - перше значна економія електроенергії, а як слідство і палива. По-друге рекуперація енергії в суднову мережу забезпечує хороші енергетичні показники навіть у важких пуско-гальмівних режимах.

На сучасних суднах кількість споживачів електроенергії суднової електростанції безупинно збільшується, потужності споживачів ростуть, відповідно ростуть і потужності суднових електричних станцій. Відбувається підвищення рівня розвитку й удосконалювання електроустаткування суднових електростанцій у наступних напрямках:

- розширення застосування комплексної автоматизації суднових електростанцій та суднових систем;
- підвищення надійності та економічності електричних станцій шляхом розширення електрифікації та автоматизації суден;
- підвищення якості вироблюваної електричної енергії;
- удосконалення конструкцій машин, апаратури, приладів шляхом впровадження нових технологій.

Все це дозволить здійснити перехід до більш повного об'єму автоматизації управління суднової електроенергетичної установки судна та технологічних процесів вантажних комплексів і, як наслідок, до більшої ефективності використання обладнання.

1. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА

Архітектурно - конструктивний тип судна: 4-х палубне, балкер, із баком, надбудовою і машинним відділенням у кормі, із бульбоподібним носом і крейсерською кормою. Служить для перевезення насипних вантажів (зерно, цемент, гіпс і т.д.). Призначено для доставки вантажів в порти, де не передбачено причал з вивантажним комплексом (крани, тощо). Судно самостійно може виконувати вантажні операції завдяки вантажним кранам. Корпус судна зварний, спроектований за змішаною системою набору. На судні є каюти для розміщення 27 членів екіпажу.

Загальні характеристики:

Класифікація: Lloyd's Register +100A1, Bulk Carrier, Self-unloader, EPS, LI, IWS, pt HT steel, +LMC, UMS, EP

довжина найбільша: $L_{\text{нб}} = 198,6$ м;

ширина: $B=28,6$ м;

найбільша висота: $D = 37,23$ м;

осадка середня у вантажу: $d = 13,5$ м;

водозміщення у повному вантажу: $\Delta = 46250$ т;

дедвейт: $DW=37000$ т;

швидкість у повному вантажу: $V = 16,5$ вузла;

район плавання: необмежений;

автономність плавання – 23 доби;

якірний пристрій – 2 якоря Холла ($m=8300$ кг);

кількість трюмів: 4.

Енергетична установка

Головний двигун – дизель, марка: Hitachi B&W 6L67GFC.

Потужність: 8352 кВт.

Частота обертання вала: $n = 119$ об/хв..

Тип передачі на гребний вал: пряма.

Керування двигуном: із ходової рубки і ЦПУ.

Кількість гвинтів: 1.

Тип: гребний гвинт фіксованого шагу.

Кількість лопастів: 5.

Електроенергетична установка

Рід струму: змінний, 3 фази, 60 Гц.

Напруга силової мережі: 440 В.

Напруга мережі освітлення: 220 В.

Генератори – безщіткові, трифазні, синхронні.

Кількість генераторів: 3.

Тип генераторів: CM-Hyundai HFJ6 564-84E (2 x 1250 кВт) та

CM-Hyundai HFJ5 632-84E (1 x 938 кВт).

Коефіцієнт потужності 0,8.

Рульова машина

Тип: “Kawasaki RW-25”.

Обертаючий момент: 1850 кН.

Аварійне обладнання

Аварійний дизель – генератор: 175 кВт.

Аварійний пожежний насос: 92 м³/год.

Рятувальні пристрої судна складаються з двох моторних рятувальних шлюпок закритого типу місткістю по 20 осіб, розташованих з обох бортів з корпусом із пластика та трьох рятувальних плотів місткістю по 10 осіб, кожний і одного плоту на 6 чоловік, розташованого на носі.

На судні також встановлені установка для очищення і знезараження стічних вод, система кондиціонування, протипожежна система. Судно має два брашпиль, два якорі Холла, шість автоматичних швартовних лебідок, електрогідравлічну кермову машину і кермо напівбалансирного типу.

2. РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ (СЕЕС)

2.1 Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції

Для даного судна обираємо електростанцію змінного струму частотою 60 Гц з напругою силової мережі 440 В та напругою мережі освітлення 220 В.

Розрахунок потужності суднової електростанції виконуємо за допомогою табличного метода.

Одинична потужність рахується шляхом ділення потужності двигуна на його ККД. Далі розраховується сумарна установлена активна, реактивна та повна потужність електродвигуна згідно з формулами:

$$P_{CV} = P_{ДВ} \cdot n ;$$

$$Q_{CV} = P_{CV} \cdot \operatorname{tg} \varphi ;$$

$$S_{CV} = \sqrt{P_{CV}^2 + Q_{CV}^2} ,$$

де: P_{CV} – сумарна установлена активна потужність двигуна;

Q_{CV} – сумарна установлена реактивна потужність;

S_{CV} – сумарна повна потужність;

n – кількість однойменних споживачів.

Коефіцієнт завантаження механізму K_3 визначається на основі аналізу роботи споживачів, суднових пристроїв та судна в цілому. При цьому враховується характер операції, що виконує судно, інтенсивність роботи силової установки, швидкість судна, район та час плавання. Значення цього коефіцієнта для електродвигунів вентиляторів, насосів, компресорів та більшості інших механізмів МКВ змінюється від 0,8 до 0,9.

Визначення коефіцієнта одночасності K_0 складається в виявленні кількості резервних споживачів, що входять до загальної кількості споживачів установки. Якщо встановлено тільки два однакових споживача, один з яких використовується як резервний, то $K_0=0,5$ для цієї установки. Для багатокількісних однойменних споживачів (вентилятори, обладнання майстерень, вантажне обладнання) K_0 може

змінюватися від 0,7 до 0,8. Для знаходження значень ККД та коефіцієнта потужності режимів використовують універсальні криві залежностей $\eta = f(K_3)$ та $\cos \varphi = f(K_3)$ згідно з якими можливо встановити наступне: якщо K_3 змінюється від 0,6 до 1, то кожне зменшення K_3 на 0,1 призводить до зменшення ККД на 0,03, а $\cos \varphi$ на 0,04. Ця закономірність дозволяє відкоригувати значення ККД та коефіцієнта потужності у всіх режимах роботи судна для кожного механізму.

Далі, ураховуючи відкориговані значення ККД та коефіцієнта потужності рахується сумарна споживна потужність. Для цього використовуємо наступні формули:

$$P_{CC} = \frac{P_{СУ} \cdot K_O \cdot K_3 \cdot \eta_{реж} \cdot \cos \varphi_{реж}}{\eta_{ДВ} \cdot \cos \varphi_{ДВ}};$$

$$Q_{CC} = P_{CC} \cdot \operatorname{tg} \varphi_{реж};$$

$$S_{CC} = \sqrt{P_{CC}^2 + Q_{CC}^2},$$

де: P_{CC} – сумарна споживна активна потужність установки;

Q_{CC} – сумарна споживна реактивна потужність установки;

S_{CC} – сумарна повна потужність установки;

$\eta_{реж}$ – ККД режиму;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності режиму.

Таким чином заповнюється вся таблиця навантаження.

Треба відзначити, що в таблиці є дві категорії споживачів, що розрізняються за протягом часу включення на: безперервно працюючі (БП) та періодично працюючі (ПП). Періодично працюючі споживачі - це споживачі час роботи яких займає 15-70% від часу розглянутого режиму. Безперервно працюючі це такі, що працюють більш ніж 70% режиму. Епізодично працюючі споживачі (сумарний час роботи яких складає менш ніж 15% часу режиму) в цих таблицях не враховуються, тому що їх кількість та потужність складають лише кілька процентів від споживачів, що працюють в режимах БП та ПП.

Якщо споживач не працює в даному режимі, то в стовпці коефіцієнта загрузки для нього ставиться нуль.

Внизу таблиці приводять сумування активної, реактивної та повної потужностей усіх споживачів. Спочатку рахується сумарна потужність БП споживачів та ПП споживачів. Після цього необхідно порахувати сумарну потужність з урахуванням коефіцієнта одночасності, що враховує різницю графіків роботи споживачів електроенергії та можливість їх сумісної роботи в даному режимі, а також втрати у мережі. Цей коефіцієнт визначається по відношенню потужностей БП та ПП споживачів, а саме: якщо $P_{БП} > P_{ПП}$ то $K_p=1,0...0,8$; якщо $P_{БП} = P_{ПП}$ то $K_p=0,8...0,7$; якщо $P_{БП} < P_{ПП}$ то $K_p=0,7...0,6$. В нашому випадку $P_{БП} > P_{ПП}$, тому вибираємо $K_p=0,85$.

На останньому етапі отримують сумарну потужність що буде споживатися у даному режимі шляхом сумування потужностей БП та ПП споживачів із урахуванням коефіцієнта $K_{П}=1,05$, що враховує втрати потужності в мережі.

На цьому складення таблиці завершено. Таблиця навантажень по характерним режимам роботи судна наведена в Додатку А.

Потужність генераторів вибирають згідно з середнім коефіцієнтом потужності, що визначається відношенням сумарних активної та повної потужностей. У випадку, якщо $\cos\varphi_{ср} \geq 0,8$, то генератори треба обирати по активній потужності, в іншому випадку – по повній.

У випадку балкеру дедвейтом 37000 тон:

- у ходовому режимі $\cos\varphi_{ср} = \frac{P_{ср}}{S_{ср}} = \frac{572,5}{608,9} = 0,94$;
- у режимі, стоянки з вантажними операціями $\cos\varphi_{ср} = \frac{1443,7}{1641,0} = 0,88$;
- у режимі, стоянки без вантажних операцій $\cos\varphi_{ср} = \frac{429,6}{473,2} = 0,91$;
- у маневреному режимі $\cos\varphi_{ср} = \frac{1952,0}{2249,6} = 0,87$;
- у аварійному режимі $\cos\varphi_{ср} = \frac{152,8}{172,0} = 0,89$.

З цього виходить, що генератори необхідно вибирати по активній потужності.

При виборі генераторів необхідно користуватися наступними вимогами Регістра:

Частина XI. Електричне обладнання

Розділ 3. Основне джерело електричної енергії

«...3.1.1. На кожному судні повинен бути передбачений основне джерело електричної енергії потужністю, що забезпечує живлення всього необхідного електричного обладнання судна в умовах, вказаних в п. 3.1.4. Таке джерело повинне полягати, принаймні, з двох генераторів з незалежним приводом.

3.1.2. Кількість і потужність генераторів з незалежним приводом і електричних перетворювачів, що входять до складу основного джерела електричної енергії, повинні бути такими, щоб при виході з ладу будь-якого з них залишилися забезпечувати можливість:

1. живлення необхідного електричного обладнання в умовах, вказаних в 3.1.4, при одночасному забезпеченні нормальних умов населеності на судні;

2. підтримки або негайного відновлення живлення електричного обладнання, необхідного для забезпечення руху, керованості судна і його безпеки;

3. пуску наймогутнішого електродвигуна з найбільшим пусковим струмом. При цьому пуск двигуна не повинен викликати такого пониження напруги і частоти в мережі, яка може спричинити випадання з синхронізму, зупинку двигуна генератора, а також відключення працюючих машин і апаратів;

4. живлення споживачів, необхідних для запуску гребної установки при знеструмленому стані судна. Для цієї мети може бути використаний аварійне джерело електричної енергії, якщо його власна потужність або сумарна потужність з будь-яким іншим джерелом електричної енергії забезпечує одночасно живлення споживачів, вказаних в 9.3.1 - 9.3.3 або 19.1.2.1 - 19.1.2.3 (див. також 2.1.6 частини VII «Механічні установки»), для чого може бути передбачена їх паралельна робота.»

«3.1.4. Визначення складу і потужності генераторів основного джерела електричної енергії повинне проводитися з урахуванням наступних режимів роботи судна:

1. Ходового режиму;
2. Маневреному режиму;
3. Під час пожежі, пробоїни корпусу або інших умов, які впливають на безпеку плавання судна при роботі основного джерела електричної енергії;
4. Інших режимів відповідно до призначення судна.

3.1.5. Якщо основним джерелом електричної енергії є акумуляторні батареї, їх місткість повинна бути достатньою для забезпечення виконання вимог 3.1.2.1 протягом 8 ч без заряджання і повинна бути передбачена можливість зарядки акумуляторних батарей від джерела електричної енергії, встановленого на судні.

3.1.6. На судах обмеженого району плавання III (окрім пасажирських) з електричною гребною установкою малої потужності як основне джерело електричної енергії допускається встановлювати тільки один генератор з незалежним приводом або акумуляторні батареї...»

Виходячи з вищевикладеного обираємо наступні генератори :

Два безщіткових основних генератори фірми АВВ типу AMG 0400EE04, що мають такі параметри:

- потужність $P_H=1250$ кВт;
- напруга $U_H=440$ В;
- струм $I_H=2004,7$ А;
- частота $f_H=60$ Гц;
- частота обертання $n_H= 1800$ об/хв.;
- коефіцієнт потужності $\cos\varphi_H=0,8$;
- ККД $\eta_H=94,8\%$;

Один безщітковий основний генератор фірми АВВ типу AMG 0400EE04, що мають такі параметри:

- потужність $P_H=938$ кВт;

- напруга $U_H=440$ В;
- струм $I_H=1504,3$ А;
- частота $f_H=60$ Гц;
- частота обертання $n_H=1800$ об/хв.;
- коефіцієнт потужності $\cos\varphi_H=0,8$;
- ККД $\eta_H=94,34$ %;

Один безщітковий аварійний генератор AMG 0250DD04, що має такі параметри:

- потужність $P_H=175$ кВт;
- напруга $U_H=450$ В;
- струм $I_H=144$ А;
- частота $f_H=60$ Гц;
- частота обертання $n_H=2250$ об/хв.;
- коефіцієнт потужності $\cos\varphi_H=0,8$;
- ККД $\eta_H=92,7$ %.

2.2 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ

У відповідності з правилами Регістра до ГРЩ пред'являються такі вимоги:

1. Конструктивні. Всі судові РЩ повинні бути у виконанні, що забезпечує захист від доторку до струмоведучих частин з лицьової і бічної сторін. Комутаційна апаратура відкритими струмоведучими частинами повинна бути встановлена за щитом, а проводи виведені на лицьову сторону. ГРЩ повинний мати генераторні панелі для кожного генератора і, по можливості, для груп механізмів, освітлення, вентиляції. Конструкція РЩ повинна бути жорсткою, кожний прилад або устрій повинні встановлюватися так, щоб їхня заміна або ремонт могли бути здійснені з мінімальним розбиранням. Всі струмоведучі частини, шайби, болти, гайки повинні бути з матеріалу, що забезпечує надійний електричний контакт, що виключає виникнення корозії. На проводах

комутаційних апаратів, апаратури різноманітного призначення, повинні бути табличка з чіткими написами про положення приводу автомата або призначенні апаратури. На передній і задній стороні ГРЩ повинні бути поруччя з ізоляційного матеріалу;

2. Вимоги до схеми ГРЩ. Розташування апаратури на ГРЩ повинно забезпечувати зручність керування і контролю за приладами. На кожній панелі ГРЩ повинні встановлюватися амперметр, вольтметр із перемикачами на 3 фази, автоматичний трьохфазний вимикач максимального струму з розчіплювачем миттєвої дії і захистом від перевантаження з витримкою часу (не менш, ніж у 2-х фазах), частотомір, ватметр, апарат дистанційного керування приводом регулятора частоти, реле зворотного струму, реле нульового захисту. На ГРЩ, якщо передбачена рівнобіжна робота ГА, повинні бути встановлені устрої, що синхронізують. На ГРЩ і АРЩ повинна бути забезпечена можливість виміру розміру опору ізоляції. Для контролю за роботою відповідальних споживачів повинні бути встановлені амперметри. На ГРЩ або АРЩ або поблизу від них повинні бути укріплені їх принципові однолінійні схеми і схеми генерування і розподілу електроенергії. РЩ призначені для розподілу енергії між окремими групами споживачів. На них встановлюють або настановні автоматичні вимикачі, або пакетні вимикачі і плавкі запобіжники.

Від шин ГРЩ повинні одержувати живлення по окремих фідерах такі споживачі:

- 1) ЕП стернового приводу;
- 2) ЕП якірного пристрою;
- 3) ЕП пожежних насосів;
- 4) ЕП осушувальних насосів;
- 5) ЕП компресорів і насосів спринклерної системи;
- 6) гірокомпас;
- 7) РЩ холодильної установки вантажних трюмів;
- 8) секційний щит основного освітлення;
- 9) РЩ радіостанції;

- 10) РЩ навігаційних приладів;
- 11) РЩ живлення інших споживачів відповідального призначення, об'єднаних за принципом однорідності виконання функцій;
- 12) РЩ об'єднаних ПУ;
- 13) РЩ станції автоматичної сигналізації виявлення пожежі;
- 14) ЕП механізмів, що забезпечують ГД;
- 15) зарядний пристрій акумуляторних батарей;
- 16) РЩ живлення ЕП закриття водонепроникних дверей;
- 17) РЩ холодильної установки вуглекислотного гасіння.

На основі вищевказаних вимог до конструкції і схеми ГРЩ вибираємо таке число і вид панелей: 3 генераторні панелі, панель синхронізації, 5 фідерних панелей для насосів силового масла вантажної системи, 2 фідерні панелі споживачів 440В, 1 панель для споживачів 220 В.

Генераторні панелі (ГП) призначені для керування і контролю роботою генераторів. На цих панелях встановлені автоматичні повітряні трьохполюсні автомати для комутації головного струму. Автомати оснащені максимальними розчіплювачами струму для захисту від перевантаження, котушкою для дистанційного керування автоматом, реле зворотної потужності. Сигнальні лампи сигналізують про положення автомата генератора, вимірювальні трансформатори струму і напруги забезпечують роботу контрольно-вимірювальних приладів. На панелях встановлені кнопки регулювання приводом серводвигуна для керування частотою і навантаженням генераторів, амперметри з перемикачами на 3 положення для контролю фазних струмів, вольтметри, частотоміри з додатковими пристроями, ватметри для контролю навантаження генераторів, плата з запобіжниками для захисту контрольно-вимірювальної апаратури та апаратури керування. На цих панелях також встановлені рукоятки автомата "гасіння поля". На кожній генераторній панелі встановлені пристрої системи контролю та синхронізації генераторів SYNPOL D, що здійснюють контроль за навантаженням генераторів, типом цього навантаження (активним та реактивним) та управлінням збудженням генераторів. Також до функцій пристроїв цієї системи входить

автоматичний запуск, зупинка ДГ, вмикання (автоматична синхронізація) і вмикання генераторів на шини ГРЩ, а також розподіл навантаження між паралельно працюючими генераторами в залежності від збільшення або зменшення навантаження в судовій мережі.

Панель синхронізації призначена для керування і вмикання на рівнобіжну роботу генераторів або відключення якогось із них. На цій панелі встановлений секційний трьохполюсний автоматичний вимикач із захистами аналогічними генераторним. Також установлені: синхроскоп, кнопки керування і лампи синхронізації генераторів, вимірювальний трансформатор напруги для роботи контрольної апаратури, по два вольтметра, частотоміра і ватметра з перемикачами на 3 положення для контролю параметрів працюючих і що підключаються на рівнобіжну роботу генераторів. Також на цій панелі встановлений пристрій контролю рівня опору ізоляції для силової (440 В) мережі судна.

Фідерні панелі насосів силового масла гідравліки вантажної системи призначенні для живлення цих насосів та слідкування за їх навантаженням. Тут встановлені автоматичні вимикачі живлення насосів та амперметри з переключенням по трьом фазам.

Дві фідерні панелі споживачів 440 В мають окремі автоматичні вимикачі для знижувальних трансформаторів та споживачів, що живляться від ГРЩ по окремим фідерам, а також споживачів, що живляться від ГРЩ через місцеві РЩ.

Фідерна панель споживачів 220 В має автоматичні вимикачі через які живляться окремі щити мережі освітлення та радіонавігаційних приладів, що встановлені на місцях. На одній з цих панелей встановлений пристрій контролю рівня опору ізоляції для судової мережі 220 В.

Отже споживачі ГРЩ розподілені так:

Фідерна панель 440 В №1:

1. Насос прісної холодної води охолодження ГД №1.
2. Насос прісної теплої води охолодження ГД №1.
3. Насос охолодження забортної води №1.
4. Портовий насос охолодження забортної води.

5. Компресор пускового повітря №2.
6. Насос охолодження форсунок ГД №1.
7. Насос силового мастила стернової машини №2.
8. Брашпиль корми №1.
9. Брашпиль носу №1.
10. Осушувальний насос льяльних вод МКВ.
11. Пожежний насос.
12. Вентилятор МВ №1.
13. Насос силового мастила гідравліки ВРК №1.
14. Носовий підрулюючий пристрій.
15. РЩ №1:
 - 1) сепаратор мастила;
 - 2) сепаратор важкого палива №1 та №2;
 - 3) сепаратор легкого палива;
 - 4) автоматичний фільтр сепараторів важкого палива;
 - 5) вентилятор витяжний сепараторної.
16. РЩ №3:
 - 1) насос прісної води охолодження ДГ;
 - 2) насос охолодження прісною водою для системи охолодження;
 - 3) насос передпускової прокачки мастила ДГ;
 - 4) живильний насос гідравліки вантажної системи;
 - 5) живильний насос гідравліки ВРК.
17. РЩ №5:
 - 1) вентилятор системи інертного газу №1 та №2;
 - 2) насос забортної води системи інертного газу;
 - 3) паливні насоси системи інертного газу №1 та №2.
18. РЩ №7:
 - 1) бункеровочні крани;
 - 2) трапові лебідки №1 та №2.
19. РЩ №9:

- 1) вентилятор жилих приміщень №1 та №2;
- 2) вентилятор витяжний столової;
- 3) вентилятор пральні.
20. РЩ №13:
 - 1) вентилятор кондиціонера №1 та №2;
 - 2) компресор кондиціонера;
 - 3) вентилятор холодильника №1 та №2;
 - 4) компресор холодильної установки №1 та №2.
21. РЩ А – МСС (А) – електроприводи секції А вантажного комплексу загальною потужністю 924 кВт.

Фідерна панель 440 В №2:

1. Насос прісної холодної води охолодження ГД №2.
2. Насос прісної теплої води охолодження ГД №2.
3. Насос охолодження забортної води №2.
4. Щит паливних насосів (циркуляційні насоси палива ГД №1, №2, №3 та №4).
5. Насос прокачки смазочного масла ГД.
6. Насос охолодження форсунок ГД №2.
7. Насос забортної води системи піногасіння.
8. Насос подачі піни.
9. Брашпиль корми №2.
10. Брашпиль носу №2.
11. Вентилятор МВ №2.
12. Насос силового масла гідравліки ВРК №2.
13. РЩ №2:
 - 1) насос прокачки легкого палива;
 - 2) насос прокачки важкого палива;
 - 3) насос підкачки мастила;
 - 4) валлообертаючий пристрій.
14. РЩ №4:

- 1) циркуляційний насос котла №1 та №2;
- 2) циркуляційний насос утилізаційного котла;
- 3) живильний насос котла №1 та №2;
- 4) допоміжний живильний насос котла;
- 5) паливний насос котла №1 та №2;
- 6) вентилятор котла;
- 7) продув очний вентилятор котла.
15. РЩ №6:
 - 1) повітряний компресор №1 та №2;
 - 2) насос підкачки гідрофора №1 та №2;
 - 3) насос прокачки фікальних вод №1 та №2.
16. РЩ №8:
 - 1) вентилятор насосної №1 та №2;
 - 2) вентилятор носової насосної;
 - 3) вентилятор малярської;
 - 4) вентилятор кімнати підрулюючого пристрою.
17. РЩ №10 – обладнання майстерні.
18. РЩ №11 – обладнання камбуза.
19. РЩ В – МСС (В) електроприводи секції В вантажного комплексу загальною потужністю ($3 * 243\text{кВт} = 729\text{ кВт}$).

Фідерна панель 220 В:

1. Щ №1 – розподільний щит головної палуби.
2. Щ №2 – розподільний щит першої палуби.
3. Щ №3 – розподільний щит другої палуби.
4. Щ №4 – розподільний щит третьої палуби.
5. Щ №5 – розподільний щит містка.
6. Щ №6 – розподільний щит зовнішнього освітлення.
7. Щ №7 – розподільний щит сигналізації.
8. Щ №8 – щит електро-радіонавігаційного обладнання.
9. Щ №9 – щит гірокомпаса.

10. Щ №10 – щит навігаційних та сигнальних вогнів.

Аварійна фідерна панель 440 В:

1. Компресор пускового повітря №1.
2. Насос передпускової прокачки масла ДГ №1.
3. Осушувальний насос льяльних вод МКВ №1.
4. Аварійний пожежний насос.
5. Шлюпкова лебідка.
6. Насос силового масла стернової машини №1.

Аварійна фідерна панель 220 В:

1. Сигналізація.
2. Зовнішнє освітлення.
3. Електро-радіонавігаційне обладнання.
4. Аварійне освітлення.
5. Навігаційні та сигнальні вогні.

Однолінійна схема ГРЩ та АРЩ балкеру приведена в додатку Б.

2.3 Вибір генераторних автоматів

Для вибору кабелю, який з'єднує генератори 1250 кВт, 938 кВт трифазного змінного струму з ГРЩ, розрахунковий струм визначають за формулою:

$$I_{Г.Н.} = \frac{P_{Г.Н.} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{Г.Н.} \cdot \cos \varphi_H}$$

$$I_{Г.Н.} = 2004,7 \text{ А}(1250 \text{ кВт}); I_{Г.Н.} = 1504,3 \text{ А}(938 \text{ кВт}).$$

Принцип дії захистів генераторів від перевантажень і короткого замикання аналогічний принципу дії автоматичних вимикачів. При цьому рекомендується щоб засоби захисту генераторів від перевантажень спрацьовували із затримкою до 15 хв. для навантажень від 100-110% номінального струму і вимикали генератори з затримкою часу, яка відповідає термічній постійній часу генератора який необхідно захистити, у випадку перевантажень у межах від 110 до 150 % номінального струму. Рекомендується, щоб для уставки захисту на 150 %

номінального струму генератора затримка не перевищувала 2 хв. для генераторів змінного струму.

При навантаженні, яке перевищує 150 % номінального струму, відключення генератора повинне, за можливістю, проходити без затримки часу. Засоби захисту генераторів від струмів перевантаження і короткого замикання входять конструктивно до складу генераторних автоматів.

Повітряні автоматичні вимикачі для головних генераторів вибрані фірми Merlin Gerin (Schneider Electric) типу Masterpact NT, Masterpact NW

Приймаємо для даних генераторів з номінальним струмом 2004,7 А автоматичний вимикач фірми Merlin Gerin типу NW22, :

- з системою управління та захисту типа Micrologic 7H
- з номінальним струмом розщиплювача - 2200 А;
- граничною уставкою на струм – $(2-10) \times I_G$;
- гранично комутаційній здатності 440В(PEAK) - 45 кА;
- максимально комутаційною здатністю 440D(RMS) – 45кА.

Приймаємо для даних генераторів з номінальним струмом 1504,3 А автоматичний вимикач фірми Merlin Gerin типу NT16, :

- з системою управління та захисту типа Micrologic 7H
- з номінальним струмом розщиплювача - 1600 А;
- граничною уставкою на струм – $(2-10) \times I_G$;
- гранично комутаційній здатності 440В(PEAK) - 45 кА;
- максимально комутаційною здатністю 440D(RMS) – 45кА.

Для АДГ з номінальним струмом 287 А – автоматичний вимикач фірми Merlin Gerin типу NS400N

- з номінальним струмом розщиплювача - 300 А;
- межею уставки на струм – $(2-10) \times I_G$;
- гранично комутаційній здатністю 440В(PEAK) - 25 кА;
- максимально комутаційною здатністю 440D(RMS) – 25кА.

Обрану комутаційно-захисну апаратуру фірми Merlin Gerin для кожного споживача приведено у Додатку В.

Усі вибрані кабелі типу MPRXCX. Вони застосовуються для прокладки відповідно до стандарту IEC 60092-352 на борту суден у будь-яких приміщеннях нижче рівня палуби. MPRXCX рекомендується для використання у вузьких просторах. MPRXCX пройшов перевірку IEC 60332-3 при прокладці в пучках для категорії A і відповідає вимогам SOLAS. Всі використані матеріали не містять галогенів. Такий склад не виділяє їдкий і токсичний газ у разі пожежі. Тому цей кабель особливо підходить для балкерів.

2.4 Система збудження генераторів

2.4.1 Система збудження UNITROL1000-15

Для синхронних генераторів фірми АВВ обираємо систему збудження також фірми АВВ типу UNITROL1000-15, яка представляє собою автоматичний регулятор напруги для синхронних генераторів і синхронних двигунів. Використання найбільш сучасної мікропроцесорної технології в сполученні з напівпровідниковою IGBT-технологією (IGBT Insulated Gate Bipolar Transistor - біполярний транзистор з ізолюваним затвором) забезпечує широку сферу застосування даного пристрою. Зручна й проста у використанні панель пристрою призначена для керування UNITROL1000-15. Крім того, у комплект поставки входить програма PCTools, призначена для спрощення пусконаладжувальних робіт і оптимізації настроювань пристрою. UNITROL1000-15 відповідає вимогам міжнародних стандартів. Механічна конструкція характеризується компактністю й міцністю. Структурна схема UNITROL1000-15 представлена на рис. 2.1.

Електричні характеристики:

- оперативне живлення U_{AUX} ;
- максимальне споживання потужності 25 Вт;
- живлення силової частини U_{PWR} ;
- постійний струм, змінний струм, 40 ... 600 Гц;
- вихід струму збудження IM2;
- максимальний тривалий струм 15 А;
- зниження струму при температурі навколишнього середовища >50 °С 1 А /градус;

- перевантаження (макс. 10 с) 30 А пост. струм;

- перевантаження (макс. 4 хв) 20 А пост. струм.

Діапазон частоти вимірюваних напруг U_M і I_{M2} 10 ... 100 Гц.

Точність регулювання напруги $< 0.1\%$.

Випробна напруга:

- кола силової електроніки й оперативне живлення щодо корпусу 2 кВ на протязі 1 хв;

- вимірювальні входи напруги U_M , U_{NET} щодо корпусу 500 В на протязі 1 хв.

Стандарти, відповідність СЕ.

Електромагнітна сумісність: 89/336/ЕЕС

Загальний стандарт на випромінювання EN 50081-2 (IEC 61000-6-4).

Загальний стандарт на стійкість IEC/EN 61000-6-2.

Автоматичний регулятор напруги (АРН) типу UNITROL1000-15, призначений для синхронних генераторів і двигунів з електромашинним збудником.

АРН має вбудовані функції регулювання реактивної потужності, коефіцієнта потужності й струму порушення та характеризується широким діапазоном вхідної напруги й робочої частоти.

СМ (SM) = Синхронна Машина

В (E) = Збудник

ГПМ (PMG) = Генератор з постійними магнітами

Паралельне збудження (рис.2.2.) з:

- додатковим колом компаундування;

- автоматичним синхронізатором;

- можливістю переключення на резервний канал.

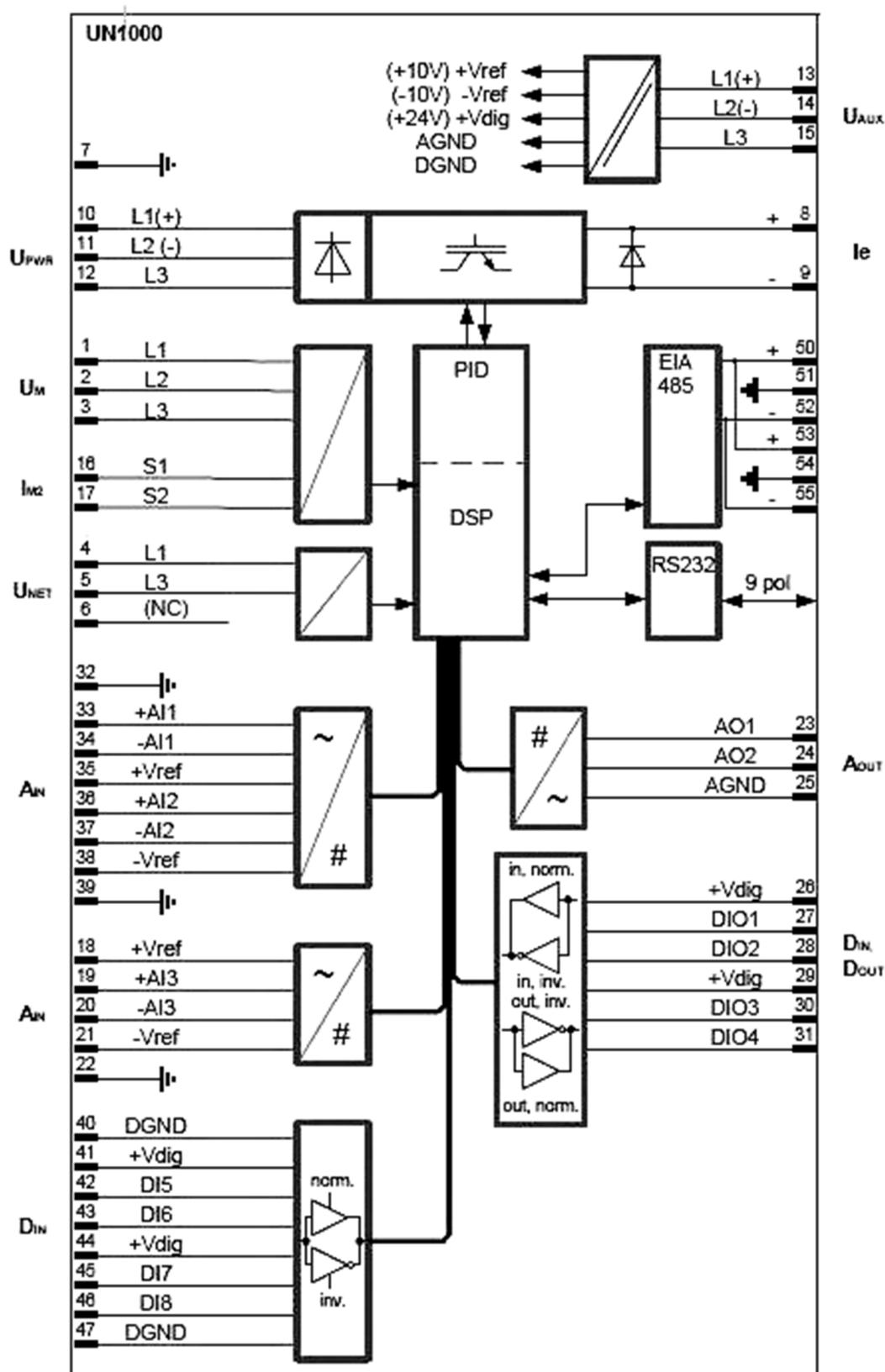


Рисунок 2.1 – Структурна схема UNITROL1000-15

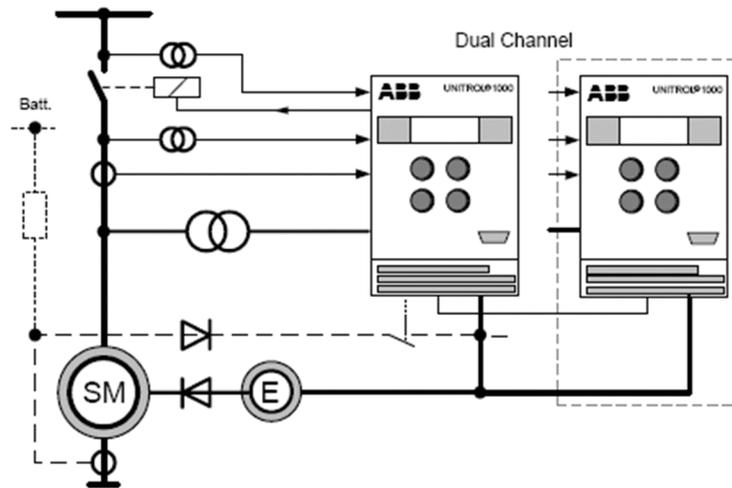


Рисунок 2.2 – Використання регулятора напруги для збудження генератора
 Пристрій поставляється в алюмінієвому корпусі (рис.2.3), бічні стінки якого виконують функцію охолоджуючих радіаторів. Клеми розташовані у два ряди й перебувають перед друкованими платами.

Силова частина виконана на IGBT- транзисторах.

Середнє значення вихідної напруги завжди позитивне.

Вихідний струм обмежується, що забезпечує захист виходу від КЗ.

Робочі клавiші, дисплей і роз'єм sub-D для інтерфейсу RS-232 розташовані на лицьовій панелі пристрою.

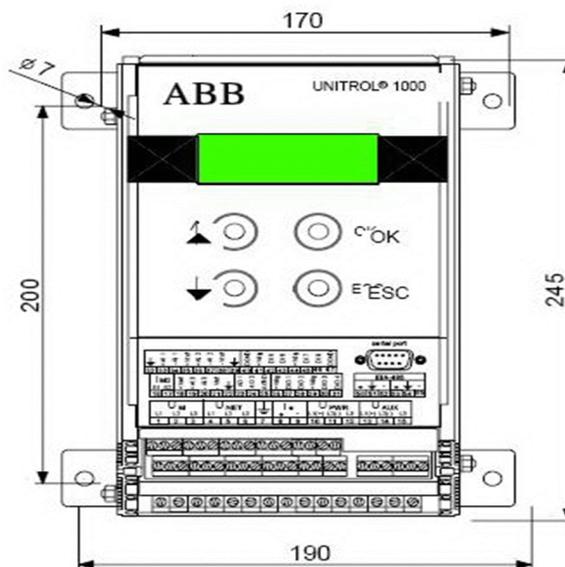


Рисунок 2.3 – Зовнішній вид пристрою

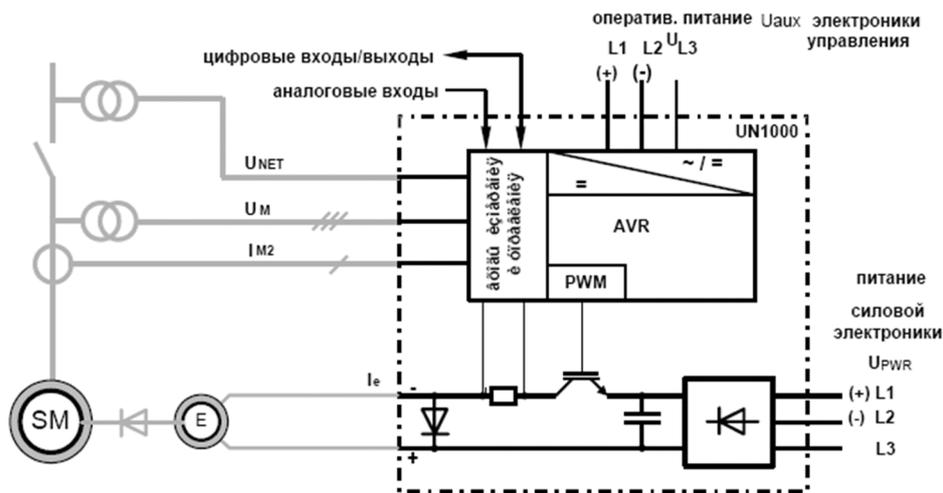


Рисунок 2.4 – Схема зовнішніх електричних підключень

2.4.2 Керування і налагодження UNITROL1000-15

Для керування і налагодження АРН використовуються чотири клавіші й чотириохрядковий РК дисплей, які розташовані на передній панелі пристрою (рис.2.5).

Повне налагодження АРН може відбуватися без використання додаткового обладнання за допомогою згаданих елементів керування, що дозволяють виконувати:

- конфігурування входів/виходів;
- встановлення значень параметрів;
- вивід на дисплей значень вимірюваних сигналів.

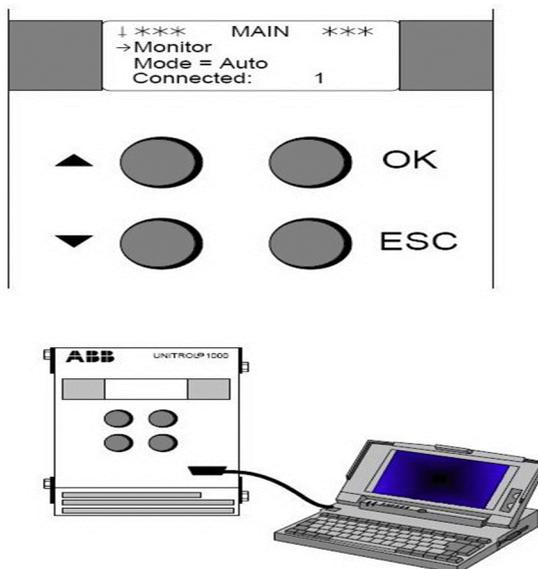


Рисунок 2.5 – Панель налагодження

Встановлення значень параметрів і оптимізація налагодження АРН можуть виконуватися за допомогою програми PCTools для Microsoft Windows.

Підключення персонального комп'ютера до АРН виконується за допомогою послідовного порту RS 232. Для цього на передній панелі пристрою встановлено 9-шпильковий роз'єм типу sub-D (вилка). PCTools дозволяє виконувати:

- конфігурування входів/виходів;
- встановлення значень параметрів;
- оптимізацію налагоджування регулятора (осцилограф, кругова діаграма);
- вивід на дисплей значень вимірюваних сигналів;
- завантаження й збереження файлу параметрів.

2.4.3 Програмне забезпечення

Автоматичне регулювання напруги. Регулювання напруги на клеммах статора синхронної машини. Примітка: Вимір струму для компенсації зниження напруги.

Ручне керування. Регулювання струму збудження синхронної машини.

Примітка: при ручному керуванні обмежники не задіяні.

Регулювання $\cos \phi$ або реактивної потужності.

Регулювання $\cos \phi$ або реактивної потужності синхронної машини.

Розімкнутий контур керування.

Ручне регулювання з фіксованим вихідним сигналом.

Примітка: у режимі розімкнутого контуру обмежники не задіяні.

Примітка: у пристрої реалізоване безударне перемикання між усіма режимами роботи.

Компенсація зниження напруги й вирівнювання реактивної потужності (КЗН). UNITROL1000 має функцію компенсації зниження напруги, що забезпечує вирівнювання реактивної потужності між паралельно включеними машинами. Для цього пристрої повинні бути з'єднані інтерфейсом RS-485 (рис. 2.6).

При паралельній роботі декількох синхронних машин на загальні шини кожний АРН функціонує із заданим статизмом по реактивній потужності. При цьому реактивна потужність кожної машини розраховується АРН і передається по

інтерфейсу RS-485 іншим пристроям. У результаті, кожний АРН, маючи дані по реактивній потужності кожної з машин у групі, розраховує середнє завдання з реактивної потужності й компенсує зниження напруги, викликане власним статизмом, що дозволяє підтримувати напругу на загальних шинах близьку до 100 %. Синхронізація (Sync) (рис. 2.7).

Замикання генераторного вимикача повинне відбуватися при дотриманні умов синхронізації. У протилежному випадку, можливе виникнення аварійних режимів у мережі, перевантаження або пошкодження генератора.

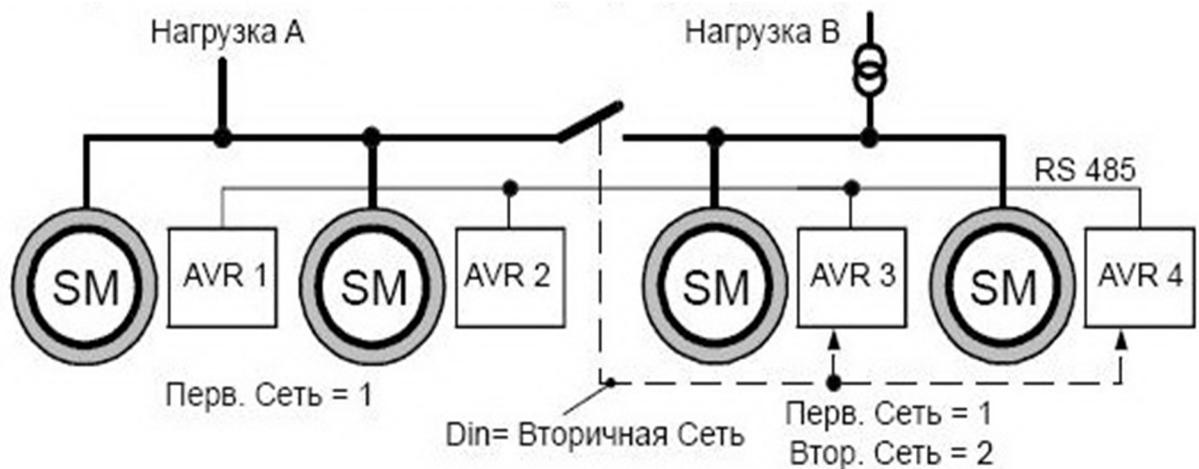


Рисунок 2.6 – Схема компенсації зниження напруги й вирівнювання реактивної потужності

Вимір:

На основі зміни напруги мережі й генератора (UNET і UM) визначаються:

- різниця амплітуд напруг;
- ковзання (різниця частот генератора й мережі);
- зсув фаз між напругами UNET і UM.

Підгонка напруги й частоти:

Функція підгонки напруги впливає на АРН, а функція підгонки частоти забезпечує подачу аналогового сигналу F_{bias} на регулятор швидкості первинного двигуна.

Команда на включення генераторного вимикача подається при додержанні всіх трьох умов синхронізації.

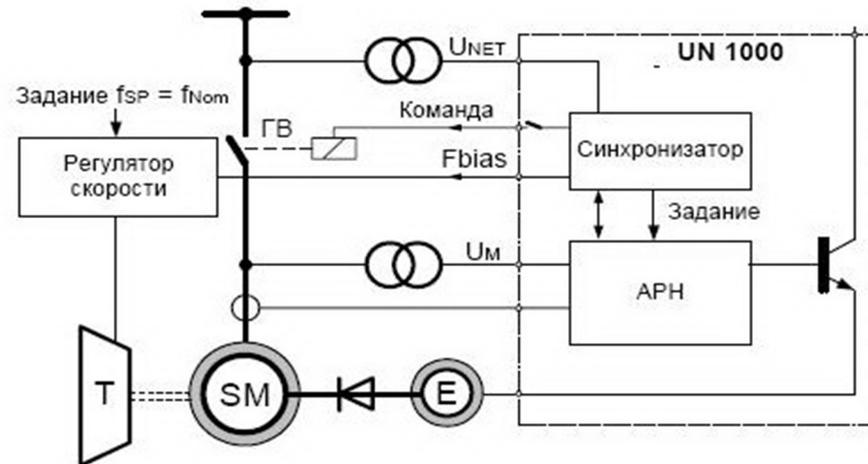


Рисунок 2.7 – Схема керування при синхронізації

Двуканальна система (рис. 2.8).

У випадку несправності каналу 1 керування передається резервному каналу 2, а несправний канал відключається. Перемикання на канал 1 може виконуватися або по спрацюванню сигналізації, або при подачі зовнішнього сигналу керування.



Рисунок 2.8 – Двуканальна система

2.5 Розрахунок провалу напруги при пуску найбільш потужного споживача електроенергії

Розрахунок провалу напруги зроблено з метою виявлення розміру провалу напруги під час пуску найбільш потужного асинхронного електродвигуна при роботі дизель генератора.

Як основне джерело електроенергії на судні прийняті три генератори трифазного струму, номінальною потужністю (2x1250 кВт; 1x938 кВт), при

напрузі 440 В, 60 Гц і коефіцієнті потужності 0,8 з автоматичним регулюванням напруги й системою самозбудження, з приводом від дизелів.

Як аварійне джерело електроенергії на судні прийнятий генератор трифазного струму, номінальною потужністю 190 кВт при напрузі 440 В, 60 Гц, при коефіцієнті потужності 0,8 з автоматичним регулюванням напруги й системою самозбудження, з приводом від дизеля.

Відповідно до таблиці навантаження суднової електростанції (Додаток Б), найбільш потужними споживачами, що одержують живлення від генераторів потужністю 1250 кВт є:

- електродвигун крану 2 x 243 кВт;
- носовий підрулюючий пристрій 1 x 900 кВт;
- баластний насос 210 кВт.

Розрахунок виконаний по ГСТ5Р.6181-81.

Розрахунок провалу напруги наведено у Додатку Г.

За результатами розрахунку провалу напруги для пуску електродвигунів кранового комплексу необхідно використовувати частото-регульований електропривод, тому що при прямому пуску провал напруги становить більше 18,7% . Пуск носового підрулюючого пристрою необхідно здійснювати завдяки використанню пристрою плавного запуску, тому що провал напруги становить 38,7 %. Баластний насос необхідно проектувати з використанням перетворювача електроенергії , тому що при прямому пуску провал напруги становить 21,8 %.

Згідно вимог Регістру провал напругу при прямих пусках потужних електроприводів повинен становити не більш 15%.

2.6 Перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги

Розрахунковий переріз фідера обрано по номінальному струму споживача й припустимому навантаженню на кабелі з урахуванням способу їхньої прокладки та умов роботи.

При цьому:

0,85 - коефіцієнт, що враховує прокладку кабелів у пучку більш шести;

0,7 - поправний коефіцієнт для трьохжильного кабелю;

0.91 - поправний коефіцієнт, що враховує температуру навколишнього середовища (50°C).

Наприклад, номінальний струм одножильного кабелю, перетином 16 мм^2 , ізолюваного етилен-пропіленовою гумою, дорівнює 90A . З огляду на поправні коефіцієнти (прокладка в приміщенні машинного відділення, у пучку), припустимий робочий струм кабелю дорівнюватиме $90 \times 0,7 \times 0,91 \times 0,85 = 48,7\text{A}$.

Для електропривода з $I_{\text{H}} = 61\text{A}$ необхідно прокласти паралельно два кабелі з перетином жили 10 мм^2 , сумарний струм яких складе 66A .

Перевірка на втрату напруги в % зроблена за формулами:

$$U = \frac{\sqrt{3}}{qU\gamma} IL \cdot \cos \varphi \times 100\% = 3,6\% \text{ - для трифазної мережі,}$$

$$U = \frac{2}{qU\gamma} IL \cdot \cos \varphi \times 100\% = 4,1\% \text{ для однофазної мережі,}$$

де: $I = 66\text{ A}$ - розрахунковий струм;

$$\cos \varphi = 0,8;$$

$L = 82\text{ м}$ - довжина кабелю;

$\gamma = 48\text{ м/Ом мм}^2$ - питома провідність струмопровідної жили кабелю при $t=65^{\circ}\text{C}$;

$U = 440\text{ В}$ - розрахункова напруга;

$q = 10\text{ мм}^2$ - перетин струмопровідної жили кабелю.

У щитах основного й аварійного освітлення виконано розрахунок найбільш завантажених і віддалених фідерів.

Припустимі струмові навантаження для кабелів обрані відповідно до вимог пункту 16.8 частини XI Правил РС із урахуванням температури навколишнього середовища 45°C і максимальної робочої припустимої температури жили 85°C .

Розрахунковий перетин кабелю фідерів живлення споживачів напругою 24В постійного струму обрано з урахуванням припустимих струмових навантажень на кабелі й перевірено за умовою припустимої величини спадання напруги.

Спадання напруги на ділянці фідера визначається як:

$$U_p = \frac{2IL}{JqU} \times 100\% = 0,08 \%,$$

де: $I = 66 \text{ А}$ - розрахунковий струм;

$L = 1,3 \text{ м}$ - довжина фідера;

$J = 48 \text{ м/Ом мм}^2$ - питома провідність;

$q = 10 \text{ мм}^2$ - перетин струмопровідної жили кабелю;

$U = 440 \text{ В}$ - розрахункова напруга.

2.7 Захист і управління електростанцією модулем РРМ3

Система захисту і управління потужністю електростанції (РРМ-3) – це стандартна система управління потужністю для застосування на судні (см. Додаток Д). Система здійснює функції управління, контролю та захисту генератора. Функції управління потужністю закладені у всіх генераторних блоках, тому кожен блок системи може бути керуючим блоком. Один з генераторних блоків визначається системою як «Керуючий блок». Цей блок здійснює функції запуску за пріоритетами, а також інші функції управління потужністю електростанції. У разі виходу з ладу керуючого блоку, всі функції управління потужністю електростанції передаються наступному доступному блоку.

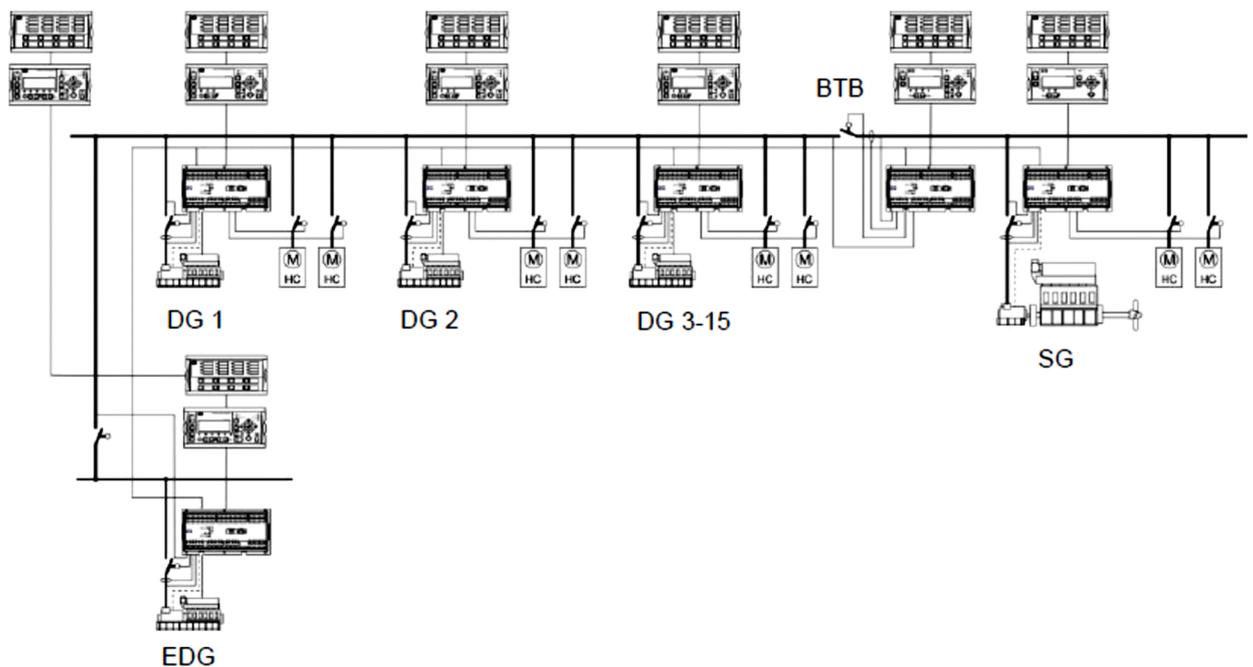


Рисунок 2.9 – Загальна структурна схема автоматизації СЕЕС

Комунікація між блоками здійснюється по внутрішній шині CAN. Ця CAN шина призначена тільки для пристроїв компанії DEIF і НЕ може бути підключена до інших зовнішніх систем з CAN-шиною.

Зовнішня комунікація з аварійно – попереджувальною системою може здійснюватися за допомогою наступних протоколів зв'язку:

- RS485 Modbus RTU
- Profibus DP
- Ethernet TCP/IP Modbus

Система PPM-3 може керувати:

- 1 - 16 DG (Блок дизель - генератора) (від 1 до 15 з блоком АДГ) CAN ID 1-16
- 0-1 EDG (Блок аварійного дизель - генератора) CAN ID 1-16
- 0-2 SG (Блок валогенератора) CAN ID 17-20
- 0-2 SHORE (Блок живлення з берега) CAN ID 17-20
- 0-8 BTB (Блок секційного вимикача) CAN ID 33-40.

Тут CAN ID – внутрішній ідентифікатор по шині CAN.

Опис функціонування PPM3

Розглянемо опис стандартних функцій, а також ілюстрації відповідних додатків. Блок – схеми і однолінійні схеми використовуються для полегшення розуміння інформації.

Стандартні функції. Далі наведені стандартні функції блоків.

Управління і робота

- Дизель – генератором (ДГ)
- Аварійним дизель – генератором (АДГ)
- Валогенератором
- Секційним вимикачем
- Розподіл навантаження між генераторами
- Переклад навантаження з валогенератора (живлення з берега) і назад
- Режим фіксованої потужності/базового навантаження генератора (асиметричний розподіл навантаження)

- Управління запуском потужних споживачів (фіксоване/змінне навантаження)

- Безпечний режим (резервування додаткової потужності)

Управління приводним двигуном

- Послідовності запуску/зупинки

- Управління котушкою запуску і зупинки

- Релейні виходи для керування регулятором обертів

Захисту (код ANSI)

- Перевантаження по струму, 4 уставки (51)

- Зворотна потужність, 2 уставки (32)

- Захист від підвищеного/зниженого напруги (27/59)

- Захист від підвищеної/пониженої частоти (81)

- Перевантаження по потужності (32)

- Несиметрія по струму (46)

- Несиметрія напруги (60)

- Втрата збудження/перезбудження (40)

- Багатоцільові входи (цифрові, 4-20mA, 0-40V DC, PT100, PT1000 or VDO)

- Дискретні входи.

Дисплейний блок

- Пристосований до віддаленої інсталяції

- Кнопки Пуск/Стоп на лицьовій панелі

- Кнопки керування вимикачем (вкл/викл) на лицьовій панелі

- Текстові інформаційні повідомлення

- Проста конфігурація логічних блоків

- Завдання різних вихідних даних

- Завдання різних команд

Управління електростанцією:

- Живлення від дизель - генераторів (до 16 генераторів)

- Живлення від валогенератора (до 2 валогенераторов)

- Живлення від берегового джерела
- Робота з розділеними шинами (до 8 секційних вимикачів)

Функції управління потужністю електростанції:

- Запуск ДГ при знеструмленні електростанції
- Запуск/зупинка ДГ в залежності від споживаної потужності
- Вибір пріоритету: вручну; за мотогодинами; по оптимізації витрати палива
- Безпечний стоп ДГ (клас несправності = Безпечний стоп)
- Безпечний режим (резервування додаткової потужності)
- Мінімальна кількість працюючих ДГ
- Максимальне кількість працюючих ДГ
- Відключення низько пріоритетного навантаження (другорядні споживачі)
- Вихід для зниження потужності (аналоговий або цифровий)
- Підключення потужних споживачів при певних умовах

Режими і послідовності блоку РРМЗ

Розглянемо різні режими роботи блоку в різних варіантах використання, а також відповідні цим режимам алгоритми роботи кожного блоку РРМЗ, включаючи опис блок – схем.

Блоки РРМ-3 можуть використовуватися для таких варіантів використання (див. таблицю):

Варіанти використання	Примітка
Кілька ДГ, управління потужністю електростанції	Стандарт
Управління АДГ в якості аварійного або стояночного ДГ	Стандарт
Режим фіксованої потужності /базове навантаження для ДГ	Стандарт
Переклад навантаження з валогенератора (живлення з берега) і назад	Стандарт
Робота з розділеними шинами	Стандарт

Якщо блок РРМ-3 знаходиться в режимі "Управління зі щита", всі вищенаведені режими роботи недоступні (блоковані), на дисплеї відображається повідомлення «SWBD control» (Управління зі щита).

Опис режиму роботи

Напівавтоматичний режим. В режимі НАПІВ-АВТО блок не виконує дії автоматично. Блок виконує якісь дії тільки за зовнішнім сигналам.

Зовнішні сигнали можуть бути наступними:

1. Кнопки на дисплейному блоці
2. Цифрові входи
3. Команди по шині ModBus

У стандартній комплектації РРМ-3 містить обмежену кількість цифрових входів. Для більш детальної інформації можна звертатися до розділу «Цифрові входи» в «Інструкції з установки».

В режимі НАПІВ-АВТО блок РРМ3 впливає на регулятор швидкості і регулятор напруги (AVR). Для регулювання напруги необхідно замовити опцію D. В режимі НАПІВ-АВТО можуть бути запущені наступні послідовності:

Команда	Опис	Примітка
Запуск	Послідовність запуску триває до тих пір, поки ДГ запуститься або будуть проведені всі спроби пуску. Частота (і напруга) будуть регулюватися, щоб підготувати включення вимикача	Тільки на блоці дизель - генератора
Стоп	ДГ буде зупинений після зникнення сигналу про роботу, стоп діятиме на час «розширеного часу зупинки». ДГ зупиняється після роботи на холостому ходу (Розхолодження дизеля)	Тільки на блоці дизель - генератора
Включення вимикача	Блок включить вимикач після синхронізації, якщо головні шини знаходяться під напругою	
Відключення вимикача	Блок розвантажить ДГ і відключить вимикач при навантаженні менше заданої, якщо у працюючих ДГ достатньо запасу потужності. Блок не відключить вимикач, якщо це призведе до знеструмлення шин щита	
Включення вимикача перемички	Блок включить вимикач перемички після синхронізації, коли вимикач АДГ замкнутий і головні шини знаходяться під напругою	Тільки на блоці АДГ
Відключення вимикача перемички	Блок розвантажить ДГ і відключить вимикач при навантаженні менше заданої, якщо АДГ підключений до шин. Блок не відключить вимикач, якщо це призведе до знеструмлення шин аварійного щита	Тільки на блоці АДГ

Автоматичний режим

Блок РРМЗ автоматично виконує команди від системи управління потужністю. Ніяких дій від оператора не потрібно.

Блок аварійного ДГ не бере участь у роботі функції запуску/зупинки по потужності або в управлінні пріоритетами. Кілька ДГ, управління потужністю електростанції.

Опис автоматичного режиму (АВТО)

Всі доступні блоки ДГ управляються системою управління електростанції (СУЕС), ДГ запускаються і зупиняються відповідно до заданих пріоритетів і залежно від поточного навантаження електростанції. У разі, якщо від працюючого генератора приходить сигнал про його несправності або аварії, СУЕС запускає наступний ДГ і підключає його на шини ГРЩ через синхронізацію до того моменту, коли працюючий генератор вийде з ладу (аварія «безпечний останов»). Якщо несправність ДГ вимагає його аварійної зупинки (миттєве відключення вимикача і зупинка ДГ), система запустить і підключить на шини через синхронізацію наступний генератор. У той же час, СУЭС відстежує навантаження генераторів. У разі їх перевантаження будуть відключені другорядні споживачі для підтримки напруги на шинах ГРЩ. Якщо в СУЭС надходить запит на запуск потужного споживача, система обчислює достатність потужності працюючих ДГ для цього запуску. Якщо ні, система запускає і підключає на шини додатковий генератор перед тим, як видати дозвіл на запуск потужного споживача. Функція зупинки на низькому навантаженні може бути заблокована як цифровим входом, так і за запитом на запуск потужного споживача. (Параметр 8025).

Опис напівавтоматичного режиму (НАПІВ-АВТО)

Всі доступні ДГ можуть бути запущені/зупинені /синхронізовані/ розвантажені натисканням відповідної кнопки на лицьовій панелі кожного блоку РРМЗ генератора. В режимі НАПІВ-АВТО функція запуску/зупинки в залежності від навантаження блокувана. СУЕС відстежує навантаження генераторів. У разі їх перевантаження будуть відключені другорядні споживачі для підтримки напруги на шинах ГРЩ. Якщо надходить запит на запуск потужного споживача, система

обчислює достатність потужності працюючих ДГ для цього запуску. Якщо ні, система не видає дозвіл на запуск потужного споживача.

Кілька ДГ, розподіл навантаження

Симетричний розподіл навантаження

Опис режимів АВТО і НАПІВ-АВТО

В обох випадках розподіл активного навантаження (і реактивного навантаження, опція D1) здійснюється по внутрішній шині (шинах) CAN. У блоці є два порти CAN шини для управління потужністю і розподілом навантажень. Якщо обрані обидві шини, лінії CAN будуть резервувати один одного. Розподіл навантаження здійснюється в процентному співвідношенні, тому генератори різної потужності будуть навантажені однаково.

Несиметричний розподіл навантаження (Базове навантаження). Будь-який блок ДГ може працювати в режимі базового навантаження (параметр 2952). Це задається з дисплея блоку, з допомогою М-логіки, або через цифровий вхід. Якщо блок працює в режимі базового навантаження, на екрані відображається повідомлення FIXED POWER (фіксована потужність). Значення фіксованої потужності задається параметром 2951.

Блок ДГ, обраний базовим, автоматично переводиться в режим НАПІВ-АВТО. Тільки один ДГ може бути базовим на одних шинах.

Якщо генератор працює в якості базового і загальне навантаження зменшилося до значення, близького до значення фіксованої потужності, система зменшить уставку по фіксованій потужності. Це робиться, щоб уникнути проблем з регулюванням частоти, оскільки генератор, що працює в якості базового, не бере участь у регулюванні частоти. Коли вимикач генератора буде включений, потужність ДГ буде збільшена до значення уставки за фіксованою потужності. Якщо обрана функція автоматичного регулювання напруги (опція D1), уставка буде з налаштованим коефіцієнтом потужності.

Управління аварійним генератором

Блокування аварійного відключення (Shutdown override). У разі, якщо вимикач перемички (ВП) між аварійними і головними шинами відключений

(внутрішній статус), всі аварійні сигнали на блоці АДГ автоматично стають «Попередженнями» (змінюється клас аварії). Виняток становлять сигнали з класом аварії «Коротке замикання», аварія «Перевищення обертів» і цифровий вхід «Аварійний стоп». Якщо вимикач перемички замкнутий, аварійний ДГ розглядається як звичайний ДГ і функція блокування аварійного відключення не активна.

Функція знеструмлення (Blackout)

Знеструмлення визначається наступними умовами:

- Вимикач перемички ВИМК. (ВП між аварійними і головними шинами)
- Немає напруги на шинах
- Вимикач генератора ВИМК.

У разі знеструмлення головних шин (ГРЩ), вимикач перемички (ВП) буде відключений своїм мінімальним розчіплювачем, додатково блок РРМ-3-АДГ подасть команду на відключення ВП. Через 15 секунд (заводська настройка, регулюється від 0 до 60 сек.) запуститься аварійний ДГ і включиться вимикач генератора на знеструмлені шини як тільки напруга/частота будуть в нормі. Функція знеструмлення активна в режимі АВТО і НАПІВ-АВТО.

Якщо знеструмлення сталося в режимі ТЕСТ, блок РРМ-3-АДГ автоматично завершить режим тестування і запустить послідовність запуску по знеструмленню.

Опис режиму АВТО. Після відновлення напруги на шинах ГРЩ, ВП включається через синхронізацію, потім розвантажується АДГ і відключається вимикач генератора, після часу розхолодження АДГ зупиняється.

Опис режиму НАПІВ-АВТО. Після відновлення напруги на шинах ГРЩ, оператор може включити ВП через синхронізацію, натиснувши кнопку ВКЛ. ВП на лицьовій панелі блоку РРМ-3-АДГ. Тепер оператор може відключити вимикач генератора (включаючи розвантаження АДГ), натиснувши на кнопку ВИМКНУТИ ВГ на лицьовій панелі блоку. Натисканням кнопки СТОП запускається таймер часу охолодження ДГ, повторне натискання на кнопку перериває таймер і зупиняє дизель.

Аварійний генератор в якості стояночного генератора

Опис режиму АВТО. Функція стояночного генератора недоступна у режимі АВТО, тільки в НАПІВ-АВТО.

Опис режиму НАПІВ-АВТО. Стояночний режим означає, що АДГ може працювати на шини ГРЩ. Ця функція використовується для економії палива під час стоянки судна біля причалу, оскільки АДГ менше за розмірами, ніж основний дизель-генератор.

В системі РРМ-3 передбачений таймер паралельної роботи (1940). Коли закінчується відлік (настроюється від 1 до 999 с, за замовчуванням 30 сек.) ВП відключається. Таймер починає відлік, коли АДГ і будь-який ДГ включені на шини ГРЩ і АДГ НЕ вибрано в якості стояночного ДГ (вхід блоку РРМ-3-АДГ).

Стояночний режим має місце в режимі НАПІВ-АВТО, коли оператор може запустити і синхронізувати стояночний генератор з основними ДГ, які працюють на ГРЩ. Якщо АДГ обраний в якості стояночного ДГ, таймер паралельної роботи не активний і стояночний ДГ розглядається як звичайний ДГ в системі, маючи на увазі, що решта ДГ можуть бути зупинені (якщо дозволяє навантаження мережі).

За сигналом про положення ВП (вкл./вимк.) блок РРМ-3 вирішує, чи активний захист в стоянковому режимі. Якщо ВП включений, усі захисти еквівалентні захистам в інших блоках генераторів. Якщо ВП відключений (Блокування аварійного відключення), тип захисту по напрузі, перевантаження по струму та потужності і т. д. змінюється на ПОПЕРЕДЖЕННЯ. Аварійні сигнали, які можуть відключити вимикач генератора це «Коротке замикання», «Перевищення обертів» і «Аварійний стоп».

Аварійний генератор в режимі ТЕСТ

Всі аварійні генератори повинні перевірятися оператором в роботі щонайменше один раз в тиждень. Для полегшення перевірки АДГ в блок РРМ-3-АДГ включена функція тестування.

Режим ТЕСТ може бути активований натисканням на кнопку «Тест» на лицьовій панелі блоку, або активацією цифрового входу.

Змінюючи параметр 7040 (Тест), оператор може налаштувати:

- уставку (уставку по навантаженню)
- таймер (час роботи ДГ під час тесту)
- повернення (по завершенні тесту блок повертається у вибраний режим, АВТО/НАПІВ-АВТО)
- тип (на вибір три типи перевірки: проста, з навантаженням і повна перевірка)

Проста перевірка (SIMPLE test). АДГ запускається і працює на номінальній частоті, але не синхронізується і зупиняється після закінчення відліку таймера тестового режиму (настроюється від 1 до 180 хв., за замовчуванням 15 хв.). Режим ТЕСТ автоматично завершується. Таймер тестового режиму запускається при активації режиму ТЕСТ.

Перевірка під навантаженням (LOAD test). АДГ запускається і працює на номінальній частоті, синхронно включається вимикач генератора і виробляє потужність, задану параметрами в меню 7041. Тест триває, поки таймер працює. Після закінчення відліку таймера, АДГ розвантажується, генераторний вимикач відключається і АДГ зупиняється (з урахуванням часу розхолодження).

Повна перевірка (FULL test). АДГ запускається і працює на номінальній частоті, синхронно включається вимикач генератора і навантажує АДГ до певної величини, після чого відключає ВП. Після закінчення відліку таймера ВП синхронно включається, і навантаження перекладається назад на шини ГРЩ (АДГ розвантажується), ВГ відключається і АДГ зупиняється після часу розхолодження.

При знеструмленні електростанції під час перевірки АДГ, режим ТЕСТ негайно припиняється.

Управління валогенератором /живлення з берега

Блок РРМ-3 «валогенератор» або «живлення з берега» не має окремих кнопок для вибору режиму роботи. Кожен блок може бути у режимі УПРАВЛІННЯ З ГРЩ (задається цифровим входом). Якщо блок не в режимі УПРАВЛІННЯ З ГРЩ, він автоматично переводиться в режим АВТО.

Перехід з дизель – генератора на живлення від валогенератора/живлення з берега. Режим живлення від ВЛГ/БЕРЕГ» може бути обраний простим натисканням на кнопку ВЛГ/ВПБ ВКЛ. Також може бути налаштований цифровий вхід або кнопка на панелі АОР для вибору цього режиму.

Після вибору ВЛГ/БЕРЕГ система перевіряє, чи готовий до підключення валогенератор/берег і може керувати навантаженням. Якщо всі умови виконуються, загоряється жовтий миготливий світлодіод над кнопкою ВВГ/ВПБ ВКЛ. для індикації, що перехід на живлення від ВЛГ/берег розпочався. Всі підключені до шин ДГ синхронізуються з ВЛГ/берегом. Коли вимикач валогенератора/живлення з берега (ВВГ/ВПБ) включиться, світлодіод над кнопкою ВВГ/ВПБ ВКЛ загориться зеленим кольором і всі дизель – генератори будуть розвантажені і зупинені.

Перехід з валогенератора/живлення з берега на живлення від дизель – генератора. Живлення від дизель – генератора може бути вибрано простим натисканням на кнопку ВИМКНУТИ ВВГ/ВПБ. Також може бути налаштований цифровий вхід або кнопка на панелі АОР для вибору цього режиму.

Коли вибрано режим «живлення від ДГ», СУЕС визначає, чи достатньо потужності доступних ДГ для живлення суднового навантаження, а також перевіряє чи блок «ВЛГ/Берег» не знаходиться у режимі КЕРУВАННЯ З ГРЦ. Якщо умови дотримуються, жовтий світлодіод загоряється на кнопкою ВВГ/ВПБ ВИМКНЕНО, що означає, що перехід розпочато. СУЕС запускає необхідну кількість ДГ (згідно з пріоритетами), включає їх на шини, потім розвантажує і відключає вимикач валогенератора/живлення з берега.

Робота валогенератора в режимі двигуна РТН (Power Take Home)

Режим «РТН» активується з допомогою цифрового входу на блоці PPM-3-SG (валогенератор). Цей цифровий вхід є одним з налаштованих входів і повинен бути призначений перед використанням режиму «РТН». При активації режиму «РТН» цифровим входом, блоки дизель – генераторів PPM-3-DG автоматично переходять в режим АВТО і активується функція запуск/зупинка по навантаженню. Режим «РТН»: Дизель – генератори живлять суднове

навантаження, а валогенератор що працює як електродвигун і обертає гвинт. Функція запуск/зупинка по навантаженню активна. Головний двигун зупинений і роз'єднаний з валом гвинта.

Коли вибрано режим «РТН», оператор повинен синхронізувати валогенератор з шинами ГРЩ вручну. Оскільки головний двигун відключений, синхронізація проводиться за допомогою поні-мотора (електродвигун, що обертає валогенератор) або подібного механізму.

Деякі з захистів валогенератора повинні блокуватися, особливо захист зворотної потужності. Це може бути зроблено за допомогою блокуючого входу ('inhibit' input), який повинен бути активний разом зі входом "режим РТН".

Робота вимикача живлення з берега в режимі живлення «судно-судно»

Унікальна функція «судно-судно» використовується, коли необхідно передати електроенергію від одного судна на інше.

Як тільки вибрано режим живлення «судно-судно» на блоці PPM-3 SC, на дисплеї з'явиться повідомлення: "SHIP TO SHIP ENABLED" (СУДНО-СУДНО ДОЗВОЛЕНО).

Тепер вимикач живлення з берега може бути включений безпосередньо (якщо шини іншого судна знеструмлено) або через синхронізацію. Це можна зробити за допомогою кнопки ВКЛ на лицьовій панелі блоку.

Для використання функції «живлення «судно-судно» треба активувати цифровий вхід на блоці PPM-3-SC (живлення з берега). Цей цифровий вхід є одним з налаштованих входів і повинен бути призначений перед використанням режиму «харчування судно-судно».

Як тільки вимикач живлення з берега замкнеться, на дисплеї блоку буде відображено повідомлення "SHIP TO SHIP ACTIVE" (СУДНО-СУДНО АКТИВНО).

Управління з розділеними шинами

Поділ шин на шини «А» дизель-генератора і шини «В» дизель-генератора

Режим роботи з розділеними шинами може бути обраний простим натисканням на кнопку ВИМКНУТИ ВС (секційний вимикач). Також може бути

налаштований цифровий вхід або кнопка на панелі АОР для вибору цього режиму.

СУЕС перевіряє поточне значення навантаження з обох сторін секційного вимикача, запускає і підключає на шини необхідну кількість генераторів, після чого відключає секційний вимикач. Якщо потужності дизель – генераторів недостатньо для роботи з розділеними шинами, секційний вимикач не відключається і на дисплеї блоку РРМ-3-ВТВ (секційний вимикач) відображається повідомлення "SPLIT NOT POSSIBLE" (ПОДІЛ НЕМОЖЛИВО).

Як тільки шини роз'єднуються, розрахунок потужності за функцією старт/стоп по навантаженню здійснюється незалежно для кожної секції шин.

Поділ шин на шини дизель-генератора та шини валогенератора. Режим роботи з розділеними шинами може бути обраний простим натисканням на кнопку ВИМКНУТИ ВС. Також може бути налаштований цифровий вхід або кнопка на панелі АОР для вибору цього режиму.

Поділ може бути виконане, лише якщо живлення від валогенератора/береги вже підключено. Система управління потужністю розвантажить і відключить секційний вимикач. Якщо неможливо синхронізувати вимикач валогенератора/живлення з берега, на дисплеї блоку РРМ-2-ВТВ буде відображено повідомлення "SPLIT NOT POSSIBLE" (ПОДІЛ НЕМОЖЛИВО). Коли процес поділу запущений, світлодіод ВС ВИМК світиться жовтим кольором. Коли ВС відключається, процес поділу закінчений.

Відновлення з'єднання секцій шин дизель – генератора і валогенератора

Перехід на живлення від дизель – генераторів. Для відновлення з'єднання двох секцій шин для живлення від ДГ, оператор повинен активувати світлодіод "DG" на блоці РРМ-3-ВТВ і натиснути кнопку ВКЛ ВС.

Режим може бути змінено за наступних умовах:

- блок секційного вимикача не в режимі УПРАВЛІННЯ З ГРЩ
- блок валогенератора не в режимі УПРАВЛІННЯ З ГРЩ
- достатню кількість блоків ДГ в режимі АВТО.

Якщо споживане навантаження вимагає додаткового ДГ, СУЕС запустить і підключить необхідну кількість ДГ, синхронно включити секційний вимикач, потім розвантажить і відключить валогенератор. Світлодіод «ВС ВКЛ» на блоці ВС світиться жовтим, поки ВР не включиться і ВВГ не відключиться.

Перехід на живлення від валогенератора

Для відновлення з'єднання двох секцій шин для живлення від валогенератора, оператор повинен активувати світлодіод "SG" на блоці РРМ-3-ВТВ і натиснути кнопку ВКЛ ВС.

Режим може бути змінено за наступний умовах:

- блок секційного вимикача не в режимі УПРАВЛІННЯ З ГРЩ
- блок валогенератора не в режимі УПРАВЛІННЯ З ГРЩ
- підключені на шини блоки ДГ в режимі АВТО.

Коли всі перераховані вище умови виконуються, синхронно включається ВС (синхронізація через ДГ), потім розвантажуються і зупиняються дизель – генератори. Світлодіод «ВС ВКЛ» на блоці ВС світиться жовтим, поки ВР не включиться і вимикачі генераторів не відключаться.

Відновлення з'єднання секцій шин дизель - генераторів

Для відновлення з'єднання двох секцій шин ДГ між собою, необхідно натиснути клавішу «Вкл секційний вимикач». Секційний вимикач включиться через синхронізацію. Знову стануть активними функції запуску/зупинки по навантаженню і система управління потужністю електростанції запустить або зупинить необхідну кількість ДГ (відповідно до їх пріоритетів).

2.8 Однолінійні схеми автоматизації СЕЕС

Далі наведені різні варіанти використання системи, що проілюстровані однолінійними схемами.

Кілька дизель – генераторів, одна секція шин ГРЩ. Ця система може управляти від 2 до 16 дизель - генераторів.

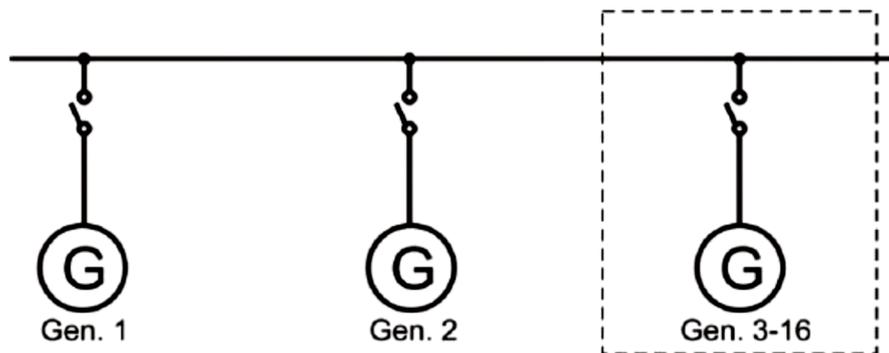


Рисунок 2.10 – Однолінійна схема ГРЩ: кілька дизель – генераторів, одна секція шин

Кілька дизель – генераторів, дві секції шин. Ця система може управляти від 2 до 16 дизель – генераторів. Генератори можуть додаватися з обох сторін секційного вимикача.

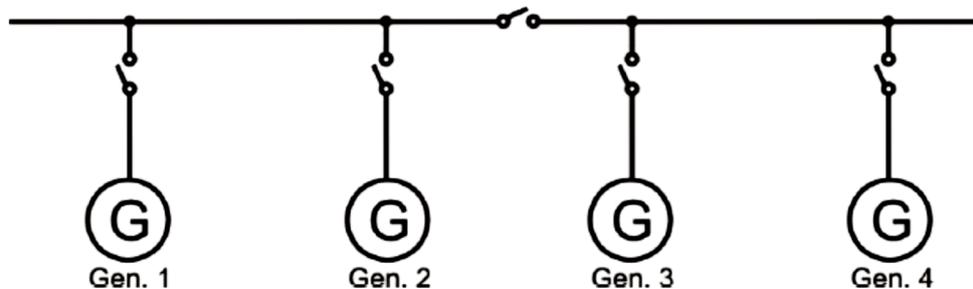


Рисунок 2.11 – Однолінійна схема ГРЩ: кілька дизель – генераторів, дві секції шин

Кілька дизель – генераторів, 1 валогенератор, одна секція шин. Ця система може управляти від 2 до 16 дизель – генераторів і 1 валогенератором.

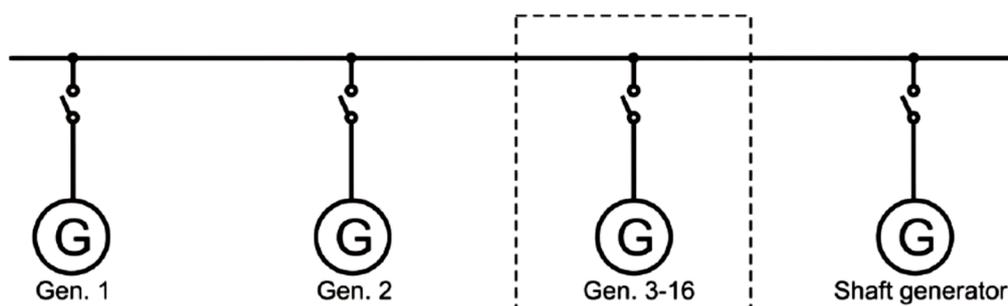


Рисунок 2.12 – Однолінійна схема ГРЩ: кілька дизель – генераторів, 1 валогенератор, одна секція шин

Кілька дизель – генераторів, 1 валогенератор, дві секції шин. Ця система може управляти від 2 до 16 дизель – генераторів і 1 валогенератором. ДГ можуть додаватися з обох сторін секційного вимикача.

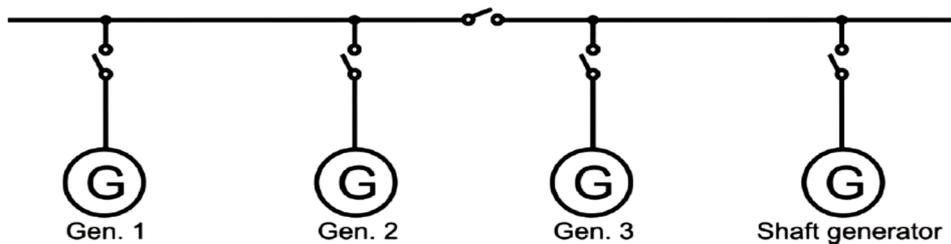


Рисунок 2.13 – Однолінійна схема ГРЩ: кілька дизель – генераторів, 1 валогенератор, дві секції шин

Кілька дизель – генераторів, 2 валогенератора, дві секції шин. Ця система може управляти від 2 до 16 дизель – генераторів і 2 валогенераторами. ДГ можуть додаватися з обох сторін секційного вимикача.

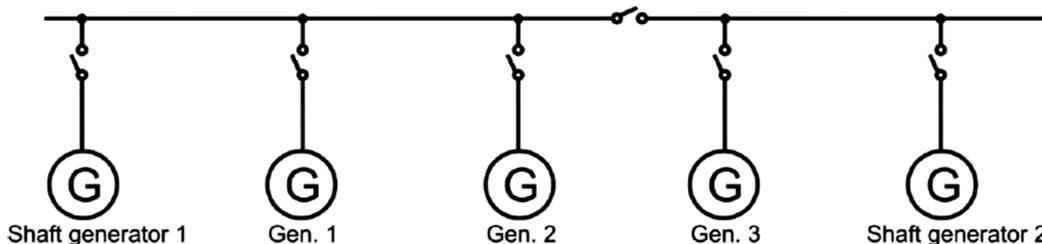


Рисунок 2.14 – Однолінійна схема ГРЩ: кілька дизель – генераторів, 2 валогенератори, дві секції шин

Кілька дизель – генераторів, 2 валогенератора, три секції шин. Ця система може управляти від 2 до 16 дизель – генераторів і 2 валогенераторами.

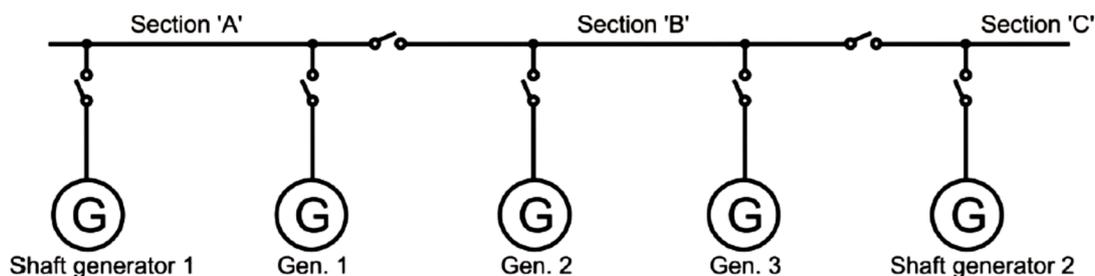


Рисунок 2.15 – Однолінійна схема ГРЩ: кілька дизель – генераторів, 2 валогенератори, три секції шин

Кілька дизель – генераторів, кілька секцій шин. Ця система може управляти від 2 до 16 дизель – генераторів і до 8 секційних вимикачів. ДГ можуть додаватися з обох сторін секційного вимикача.

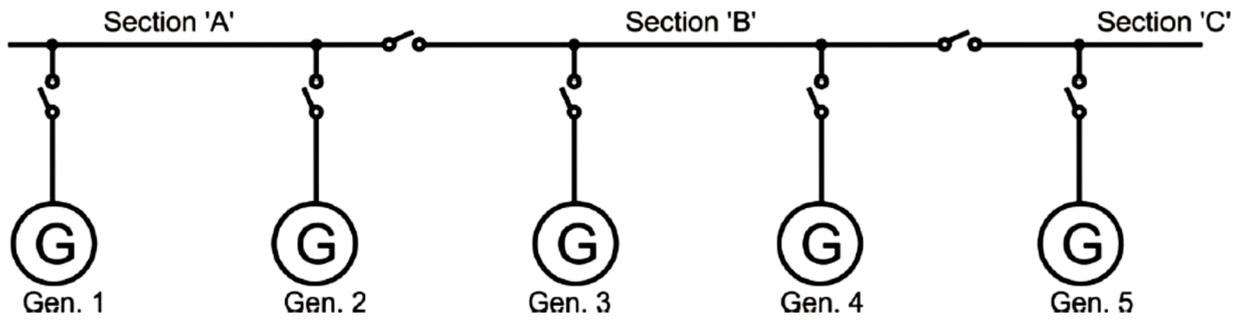


Рисунок 2.16 – Однолінійна схема ГРЩ: кілька дизель – генераторів, кілька секцій шин

3. РОЗРОБКА СУДНОВОГО ЕЛЕКТРОПРИВОДА ТА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Судновий електрогідравлічний палубний кран Mitsubishi 30t x 24 m(R)

Суднові вантажні крани знаходять широке застосування на сучасних транспортних судах. Основні технічні характеристики кранів: номінальна вантажопідйомність (SWL), виліт стріли, вантажний момент, кут повороту крана, швидкість підйому номінального вантажу, швидкість зміни вильоту стріли, швидкість повороту, сумарна встановлена потужність приводів, маса.

Розглянемо конструкцію суднового вантажного крана фірми Mitsubishi Electric 30t x24 m(R). Кран призначений для роботи з насипним і генеральними вантажами. Він може бути оснащений, у разі необхідності, спредером, грейфером і тому подібним.

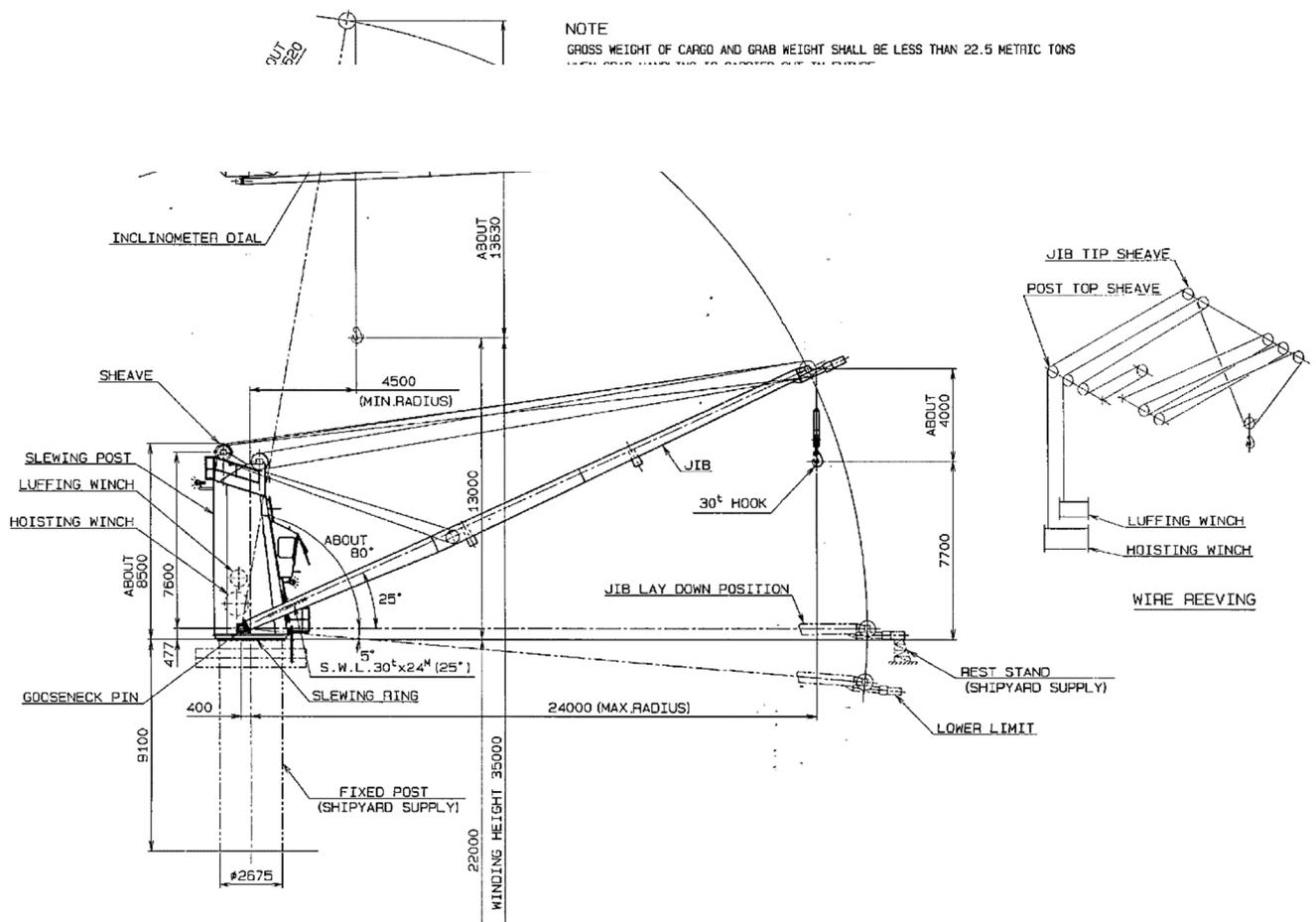


Рисунок 3.1 – Габаритні розміри крана 30t x24 m(R)

Вантажопідйомність крана 30 т при вильоті стріли 24 м. Діапазон температури навколишнього середовища, при якій допускається робота від -25°C до $+45^{\circ}\text{C}$. Мінімальний виліт стріли 4,5 м, максимальний виліт стріли під навантаженням 24 м. Максимальна висота підйому вантажу - 50 м. Частота обертання крана $0,8 \text{ хв}^{-1}$. Швидкість підйому вантажу при найменшому навантаженні 21 м/хв; при порожньому гаку 40 м/хв. Час зміни вильоту стріли з мінімального в максимальне - 72 с. Допустимий диферент - 5° ; допустимий крен - 2° . Висота поворотної башти крана 7,6 м; діаметр башти - 2,65 м. Маса укомплектованої поворотною вежі крана - 17775 кг, маса стріли в зборі - 12800 кг, маса гідроциліндрів 2 x 1800 кг, маса шкентеля 784 кг, маса підвіски крюка 960 кг, маса крана в зборі - 39570 кг.

3.2 Розрахунок енергетичних характеристик суднового вантажного крана

Початкові дані.

Механізм підйому вантажу: вантажопідйомність крана: $G1 = 30 \text{ т}$; діаметр барабана: $D = 0,8 \text{ м}$; частота обертання вихідного валу гідромотора: $n = 1530 \text{ хв}^{-1}$; передавальне число редуктора: $u = 108$; кратність поліспасти: $i = 2$; час розгону: $t = 2 \text{ с}$; коефіцієнт приведення моментів інерції обертових мас механізму до валу гідромотора: $k = 1,17$; момент інерції ротора гідромотора: $I = 1,6 \text{ кг} \cdot \text{м}$; ККД механізму підйому вантажу: $\eta_{\Gamma} = 0,84$; частота обертання валу електродвигуна: $n = 1530 \text{ хв}^{-1}$.

Механізм повороту крана: маса стріли: $G2 = 22,8 \text{ т}$; маса поворотної частини крана без стріли: $G3 = 27,8 \text{ т}$; виліт крана: $L1 = 29,5 \text{ м}$; відстань від центру мас стріли до осі обертання крана: $L2 = 13,3 \text{ м}$; відстань від центру мас поворотної частини до осі обертання крана: $R = 0,15 \text{ м}$; частота обертання крана $n_{\text{кр}} = 0,8 \text{ хв}^{-1}$; час розгону механізму повороту $t = 5 \text{ с}$; передавальне число редуктора: $u_{\text{ред}} = 127,4$; передавальне число зубчастої передачі ОПУ: $u_{3П} = 15,8$; сумарний ККД механізму повороту крана: $\eta_{\text{МП}} = 0,86$; наведений коефіцієнт тертя в ОПУ: $f = 0,01$; радіус установки тіл кочення ОПУ: $R_{\text{ОПУ}} = 1,25 \text{ м}$; кут крену $\theta = 3$; кут між віссю обертання стріли і площиною шпангоута $\psi = 3$; розподілена вітрове

навантаження: $p = 400$ Па; коефіцієнт, що враховує динамічність вітру $K_B = 1,3$; частота обертання валу електродвигуна: $n = 1530$ хв⁻¹.

Механізм зміни вильоту стріли: тиск у гідроциліндрі $p_{гц} = 40$ МПа; внутрішній діаметр гідроциліндра ДГЦ = 0,35 м; швидкість висування гідроциліндра $v_{гц} = 0,05$ м/с; сумарний ККД механізму зміни вильоту стріли $\eta_0 = 0,88$.

Розрахунок механізму підйому вантажу

Статичний момент на валу гідромотора:

$$T_{см} = \frac{1000 \cdot G_1 \cdot g \cdot m \cdot D}{2 \cdot i \cdot u \cdot \eta} = \frac{1000 \cdot 32 \cdot 9.81 \cdot 1 \cdot 0.8}{2 \cdot 2 \cdot 108 \cdot 0.86} = 675.96 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.1)$$

Кутова швидкість ротора гідро двигуна:

$$\omega_{зм} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 1530}{60} = 160 \text{ с}^{-1} \quad (3.2)$$

Момент інерції обертових мас:

$$T_{иВ} = \frac{\kappa \cdot \omega_{ГМ} \cdot I}{t} = \frac{1.17 \cdot 160 \cdot 1.6}{2} = 150 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.3)$$

Момент сил інерції вантажу:

$$T_{иГ} = \frac{1000 \cdot G_1 \cdot \omega_{ГМ} \cdot D^2}{4 \cdot (i \cdot u)^2 \cdot t \cdot \eta} = \frac{1000 \cdot 32 \cdot 160 \cdot 0.8^2}{4 \cdot (2 \cdot 108)^2 \cdot 2 \cdot 0.86} = 10.2 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.4)$$

Крутний момент T (Н • м) на вихідному валу гідродвигуна:

$$T_{\Sigma} = T_{сГ} + T_{иВ} + T_{иГ} = 675.96 + 150 + 10.2 = 836.2 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.5)$$

Потужність механізму підйому вантажу:

$$N_{иГ} = T_{\Sigma} \cdot 10^{-3} \cdot \omega_{эд} \cdot \eta_{Г}^{-1} = 836.2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1530 \cdot 2 \cdot 3.14}{60} \cdot 0.84^{-1} = 159.4 \text{ кВт} \quad (3.6)$$

Розрахунок механізму повороту крана

Кутова швидкість повороту крана:

$$\omega_{зм} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 0.8}{60} = 0.084 \text{ с}^{-1} \quad (3.7)$$

Момент сил інерції $T_{и}$:

$$T_u = \frac{1000 \cdot (G_1 \cdot L_1^2 + G_2 \cdot L_2^2 + G_3 \cdot R^2) \cdot \omega}{t \cdot u_{ред} \cdot u_{эл} \cdot \eta_{МП}} = \frac{1000 \cdot (32 \cdot 29.5^2 + 22.8 \cdot 13.3^2 + 27.8 \cdot 0.15^2) \cdot 0.084}{5 \cdot 127.4 \cdot 15.8 \cdot 0.86} = 309.4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент опору обертанню крана від тертя в ОПУ:

$$T_u = \frac{1000 \cdot g \cdot f \cdot (G_1 + G_2 + G_3) \cdot R_{опв}}{u_{ред} \cdot u_{эл} \cdot \eta_{МП}} = \frac{1000 \cdot 0.01 \cdot 9.81 \cdot (32 + 22.8 + 27.8) \cdot 1.25}{127.4 \cdot 15.8 \cdot 0.86} = 5.85 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент, що виникає при крені крана:

$$T_{кр} = \frac{1000 \cdot g \cdot L_1 \cdot (G_1 + 0.5 \cdot G_2) \cdot \sin \theta \cdot \sin \psi}{u_{ред} \cdot u_{эл} \cdot \eta_{МП}} = \frac{1000 \cdot 9.81 \cdot 29.5 \cdot (32 + 0.5 \cdot 22.8) \cdot \sin\left(\frac{3.14 \cdot 3}{180}\right) \cdot \sin\left(\frac{3.14 \cdot 3}{180}\right)}{127.4 \cdot 15.8 \cdot 0.86} = 26,4 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Момент від сил вітру:

$$T_B = \frac{0.7 \cdot L_1 \cdot p \cdot K_B \cdot 2 \cdot G_1}{u_{ред} \cdot u_{эл} \cdot \eta_{МП}} = \frac{0.7 \cdot 29.5 \cdot 400 \cdot 1.3 \cdot 2 \cdot 32}{127.4 \cdot 15.8 \cdot 0.86} = 396.98 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.8)$$

Сумарний момент опору T_Σ :

$$T_\Sigma = T_u + T_{тр} + T_{кр} + T_B = 309.4 + 5.85 + 26.4 + 396.98 = 738.63 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.9)$$

Потужність НМП приводного ЕД:

$$N_{МП} = T_\Sigma \cdot 10^{-3} \cdot \omega_{эд} \cdot \eta_\Gamma^{-1} = 738.63 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1530 \cdot 2 \cdot 3.14}{60} \cdot 0.86^{-1} = 137.5 \text{ кВт} \quad (3.10)$$

Механізм зміни вильоту стріли

Потужність приводного ЕД:

$$N_{вс} = (p_{ГЦ} \cdot 10^6) \cdot \left[\frac{\pi}{4} \cdot (D_{ГЦ}^2) \right] \cdot \left[\frac{v_{ГЦ}}{60} \right] \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1}{\eta_0} = 2 \cdot 40 \cdot 10^6 \cdot \frac{3.14}{4} \cdot 0.35^2 \cdot \frac{0.05}{60} \cdot 10^{-3} \cdot 0.75^{-1} = 8.6 \text{ кВт}$$

3.3 Вибір двигуна та комутаційно-захисної апаратури

Вибираємо двигун марки Mitsubishi Electric MNB 280LL з такими параметрами:

Номинальна потужність: 150 кВт

Номинальний струм: 263,1 А

Пусковий струм: 1315,5 А

Число полюсів: 2

ККД: 0,93

Коефіцієнт потужності: 0,8

Клас ізоляції: F

Вибираємо автоматичний вимикач фірми Schneider Electric Compact NSX400.

3.4 Особливості частото-регульованого кранового електроприводу та вибір перетворювача частоти

Зростаючі технологічні вимоги до якості виробничих процесів, необхідність використання високих технологій зумовлюють стійку тенденцію впровадження в різні промислового виробництва сучасних регульованих електроприводів. В рівній мірі це відноситься і до електроприводів підйомно-транспортних механізмів. До теперішнього часу основним типом електроприводу підйомних кранів був електричний двигун постійного або змінного струму з релейно-контакторних управлінням, в якому функції управління, захисту і регулювання швидкості здійснюються за допомогою різного роду кранових і захисних панелей. Регулювання швидкості в таких електроприводах реалізується за рахунок введення в силові ланцюги додаткових опорів. Основним недоліком такого способу регулювання є його низька енергоефективність, особливо при роботі на швидкостях нижче номінальної. Крім того, цей спосіб вимагає використання двигуна з фазним ротором, якщо йдеться про привід змінного струму. Низька ефективність використання релейно-контакторної апаратури загальновідома. В даний час відомі приклади використання більш досконалих способів комутації силових ланцюгів: тиристорні ключі, твердотільні реле, бездугова комутація та т.п.

В даний час найпоширенішим двигуном промислових електроприводів є асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором. Це найпростіший, самий надійний і найдешевший електродвигун в широкому діапазоні частоти обертання і потужності. Найефективнішим і найпоширенішим серед глибоко-регульованих асинхронних електроприводів є частото-регульований електропривод на основі перетворювача частоти. Застосування частото-регульованого асинхронного електропривода в механізмах підйо-

транспортного устаткування є ефективним методом підвищення технологічності виробництва.

Використання таких приводів дозволяє:

- значно (до 40%) знизити енергоспоживання крана, що особливо актуально при постійно зростаючих тарифах на енергоносії;

- здійснити розгін і гальмування двигуна плавно, по бажаному закону від часу, при варіюванні часом розгону і гальмування від часток секунди до десятків хвилин;

- підвищити комфортні показники при русі крана і довговічність механічного обладнання завдяки плавності перехідних процесів;

- захистити двигун від перевантажень по струму, перегріву, витоків на землю і від обривів в ланцюгах живлення двигунів;

- знизити експлуатаційні витрати на капітальний ремонт обладнання за рахунок значного зниження динамічних навантажень в елементах кінематичного ланцюга;

- змінювати швидкості і прискорення руху механізмів крана стосовно до конкретних технологічним завданням.

Для управління електроприводами були використані перетворювачі частоти Altivar 71 виробництва компанії Schneider Electric (Франція), характеристики, які відповідають найсуворішим вимогам і адаптовані для вирішення найбільш складних завдань кранового електроприводу.

ПЧ ATV71 має алгоритми векторного і скалярного управління, що забезпечують роботу однодвигунних і багатодвигунних кранових приводів зі стандартними і спеціальними двигунами як в розімкнутій, так і замкнутою системах регулювання швидкості.

ПЧ ATV71, оснащений картою контролера, легко вбудовується в архітектуру управління автоматизованими крановими системами. Дане рішення є найдешевшим варіантом організації таких систем. Карта контролера має вбудований інтерфейс CANopen (Master), що зв'язує її з іншими пристроями, і

може використовуватися для розробки власних додатків або з уже реалізованими готовими прикладними алгоритмами.

У першому випадку наявне програмне забезпечення PS 1131, яке відповідає міжнародному стандарту МЕК 611311-31, надає користувачеві можливість створення власних додатків на одному з 6 доступних мов програмування. Наприклад, реалізація зовнішніх функцій з управління краном, а також функцій, що не входять в стандартні прикладні функції ПЧ, адаптація програми відповідно до вимог нових кранових механізмів.

У другому випадку карта контролера поставляється з готовим прикладним рішенням. Прикладом може служити універсальна карта для управління кранами (кранова карта), в якій реалізований алгоритм запобігання розгойдування вантажу. Проблеми, пов'язані з виникненням коливань вантажу в процесах розгону і гальмування механізмів переміщення крана, добре відомі: при розгойдуванні неможливе проведення вантажних операцій, а час, витрачений на його гасіння, може становити до третини сумарного часу робочого циклу, що знижує ефективність використання крана, і т.п.

Перетворювачі частоти Altivar 71 забезпечують:

- управління гальмом, адаптоване для приводів переміщення і підйому;
- підйом малих вантажів з підвищеною швидкістю;
- контроль стану гальма.

Дані перетворювачі частоти зручні в налаштуванні і легко інтегруються в загальну систему управління краном, підвищують зручність управління і, крім того, надають широкі можливості діагностики стану електроприводів.

Схема керування механізмами крана з використанням перетворювачів частоти представлена на рис. 3.2.

Відмінною особливістю даної схеми є відсутність гальмівних опорів із заміною їх на блок рекуперації, загальний для всіх електроприводів. Випрямлена напруга всіх приводів пов'язано з блоком рекуперації.

Для енергоефективної роботи крана використовують модулі рекуперації, які замінюють резистори в приводах з тривалою роботою в генераторному режимі

або мають велику гальмівну потужність, як, наприклад, у підйомних і інерційних механізмів. У цьому випадку енергія гальмування електроприводу повертається в мережу живлення.

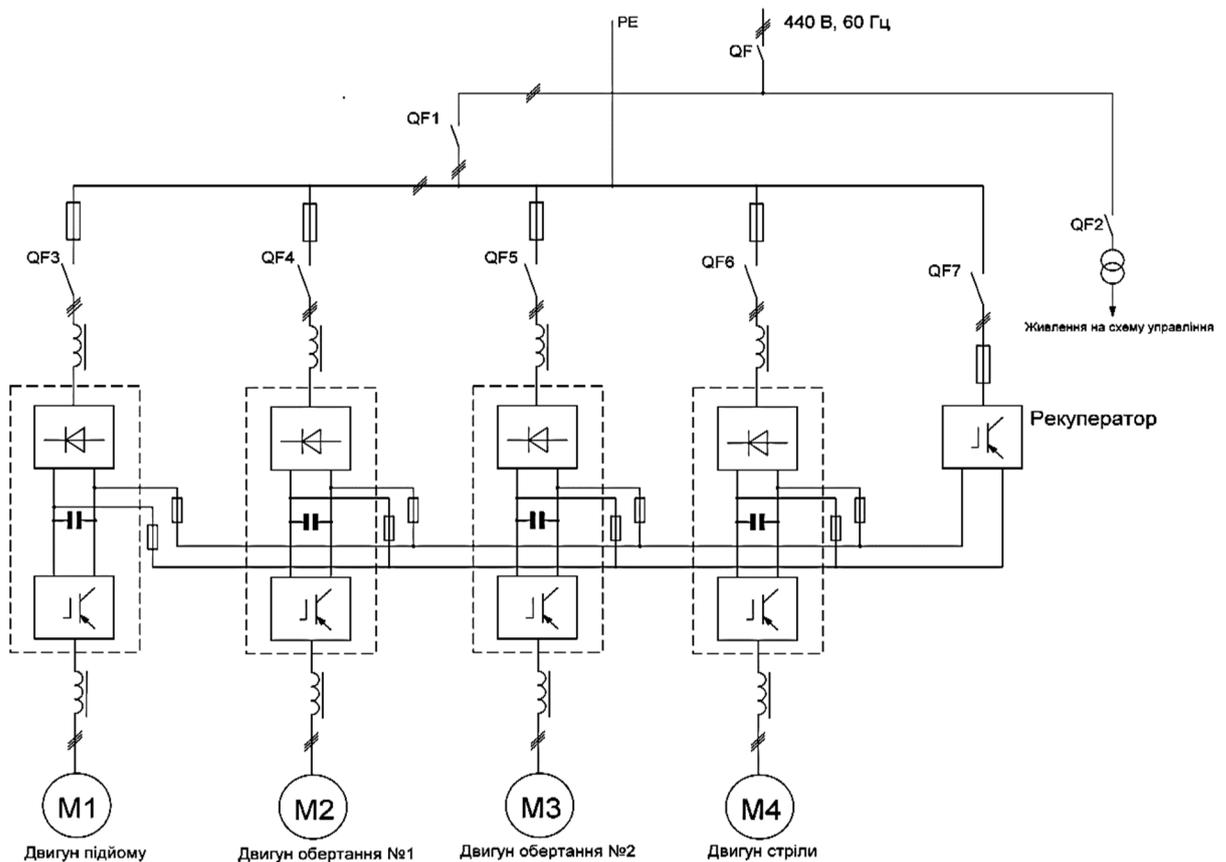


Рисунок 3.2 – Силовa схема електроприводу крана

Управління перетворювачами частоти крана при будь-якому варіанті реалізації здійснюється від кранової карти VW3A3510. Кранова карта найбільш оптимальна за своїми характеристиками з точки зору ціни і якості, дуже надійний при важких умовах експлуатації. Карта приймає сигнали з пульта, від датчиків здійснює взаємні блокування між приводами, видає сигнали управління по мережі на приводи, а також поточну і аварійну інформацію на табло. Завдяки використанню мережі між картою і перетворювачами кількість інформаційних кабелів скорочено до мінімуму. По мережі інформація передається в обидві сторони і вся інформація про роботу і стан ПЧ доступна карті і може виводитися на табло.

В якості інформаційної панелі для оператора застосовується графічне табло. Табло підключається до системи управління з окремої мережі і дозволяє створити кільцевої енергонезалежний буфер необхідного розміру для зберігання інформації про аварії, діях кранівника, про роботу всіх приводів крана. Воно має сенсорний екран, здійснює доступ для роботи на крані через парольний захист.

Система управління в цілому забезпечує:

- управління споживачами крана і контроль стану силових кіл, інформацію про відмови і спрацьовування захисту;
- безперервний контроль датчиків безпеки, обмеження вантажопідйомності основного і допоміжного підйому з допомогою незалежного блоку з функцією реєстратора параметрів;
- контроль і реєстрацію даних про функціонування частотних перетворювачів;
- обробку та реєстрацію команд оператора;
- управління частотними перетворювачами та отримання діагностичної інформації від них;
- підрахунок сумарного часу роботи кожного механізму (лічильник мотогодин);
- пуск привода підйому з початковим моментом для виключення просадки вантажу;
- контроль перевищення швидкості для приводів підйомів;
- самодіагностику і виведення на панель оператора повідомлень про відмови в СУ, управління системою з різними рівнями доступу.

Панель оператора з сенсорним екраном, встановлена в кабіні кранівника, забезпечує контроль, відображення стану основних елементів системи управління (рис. 3.3) та електроустаткування крана, а також архівування аварійних і перед аварійних ситуацій (журнал аварійних і попереджувальних повідомлень).

Кранова карта VW3A3510

Основне призначення кранової карти - запобігання коливань вантажу без застосування додаткових датчиків. Кранова карта легко вбудовується в стандартний привод, при цьому використовується той же робочий інтерфейс оператора без необхідності будь-якого перемонтажу. Карта інтегрується шляхом автоматичного розпізнавання перетворювачем частоти і бере на себе управління всією системою по шині CAN-open. Зони безпеки контролюються за допомогою кінцевих вимикачів (уповільнення і зупинки). Система анти-розгойдування (система допомоги оператору) діє одночасно по двох осях (електроприводи візки і крана), використовуючи при цьому дані про становище механізму підйому (при наявності датчика зворотного зв'язку).

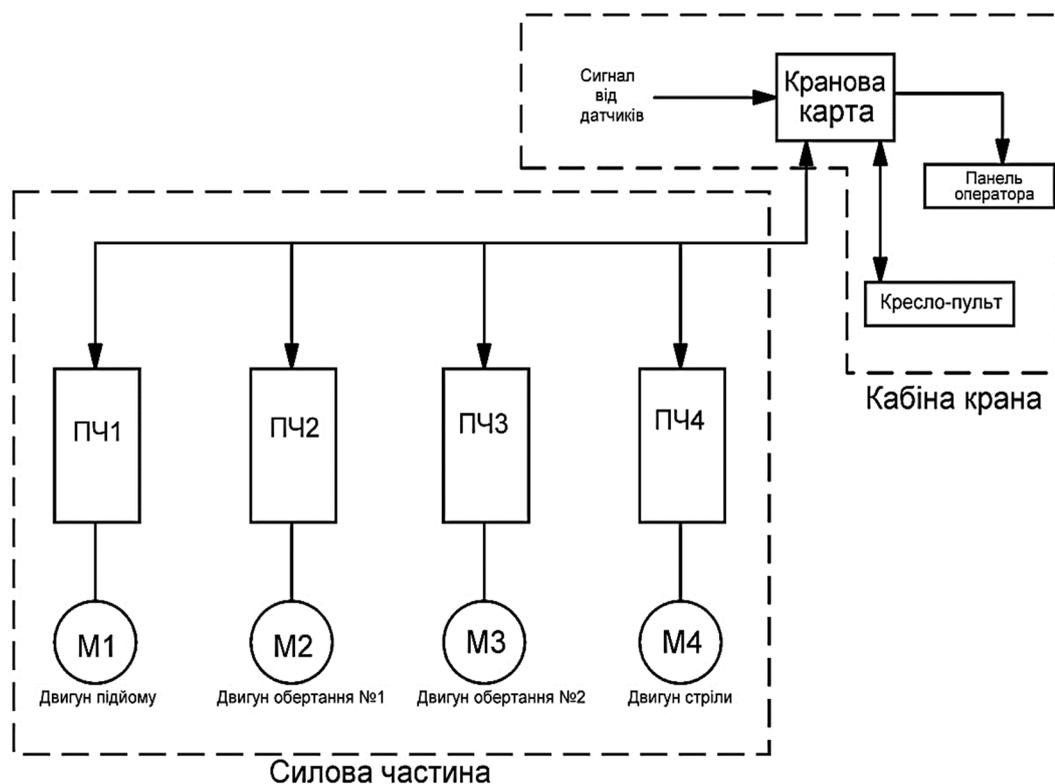


Рис. 3.3 – Структурна схема системи управління

Кранова карта (рис.3.4) забезпечує:

– гасіння розгойдування вантажу завдяки додатковій вбудованій системі, що не вимагає застосування спеціальних датчиків, що діє одночасно по двох осях (приводи механізмів крана), і використовує при цьому дані про становище механізму підйому (при наявності датчика зворотного зв'язку);

- повне управління краном по шині CANopen, що дозволяє автоматично інтегрувати в систему ПЧ ATV71 та / або ATV31 приводів крана;
- управління зонами безпеки за допомогою кінцевих вимикачів уповільнення і зупинки.

Ефективність роботи алгоритму анти розкачування залежить від параметра, що характеризує робочу довжину вантажного троса. Тому в крановій карті передбачено три способи вимірювання довжини вантажного троса:

- за допомогою фото імпульсного датчика приводу підйому;
- з допомогою двох кінцевих вимикачів приводу підйому;
- за допомогою трипозиційного перемикача.

Вибір потрібного способу залежить від використовуваної структури кранової системи. Кранова карта може застосовуватися як для нових, так і для модернізованих кранів, на яких використовуються ПЧ сімейства Altivar.

Переваги застосування кранової карти:

- економічність: відпадає необхідність у використанні зовнішнього програмованого логічного контролера для керування краном і запобігання розгойдування;
- простота застосування: карта готова до використання без необхідності програмування (потрібно лише підстроювання декількох параметрів до застосування);
- підвищення точності подачі вантажу і збільшення продуктивності крана: зменшення циклограми роботи завдяки відсутності розгойдування вантажу;
- забезпечення безпеки обладнання та персоналу: управління зонами безпеки за допомогою кінцевих вимикачів;
- захист устаткування: обмеженням розгойдування вантажу зменшує механічні навантаження і удари.

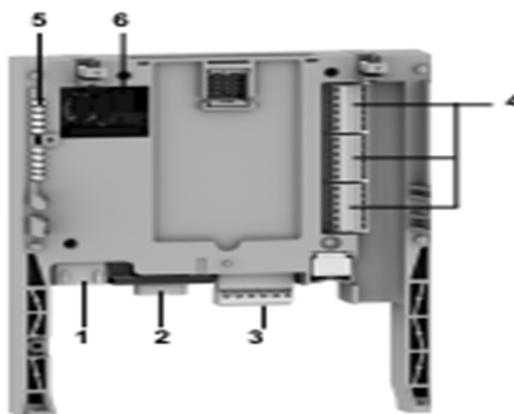


Рис. 3.4 – Кранова карта

Позначення на рис. 3.4 наступні:

1. Роз'єм RJ452.
2. 9-контактний штировий роз'єм типу SUB-D для підключення до шини CANopen.

3. 6-контактний роз'єм із знімною клемною колодкою з монтажем під гвинт, з кроком 3,81 для підключення джерела живлення 24 В і чотирьох дискретних входів.

4. Три 6-контактних роз'єми зі знімними клемними колодками з монтажем під гвинт, з кроком 3,81, до яких підключаються 6 дискретних входів, 6 дискретних виходів, 2 аналогових входи, 2 аналогових виходи і 2 загальних дроти.

5. 5 світлодіодних індикаторів, а саме:

- 1 для індикації наявності напруги живлення с 24 В;
- 1 для індикації збою виконання програми;
- 2 для індикації стану комунікації по шині CANopen;
- 1 керований з прикладної програми.

6. Блок з 4-ма перемикачами конфігурації. Перемикачі 2 і 3 використовуються для конфігурування типів ПЧ електроприводів (ЕП) крана.

Електричні характеристики кранової карти наведені в табл.3.1.

Таблиця 3.1 – Електричні характеристики кранової карти

Живлення	Напруга	В	с 24 (від 19 до 30)
Споживчий	Максимальний	А	2

струм	Без навантаження	мА	80
	При використанні дискретних виходів	мА	< 200 (1)
Дискретні входи	Від LI51 до LI60		10 дискретних входів Повний опір: 4,4 кОм Максимальна напруга: 30 В Пороги перемикання: - стан 0, якщо <5 В або дискретний вхід не підключений; - стан 1, якщо > 11 В Загальна точка для всіх карт розширення входів-виходів (2)
Дискретні виходи	Від LO51 до LO56		6 дискретних виходів с 24 В, позитивна логіка з відкритим колектором, сумісні з рівнем вхідних сигналів ПЛК, стандарт МЕК 65А-68 Максимальне комутоване напруга: 30 В Максимальний струм: 200 мА. Загальна точка для всіх карт розширення входів-виходів (2)
Підключення входів-виходів	Тип контактів		Гвинтове з'єднання з кроком 3,81 мм
	Максимальний перетин монтажного кабелю	мм ²	1,5 (AWG 16)
	Момент затягу	Н*м	0,25
Літієва батарея	Термін служби		8 років

Кранова карта вбудованого контролера має спеціальну оперативну пам'ять RAM (NVRAM), призначену для зберігання змінних. Для того щоб виключити втрату інформації з даного типу оперативної пам'яті RAM, на ній повинна бути встановлена літієва батарея резервного живлення, яка дозволяє зберегти інформацію при відключенні напруги живлення карти. Перед установкою програмованої карти вбудованого контролера в перетворювач частоти необхідно переконатися, що батарея резервного живлення вставлена в карту. Вона являє

собою квадратний модуль, який фіксується на модулі оперативної пам'яті RAM. Функції входів-виходів наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Функції входів-виходів

Дискретні входи кранової карти	Функції
LI51	Активізація функції анти-розгойдування
LI52	КВ зупинки стріли вправо і вліво (1)
LI53	КВ уповільнення стріли вправо і вліво
LI54	КВ зупинки крана
LI55	КВ уповільнення крана
LI58	Висота троса bit 1
LI59	Висота троса bit 2
LI60	З вантажем чи без нього
LI58	Обмежувач висоти підйому (позитивна логіка)
LI60	З вантажем чи без нього
LI58	Вантаж у верхньому положенні
LI59	Вантаж в середньому положенні
LI60	Вантаж у нижньому положенні

4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ БАЛКЕРОМ

4.1 Система дистанційного управління ГД

Система дистанційного автоматизованого управління (ДАУ) Auto Chief C20 двигуном типу MAN B&W є електричною і забезпечує автоматизацію виконання алгоритмів пуску, реверса, зупинки, зміна режиму роботи двигуна відповідно до отриманої команди з ходового містка. Установка забезпечує захист двигуна, сигналізацію про несправності в системі й контроль за правильністю виконання команди. При маневруванні система ДАУ виконує подану команду, не вичікуючи виконання попередньої команди.

Основні елементи ДАУ розташовуються в машинному відділенні, у ЦПУ й на ходовому містку. У машинному відділенні знаходиться гідравлічна система керування, повітряна система пуску, цифровий регулятор та електричний актуатор, блок безпеки ГД, датчики обертання валу ГД.

У центральному пості керування встановлені: Data chief C20 (система сигналізації та моніторингу), система машинного телеграфу, табло маневрене, сигнальне і виконуваних операцій (мнемосхема); головний вимикач, що встановлює режим керування двигуном (дистанційний - позиція "Включено", ручний - позиція "Машинний телеграф"); маневрений пост керування двигуном, на якому є рукоятка реверсів, пускова рукоятка, паливна рукоятка й покажчик навантаження.

На ходовому містку встановлений машинний телеграф (основний і два на крилах містка, зв'язані між собою механічно), табло маневрене, сигнальне і виконуваних операцій (мнемосхема), самопис виконуваних команд.

Живлення системи ДАУ здійснюється змінною напругою 440 й 220 В и постійною напругою 24В. Система ДАУ управляє електричним актуатором реверсування й повітряною системою пуску двигуна.

Регулювання частоти обертання двигуна здійснюється наступним чином. Необхідний швидкісний режим СДВС, установлений машинним телеграфом на містку, передається за допомогою сельсина-датчика, що перебуває в

центральному телеграфі, керування сельсину-приймачу (СП), розташованому в сервомеханізмі (DGU) регулятора частоти обертання.

Схема ДАУ забезпечує підвищення частоти обертання двигуна до номінальної по нормальній програмі без якого-небудь додаткового втручання. Уповільнена або прискорена програма забезпечуються лише після відповідного їхнього включення.

Уповільнена програма використовується звичайно при підвищенні частоті обертання двигуна від 80 до 101 об/хв. для поступового прогріву СДВЗ, для зменшення його теплових навантажень. Прискорена програма використовується тільки при аварійній ситуації. Швидкість зменшення частоти обертання двигуна завжди однакова. Для проходження діапазону критичної частоти обертання (47-57 про/хв.) з максимальною швидкістю 10 об/хв. Використається спосіб включення електричного актуатора для проходження цієї зони на максимальній швидкості.

Система автоматизації Auto Chief C20- це система управління, модульний проект якої дозволяє налаштувати систему до індивідуальних умов, починаючи від виду двигуна і закінчуючи гвинтом.

Складається з таких систем як:

- система сигналізації та моніторингу;
- допоміжна система контролю;
- система розподілення потужності;
- система автоматизації баласту;
- HVAC (кондиціонування повітря);
- підтримка керування.

Система управління розроблена для дистанційного управління головним двигуном від телеграфа. Переміщуючи це важіль система автоматично почне виводити двигун на задану швидкість.

Головними компонентами системи Auto Chief C20 є:

- панель управління;
- система дистанційного управління;
- система машинного телеграфу;

- система безпеки головного двигуна;
- система цифрового регулятора;
- регістратора маневрів.

Система Auto Chief C20 виконує вимоги ІМО, ІАСS та одинадцяти кваліфікаційних організацій. Вона розроблена для того, щоб полегшити роботу і став можливим без вартовий режим роботи в машинному відділенні. Система включає в собі останні технології, апаратних засобів та програмного забезпечення. Система також адаптована до військових суден та пройшла стандартизацію військових (QA).

Система безпеки головного двигуна має такі функції :

- Shut Down Warning
- Cancel Shut Down
- Shut Down Active
- Slow Down Warning
- Cancel Slow Down
- Slow Down Active
- Over-speed
- Emergency Stop

4.1.1 Структурна схема й алгоритм системи керування обертання валу головного двигуна

Розглянемо систему контролю обертання валу головного двигуна. Вона складається з:

- панелі Auto Chief (АСР);
- регулятора (GOV);
- Серво-блоку ;
- електричного актуатора;
- системи читання оборотів валу ГД.

Складемо структурну схему системи контролю обертання валообертального двигуна.

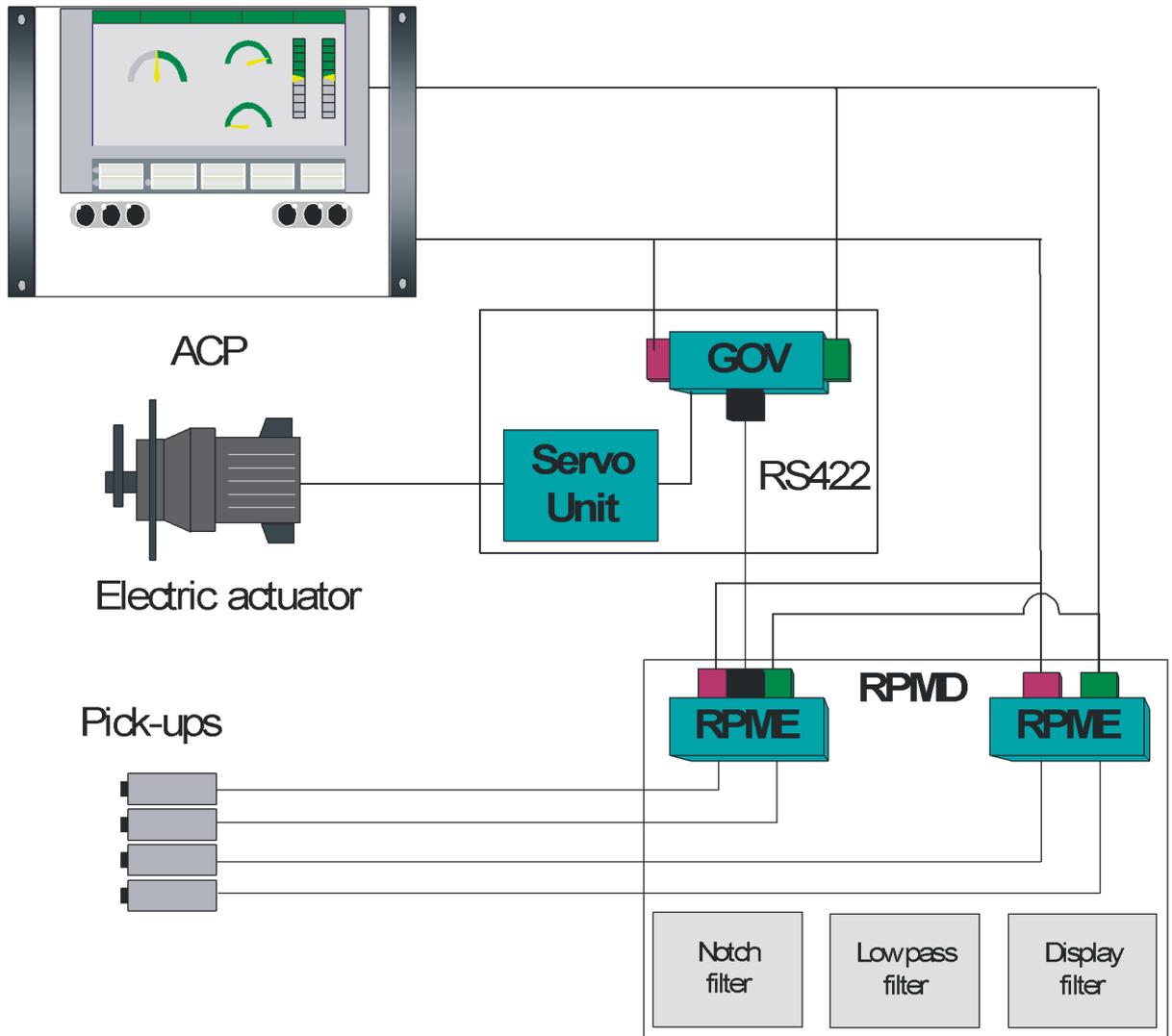


Рисунок 4.1 – Структурна схема системи контролю обертання валу ГД

Регулятор використовує електричний двигун який з'єднаний з актуатором та електронним регулятором.

Функції регулятора:

- контроль швидкості ГД та відповідності цієї швидкості до заданої уставки оператором.
- Захист двигуна від перенавантаження.
- Постійне підтримування потрібної кількості пального.
- Змашення циліндрів залежно від навантаження.

Функції актуатора:

- підтримка та керування паливної рейки в правильному положенні, в залежності від заданого регулятором.

- при неполадці блокувати пальне для зменшення швидкості.

Управління ДАУ ГД є містка то управлінням регулятора займається дистанційна система керування. Якщо управління ГД з машинного відділення то управлінням регулятора буде займатися Auto Chief C20 який знаходиться в ЦПУ.

Система читання обертів валу ГД працює наступним чином. Auto Chief C20 системи регулятора відсилає оберти ГД до Auto Chief C20 системи читання обертів ГД, інформація передається за допомогою комунікаційних ліній RS422, а потім інформація повертається до Auto Chief C20 за допомогою комунікаційної сітки CAN.

4.1.2 ГСА алгоритму системи контролю обертання валу ГД

Для організації прогностичного контролю вибираємо період τ - це період опитування всіх датчиків заданого об'єкта. Хоча процеси в ГД не дуже швидкоплинні, з огляду на відносно невелику кількість датчиків і висока швидкодія сучасних ЕОМ, приймаємо період опитування датчиків τ рівним 1 сек.

Швидкість зміни параметра обчислюється шляхом обчислення поточного значення узагальненого параметра $K_{оп}(t)$ попереднього значення узагальненого параметра $K_{оп}(t-1)$ по наступній формулі:

$$v_{коп} = \frac{K_{оп}(t-1) - K_{оп}(t)}{\tau} *$$

Будемо вважати, що надалі швидкість зміни узагальненого параметра буде постійної, обчислюємо прогноз часу, коли параметр вийде за норму по формулі:

$$\Delta t = \frac{K_{оп}(t) - K(\min)}{v_{коп}} **$$

Якщо отримане значення Δt виявляється менше наперед заданого $\Delta t_{доп}$, те операторові система видає сигнал, що Кіп інтенсивно падає.

Складемо графу-схему алгоритму системи контролю обертання валу ГД із прогнозуванням (рис. 4.2).

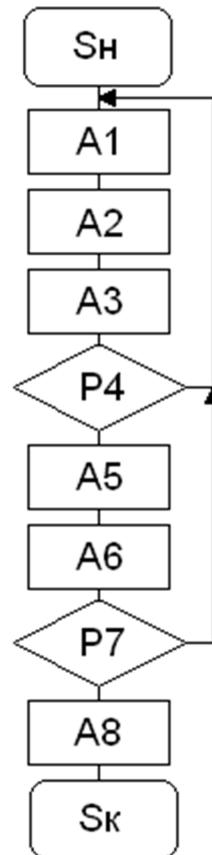


Рисунок 4.2 – Графа-схема алгоритму системи контролю обертання валу ГД

A1 - Опитування всіх датчиків системи

A2 - Визначення K_{ip} у цей момент часу

A3 - Запам'ятовування значення $K_{ip}(t)$ і присвоєння йому індексу $K_{ip}(t-1)$;

P4 - Кількість опитувань датчиків більше двох?

A5 - Визначення $v_{коп}$ – швидкості зміни K_{ip} по формулі *;

A6 - Визначення часу відходу параметра за норму по формулі **;

P7 - Значення Δt менше $\Delta t_{доп}$

A8 - Видача попереджувального сигналу операторові й формування сигналів на проти-аварійного керування ГД.

4.2 Технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв та радіозв'язку

Імпульсні суднові навігаційні РЛС (ИСНРЛС) використовуються в судноводінні для виявлення, визначення координат і параметрів руху різних надводних і берегових об'єктів, берегової лінії й інших перешкод, здатних відбивати енергію зондувальних сигналів убік РЛС. Імпульсні суднові навігаційні

РЛС (ИСНРЛС) використовуються в судноводінні для виявлення, визначення координат і параметрів руху різних надводних і берегових об'єктів, берегової лінії й інших перешкод, здатних відбивати енергію зондувальних сигналів убік РЛС. Рішення цих завдань дозволяє забезпечити безпека мореплавання при знаходженні судів в вузькостях і інших стиснутих умовах; безпечна розбіжність судів при зниженій або обмеженій видимості; визначення місця судна по відомих берегових або плавучих орієнтирах і за допомогою спеціально встановлюваних РМО. ИСНРЛС повинні мати достатню розв'язну здатність, точністю виміру відстаней і напрямків на виявляють об'єкти, що, мінімальними габаритними розмірами й масою всієї установки, забезпечуючи при цьому:

- круговий огляд по азимуті, що дає можливість контролювати навколишню надводну обстановку в заданому радіусі дії;
- орієнтацію зображення відбитих сигналів від об'єктів на екрані індикатора як щодо курсу судна (діаметральної площини), так і щодо меридіана (широкого норду);
- надійне виявлення як більших, так і малих низько-розташованих надводних об'єктів (буї, шлюпки, різні перешкоди) при наявності перешкод від схвильованої морської поверхні, гідрометеорів (дощ, туман, сніг та ін.);
- дальність виявлення об'єктів незалежно від амплітуди хитавиці судна;
- відтворення на екрані індикатора як відносного, так і широкого руху об'єктів.

Лаг

Індукційний лаг ИЭЛ-2М призначений для виміру швидкості судна й пройденої відстані. Він є відносним вимірником швидкості для індикації швидкості судна й пройденої відстані. Обидва індикатори постачені дистанційною передачею.

Ехолот

У комплект ехолота входять наступні прилади:

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Ехолот М-3Б характеризується наступними технічними даними. Самопис має три діапазони: 0-50, 40-90 і 0-500 м. Крім того, є піддіапазон «Малі глибини» (МГ) - менш 10 м. У самописі можна встановлювати повільну або швидку (у два рази більшу) протягання паперу при вимірі глибин у тому самому діапазоні: 20 і 40 мм/хв. у діапазонах 0-50 і 40-90 м; 2 або 4 мм/хв. у діапазоні 0-500 м. Довжина паперової стрічки в рулоні дорівнює 20 м.



Рисунок 4.3 – Склад комплекту ехолоту

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

діапазон 0-50 м - наявність нульової (суцільний) лінії й лінії умовної оцінки (штрихової), розташованої над нульовою;

діапазон 40-90 м - відсутність і нульової лінії, і лінії умовної оцінки;

діапазон 0-500 м - наявність тільки нульової лінії.

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

Радіолокатор

Вибір радіолокаційного обладнання робиться з урахуванням вимог Конвенції СОЛАС - 74. На даному судні представлено радіолокаційне обладнання фірми KRUPP ATLAS 8600 й DATA BRIDGE. Це обладнання дозволяє також вести автоматичну радіолокаційну прокладку, включаючи спостереження на шкалах далекого огляду. Сучасні засоби автоматизованої радіолокаційної

прокладки - САРП являють собою електронні пристрої обробки радіолокаційних даних, призначені для попередження зіткнень суден і рішення навігаційних завдань. Застосування САРП на суднах морського флоту регламентовано виправленням до правила 12 глави 5 Міжнародної Конвенції по охороні людського життя на морі, 1974 р.

Система автоматизованої радіолокаційної прокладки «DB-7»

Найпоширенішою закордонною САРП, використовуваною на суднах морського флоту, є система DB-7 («Data-bridge-7») виробництва норвезької фірми.

Як й «Бриз-І», вона ставиться до класу систем з автономним індикатором ситуацій і векторною формою відображення руху цілей. Вона може сполучатися з тими ж РЛС і датчиками навігаційної інформації, що й «Бриз-Е».

Особливістю DB-7 є можливість її використання для вирішення таких навігаційних завдань, як визначення поточних географічних координат свого судна, параметрів його зносу, а також для контролю за переміщенням судна по заданому фарватері. Відповідні програми обчислювального пристрою засновані на безперервному автоматичному супроводженні нерухомих орієнтирів з відомими координатами. Інша особливість складається в можливості відтворення на екрані індикатора: ліній, що обмежують фарватер; крапок поворотів; спрощених радіолокаційних карт часто відвідуваних районів, що зберігаються в пам'яті обчислювального пристрою (до чотирьох).

САРП DB-7 забезпечує ручне й автоматичне введення цілей на автосупровід. На відміну від інших ЗАРП автозахоплення цілей виробляється в зоні захоплення, конструюємої самим оператором. Для побудови зони захвата оператором вибирається й уводиться ширина зони пошуку, мінімальна зона виявлення й тінєвих секторів. Максимальна дальність пошуку за курсом становить 24 милі. Ця особливість дозволяє виключити переповнення пам'яті обчислювального пристрою ЗАРП при плаванні в стиснутих водах і при наявності надмірно великої кількості цілей. Берегові маси в зоні пошуку можуть бути виділені бар'єрними лініями, що вводять оператором вручну. При ручному захопленні забезпечується автосупроводження до 20 цілей, при автоматичному -

до 50 цілей. У системі передбачене автоматичне регулювання розмірів строби автосупроводження з метою підвищити надійність супроводу цілей.

Крім зазначеної вище навігаційної інформації, на екрані індикатора ситуацій відображаються первинна радіолокаційна обстановка (що дозволяє використовувати DB-7 у режимі звичайної РЛС у випадку виходу з ладу обчислювального пристрою). Передбачено ручний й автоматичний захист від перешкод внаслідок дощу й морського хвилювання, а також перешкод, створених сусідніми РЛС; символи супроводжуваних цілей; вектори цілей (до 20) у режимах відносного або широго руху. Орієнтація зображення може здійснюватися стосовно меридіана, ДП і заданому курсу (у режимі відносного руху); стосовно меридіана й заданого курсу (у режимі широго руху).

Центр розгорнення може бути зміщений на відстань до 70% від величини шкали дальності. В DB-7 передбачені шкали дальності: 3/8; 3/4; 1,5; 3; 6; 12; 24; 48 й 96 милі й нерухомі кола дальності: 1/8; 1/4; 3/8; 1/2; 1; 2; 4; 8; 16 миль.

На відміну від ЗАРП «Бриз-І» у системі DB-7 вся результуюча інформація відображається на окремому буквено-цифровому табло. Формат відображення складається з 6 рядків по 40 знаків. У випадку небезпечної ситуації (ознакою чого служить відхилення Дкр й Ткр від введених оператором граничних значень), а також при втраті цілей спрацьовують візуальна й звукова сигналізація.

Передісторія руху цілей відображається у вигляді послідовності п'яти останніх позицій мети, розділених рівними інтервалами часу. Передбачено можливість дворазового послідовного програвання маневру свого судна курсом і швидкістю для вибору маневру на розбіжність. У випадку якщо в режимі програвання якою-небудь метою будуть порушені попередньо задані установки Дкр, Ткр, спрацьовує попереджувальна сигналізація.

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

Доступ будь-якого комп'ютера суднової мережі до пристроїв вводу-виводу або контролерів здійснюється за допомогою OPC - сервера. OPC - сервери можуть

розташовуватися на декількох комп'ютерах або контролерах, і доступ до будь-якого з них може здійснюватися з будь-якого комп'ютера мережі.

Приклад архітектури такої системи показаний на рис. 4.3. Вона є достатньо загальною і широко використовується як для лабораторної автоматизації, так і для автоматизації технологічних процесів. Окремі суднові мережі можуть мати різні протоколи і містити устаткування різних виробників, а також різне фізичне середовище передачі даних - оптоволокно, мідні дроти, радіоефір (через радіо-або GSM-модеми) і ін. Звичайно OPC-сервер працює тільки з одним або декількома портами вводу-виводу комп'ютера, до кожного з яких підключена одна промислова мережа, тому кількість OPC-серверів в системі менше або рівно кількості промислових мереж. Завдяки наявності мережі Ethernet в систему легко можуть бути включені сервери баз даних, комунікаційні сервери, веб-сервери, принтери, плоттери, АТС, факси, технологічне устаткування і інші пристрої з Ethernet-інтерфейсом .

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

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

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

Нижчий (нульовий) рівень включає датчики і виконавчі пристрої (актуатори): датчики температури, тиску, кінцеві вимикачі, дискретні датчики

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

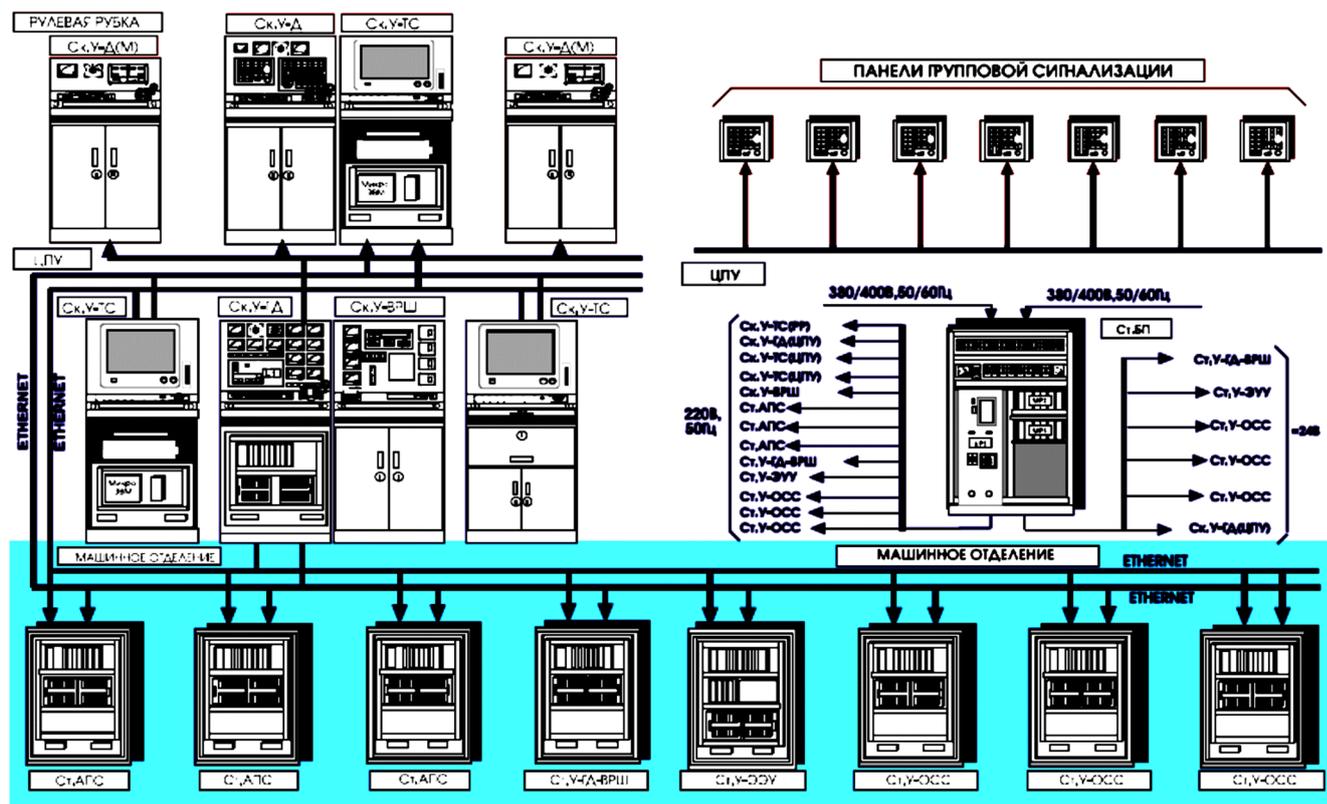


Рисунок 4.4 – Типова сучасна розподілена система автоматизації судна

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

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

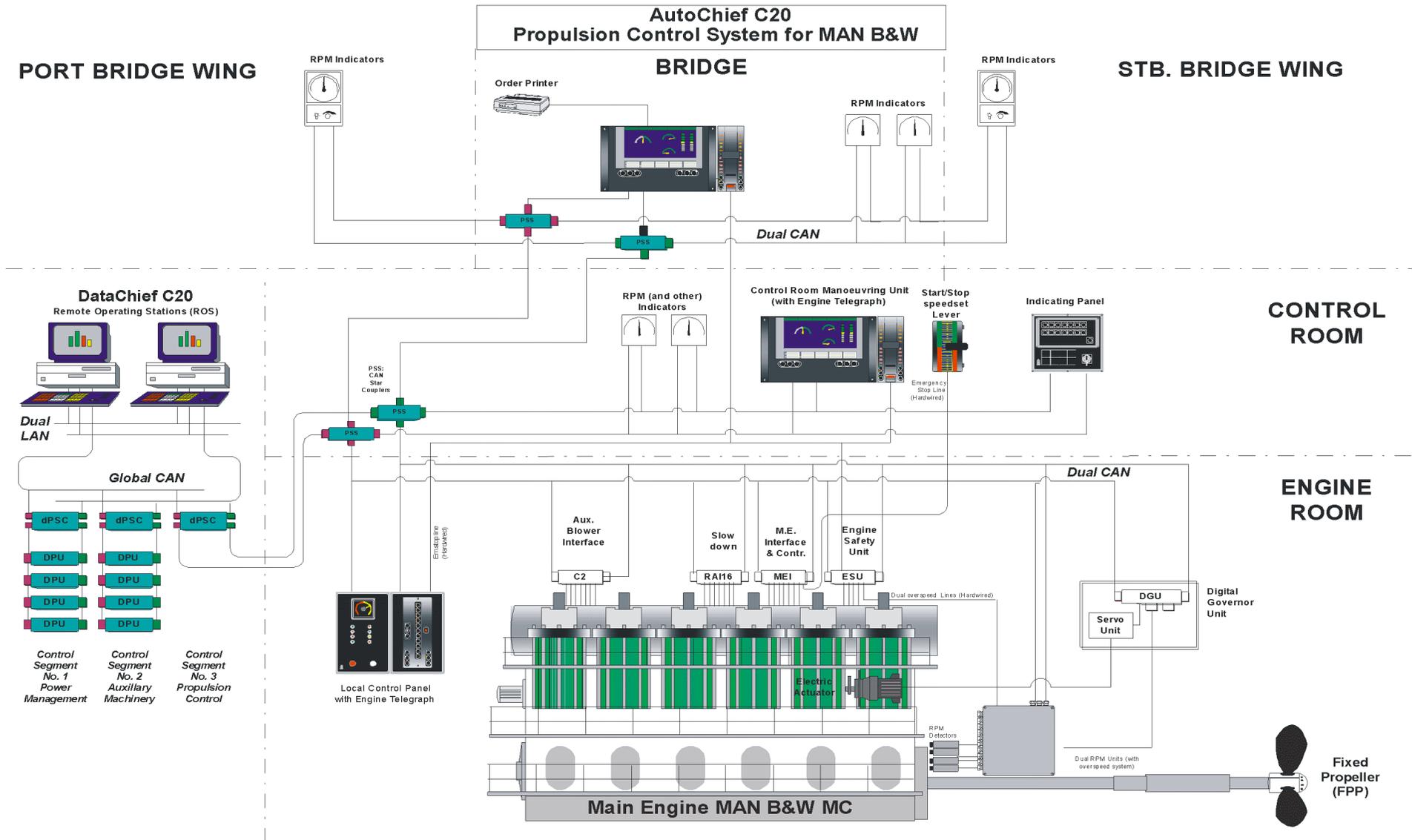


Рисунок 4.5 – Структурна схема інтегрованої системи управління ГД

3.5 РОЗРОБКА ІНСТРУКЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВОГО ВАНТАЖНОГО КРАНУ

Загальні положення

Технічна експлуатація суднових технічних засобів (СТЗ) і конструкцій повинна проводитися відповідно до інструкцій заводів-виготівників і вимог справжніх Правил. В тих випадках, коли інструкції заводів-виготівників не узгоджуються з окремими положеннями Правил, повинні виконуватися вимоги інструкцій.

За відсутності інструкцій заводів-виготівників з експлуатацій СТЗ і у разі потреби розвитку і деталізації вимог, висловлених в Правилах, судновласник зобов'язаний забезпечити розробку інструкцій.

Судновласник має право за наявності достатніх технічних обґрунтувань замінювати або доповнювати окремі положення інструкцій заводу-виготівника. Якщо зміни торкаються документації, злагодженої з органами нагляду, повинен бути одержане висновок цих органів на зміну.

У гарантійний період експлуатація СТЗ повинна здійснюватися тільки в строгій відповідності з інструкціями і рекомендаціями виготівника.

Всі операції, пов'язані з введенням в дію, зміною режимів роботи, висновком з дії, повертанням і розбиранням технічних засобів, повинні проводитися з дозволу, по вказівці або із сповіщенням посадовців (капітана, вахтового помічника капітана, старшого механіка, вахтового механіка, відповідального по завідуванню), якщо це передбачено відповідними пунктами Правил або іншими документами, що регламентують дії суднового екіпажа. Необхідно пам'ятати, що неузгоджено введення в дію, зміна режиму роботи, зупинка або розбирання технічного засобу можуть привести до непередбачуваних наслідків.

Всі дії, пов'язані з технічним використанням, обслуговуванням і ремонтом СТЗ і конструкцій, повинні реєструватися вахтовим механіком в машинному журналі відповідно до інструкції по його веденню.

На судні повинен бути організований облік технічного полягання СТЗ, а також облік наявності і руху змінно-запасних частин і предметів матеріально-технічного постачання. Порядок обліку і форми облікових документів встановлює судновласник.

Технічна експлуатація вантажного механізму

Вантажний пристрій повинен утримуватися в справному стані, необхідному для безпечного та інтенсивного проведення вантажних операцій, схоронності вантажів, що перевантажуються і тари. Тому, окрім проведення періодичних оглядів у встановлені терміни, такелажне оснащення, найважливіші деталі та механізми оглядають перед кожною вантажно розвантажувальною операцією. Відповідно до Правил Регістру кожна відповідальна деталь вантажного пристрою повинна мати клеймо із зазначенням допустимого робочого навантаження. На кожну вантажну стрілу наносять чіткий напис про допустиму вантажопідйомність і датою випробування. Вантажні шкентелі і топенанти повинні бути цільними по всій довжині (без з'єднань). Забороняється застосовувати у вантажних пристроях трос, якщо в будь-якому його місці на довжині, що дорівнює 8 діаметрам троса, загальне число пошкоджених дротів перевищує 10% їх загальної кількості, а також іржаві і сильно деформовані троси.

Забороняється піддавати троси сильним вигинам, з цією метою діаметри шківів блоків повинні бути рівні не менше 13 діаметрам троса для тросів, часто використовуваних в блоках, і не менше 7,5 діаметрам для тросів, використовуваних епізодично. Топенант ланцюга очищають від іржі і фарбують. Забороняється використання ланцюгів, що мають ланки з тріщинами або зносом, складовим 10% первісного діаметра і більше. Вертлюги вантажних гаків повинні бути добре розхожі і змащені, штирі скоб вантажних гаків загвинчені до місця. Штирі, що займають у скобі вертикальне положення, встановлюють головою догори, щоб вони не могли випасти в разі самовідгвинчування. Вантажні скоби, вживані замість гаків для підйому великої ваги, повинні мати штирі, утримувані на місці чеками або шпильками. Блоки періодично змащують, щоб їх шківівільно оберталися. Не допускається використання блоків з тріщинами на

щоках, окутті або шківах, з розігнутим гаком або розтягнутою скобою, зі стертим нагелем або пошкодженою втулкою.

Кожна відремонтована або замінена знімна деталь повинна мати клеймо і сертифікат про випробування її пробним навантаженням.

Обслуговування вантажних кранів повинно здійснюватися відповідно до вимог Правил технічної експлуатації суднових технічних засобів. При обслуговуванні механізованих люкових закриттів належить керуватися вказівками заводських інструкцій.

Вантажні операції відносяться до категорії робіт підвищеної небезпеки. Правила техніки безпеки на судах морського флоту визначають вимоги до вантажного пристрою судна і регламентують безпечні прийоми роботи з люковими закриттями, при підготовці та експлуатації вантажного пристрою, виконанні вантажних операцій.

Так, перед роботою з закриттями системи Мак-Грегора місця проходження тягових тросів необхідно захистити і зробити напис «Прохід закритий». Забороняється ходити по люковим секціях під час їх відкриття, закриття, а також при частковому відкритті. Встановлені у вертикальне положення секції повинні бути надійно застопорені, забороняється залишати їх незастопореними навіть на короткий час. Будь-які роботи в просторі між відкритими люковими секціями можуть виконуватися тільки з дозволу вахтового помічника капітана або керівника робіт. На весь час робіт між секціями на палубі повинен знаходитися матрос, який зобов'язаний стежити за тим, щоб ніхто не зняв стопорів з люкових секцій, що не під'єднав тягові троси до секцій, не включив систему управління люкових закриттів з гідравлічним приводом. На неповністю закритих люкових секціях забороняється проводити будь-які роботи до тих пір, поки не буде встановлено тимчасове леєрне огороження, яке виключає можливість падіння людей в трюм. Леєрами з вивішеними заборонними знаками повинна бути огорожена палуба в місцях проведення перевантажувальних робіт з того борту, у бік якого переміщається вантаж. Не можна спускатися в неосвітлені та не провентильовані трюми. Переносити освітлювальні люстри можна тільки при

знятій напрузі і після того, як усі люди вийдуть з трюму.

Особи, що у вантажних операціях, до початку роботи проходять інструктаж з техніки безпеки. До роботи на вантажопідіймальних механізмах як кранівника і лебідчика, а також в якості стропальника допускаються матроси першого класу та інші члени екіпажу, які пройшли спеціальне навчання і мають спеціальні свідоцтва.

До роботи на великовагових пристроях допускаються тільки спеціально підготовлені члени екіпажу, прізвища яких оголошені наказом по судну після здачі ними іспиту. Сигнальниками можуть призначатися тільки досвідчені матроси першого класу. Лебідчик або кранівник виконує всі сигнали, подані тільки сигнальником, крім сигналу аварійної зупинки, який повинен бути виконаний незалежно від того, ким і яким способом він поданий. Всякий незрозумілий сигнал слід сприймати як сигнал зупинки. Сигнал про підйом вантажу може бути поданий тільки після того, як стропальник підтвердить, що вантаж застроплений належним чином, і сигнальник переконається, що переміщення не наражає на небезпеку людей, що працюють в трюмі або на палубі.

При роботі на лебідках і кранах забороняється:

- піднімати вантажі, маса яких більше вантажопідйомності стріли або крана;
- допускати нерівномірне натягнення всіх гілок при підйомі вантажу з використанням багато виткових стропів;
- поправляти стропи, коли вантаж знаходиться на вазі, розстроплювати вантаж перш, ніж він твердо не встав на прокладки;
- розгойдувати вантаж для укладання його поза радіусом дії стріл або крана;
- піднімати вантаж з розташованими на ньому людьми або незакріпленими предметами, а також вантаж, що знаходиться в нестійкому положенні або закладений іншими вантажами;
- відтягувати, розгортати і зупиняти розгойдуючийся вантаж під час підйому, переміщення або опускання без застосування спеціальних відтяжок.

Крім того, при роботі на лебідках і кранах не можна:

- подавати вантаж у трюм без попереджувального окрику або сигналу, якщо в трюмі перебувають люди;
- подавати в трюм вантаж до того, як з просвіту люка буде прибраний раніше поданий вантаж і люди відійдуть в безпечне місце;
- проносити вантаж на висоті менше 0,5 м від конструкцій судна або предметів, що знаходяться на шляху переміщення вантажу;
- залишати по закінченні робіт або під час перерви вантаж у підвішеному стані;
- залишати без нагляду механізми, що знаходяться під струмом;
- перебувати на лінії переміщення вантажу, під вантажем або стрілою, в просвіті люка, а також спускатися в трюм або підніматися з нього при підйомі і опусканні вантажу.

Робота вантажопідйомного пристрою повинна бути припинена у випадках порушення правильної роботи гальм, появи в механізмі ненормальних шумів, пошкодження троса, несправності вимикачів і систематичного спрацювання систем електричного захисту.

При перевантажувальних роботах з небезпечними та легкозаймистими вантажами, крім перерахованого, слід керуватися також Правилами морського перевезення небезпечних вантажів (МОПОГ).

При підготовці крана до роботи необхідно зробити зовнішній огляд, переконатися у справності барабанів, турачок, тросоукладачів, напрямних роликів, гальм, фрикційних і запобіжних муфт; перевірити дію важелів управління.

При випробуванні крана на холостому ході необхідно:

1. перевірити правильність положення троса на струмках барабана і блоках;
2. переконатися у справності гальмівних пристроїв;
3. перевірити роботу крана роздільно на підйом, спуск, зміну вильоту стріли і поворот в обидві сторони без вантажу, переконатися в спрацюванні кінцевих вимикачів.

Забороняється працювати на крані, що має такі дефекти:

1. несправний гальмівний пристрій;
2. тріщини рам. станин, шестерень;
3. несправності, які можуть викликати падіння вантажу;
4. несправності в системі управління і приводному двигуні.

При використанні крана необхідно:

1. стежити за тим, щоб при намотування на вантажний барабан шкентель лягав рівними рядами і не мав слабини;
2. перемикання кулачкових муфт робити тільки при зупинці;
3. опускання вантажу проводити при включеному приводному двигуні з використанням в необхідних випадках стрічкового гальма.

Забороняється робити перемикання передач редуктора при піднятому вантажі і при працюючому механізмі. При експлуатації кранів підйом вантажу і зміна вильоту стріли повинні проводитися кранівником в таких межах, щоб не допускати спрацьовування кінцевих вимикачів.

Після закінчення роботи крана слід вимкнути муфти зчеплення, послабити стрічкові та колодкові гальма, встановити муфти включення швидкостей в нейтральне положення і встановити корпус крана і стрілу на стопори.

6. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

6.1 Безпека людини на морі

Призначення, структура і аналіз Міжнародної Конвенції з охорони людського життя на морі SOLAS-74/78.

Одним з найважливіших міжнародних документів, присвячених безпеці мореплавання, є Конвенція з охорони людського життя на морі - СОЛАС-74 (The International Convention for the Safety of Life at Sea - SOLAS-74). Вже одна назва цієї міжнародної угоди, до якого приєдналося більшість морських держав, говорить про те, що вона спрямоване на захист життя і здоров'я людей, що працюють в морі, від різного роду небезпек, пов'язаних з їх виробничою діяльністю. Очевидно, що особи, зайняті в судноплавній індустрії, і особливо плавсклад, повинні добре знати і вміти застосовувати норми і вимоги, вказані в Конвенції СОЛАС.

Слід мати на увазі, що в цілому вимоги конструкції, устаткуванню і постачанню, що містяться у зведеному тексті Конвенції, застосовні до суден, побудованим 1 липня 1986 або після цієї дати. Вимоги експлуатаційного характеру поширюються на всі судна, незалежно від дати побудови; виключення обумовлені в тексті самих правил. У різних розділах встановлюються дати застосування певних вимог до нових суден (New ships) і до існуючих судів (Existing ships). При цьому вказується дата і рік закладки кіля. Усі судна, побудовані (закладені) до цієї дати, вважаються існуючими, а після - новими.

Необхідно відзначити, що положення цієї Конвенції застосовуються на всіх етапах "життєвого" циклу судна: при його проектуванні, в період будівлі і під час виробничої експлуатації. На перших двох етапах вимоги безпеки дозволяють спроектувати, побудувати, обладнати і забезпечити всім необхідним судно таким чином, щоб воно в усіх відношеннях (міцність, плавучість, непотоплюваність, остійність) було придатним до використання відповідно до призначення і здатним протистояти чинним агресивним факторам у звичайних умовах морського плавання. На вирішення цих завдань спрямовані зусилля співробітників проектно-

конструкторських організацій і судноверфей, які при цьому керуються міжнародними та національними стандартами і нормативами, правилами класифікаційних товариств, вказівками замовника - судновласника. Одне з перших місць за значимістю в цьому переліку керівних документів займає Конвенція СОЛАС. У період виробничого використання судна як транспортного засобу (20-25 років) практично всі сторони діяльності суднового екіпажу з підтримки корпусу, механізмів, устаткування в нормальному технічному стані і забезпечення безпеки плавання регламентуються відповідними положеннями СОЛАС.

Загальні положення техніки безпеки при виконанні суднових робіт.

Усе суднове устаткування повинне задовольняти вимоги безпеки протягом усього терміну служби. При виявленні будь-якої несправності механізму його треба зупинити. Робочі місця й проходи на судні повинні бути вільними від сторонніх предметів, а також очищені від снігу, льоду, нафтопродуктів. Штучне висвітлення всіх суднових приміщенні повинне відповідати вимогам Санітарних правил. При виконанні суднових робіт члени екіпажа зобов'язано користуватися справним і чистим спецодягом і взуттям.

Усі частини, що рухаються, устаткування, відкриті отвори механізмів, через які можуть виділятися шкідливі гази, пари, промениста енергія, повинні бути надійно обгороджені. Прорізи палуби, відкриті поверхні й робочі місця, розташовані на висоті 500 мм і вище, повинні мати надійні огороження. За укомплектованість судна повним набором переносних знаків безпеки несе відповідальність старшин помічник капітана. Провертання гвинтів можна робити тільки з дозволу вахтового помічника капітана. Запасні частини, різні пристосування й реманент повинні побут надійно закріплені на своїх штатних місцях. Горловини ємностей, у яких зберігаються займисті рідини, а також суднові запаси води повинні бути щільно закриті. Пролиті бензин, гас і інші нафтопродукти необхідно негайно вилучити. Для висвітлення пожежонебезпечних приміщенні можна користуватися тільки переносними акумуляторними ліхтарями вибухобезпечної конструкції. Відвідування людьми

неосвітлених трюмів і твіндеків не допускається. Спуск людей у трюм дозволяє вахтовий помічник. На доступних для огляду місцях повинні бути розміщені схеми шляхів евакуації людей із суднових приміщенні в аварійних ситуаціях. Будь-які палубні роботи виконуються під спостереженням керівника робіт, без дозволу якого не можна залишати доручену роботу. У штормових умовах палубні роботи проводяться тільки з дозволу старшого помічника капітана й під його керівництвом. Перед пуском механізмів необхідно переконатися в їхній справності й сповістити про це людям, що перебувають поблизу механізмів. Забороняється включати в роботу несправні механізми, а також залишати без нагляду працююче встаткування. При виконанні суднових робіт члени екіпажа зобов'язано користуватися спецодягом, спец взуттям і запобіжними пристосуваннями, тобто рукавицями, рукавичками, касками, окулярами, протигазами, поясами та ін. При роботі забороняється встановлювати ненадійні й незакріплені леерне огороження, захаращувати проходи сторонніми предметами. При роботі зі сталевими й рослинними канатами забороняється перебувати й тримати руки на відстані ближче 1 м від барабанів, кнехтів, блоків, з яких вибирається канат. При роботі з канатами із синтетичних матеріалів ця відстань повинна бути не довше 2-3 м. Необхідно уважно стежити, щоб не потрапити ногою в петлі рознесеного на палубі каната, тому що при швидкому підбуренні каната нога може бути притиснута ім. Забороняється перебувати поблизу сильно натягнутих канатів, а також на лінії напрямку тяги. Якщо необхідно послабити канат, його послабляють без зняття шлагів з барабанів. Виконуючи роботи на палубі, не можна перегинатися через фальшборт і леерне огороження. Якщо необхідно зробити роботи за огороженням або при знятих огороженнях, слід надягти запобіжний пояс і закріпитися рятувальним кінцем за суднові конструкції.

6.2 Безпечні засоби доступу на судно

Безпечний доступ на судно в портах повинен забезпечуватися за допомогою забортних трапів або сходень, що переміщаються одночасно з рухом судна, наприклад, під час припливу й відливу або при переміщенні уздовж причалу.

Коли не представляється можливим застосувати забортні трапи, можна використовувати переносні трапи або штормтрапи. Адміністрація судна зобов'язано стежити за тим, щоб усі суднові тропи були в справності. При експлуатації слід звернути увагу на будь-які виявлені тріщини, іржу або корозію в конструкції забортних трапів і сходень. Будь-які дефекти, які можуть привести до нещасних випадків, повинні бути усунуті до використання трапа.

Відповідальність за технічний стан суднових трапів, сходень і штормтрапів несе старшин механік. Відповідальність за безпечну експлуатацію трапів машинних приміщень несе вахтовий механік. За безпечну установку й кріплення забортні трапів, сходень, штормтрапів і напівтрапів відповідає старшин помічник капітана, а за правильне їхнє використання під час стоянки судна — вахтовий помічник капітана.

Перед установкою трапа відповідальні особи повинні особисто оглянути всі елементи трапа й переконатися в їхній справності. Переходити з берега на судно й назад, із судна на судно дозволяється тільки по надійно закріплених трапах або сходнях після закінчення швартування. Моряки повинні користуватися дозволеними засобами доступу на судно й ніколи не намагатися потрапити на судно або висадитися з нього, переступаючи або перестрибуючи із причалу на палубу або з палуби на причал. Перенесення вантажів, предметів постачання або встаткування слід здійснювати в період, коли основні штатні суднові шляхи доступу не використовуються членами команди. Якщо це неможливо, то необхідно передбачити інші засоби доступу на судно. Для переміщення предметів масою більш 50 кг рекомендується встановлювати спеціальні вантажні сходні (наприклад, при виробництві ремонтних робіт та ін.). При установці трапа необхідно звертати увагу на положення нижнього майданчика трапа щодо причалу. Якщо нижній майданчик трапа перебуває на 0,5 м вище покриття причалу, або нижче його на 0,2 м і більш, те між нижнім майданчиком трапа й причалом повинна бути покладена сходня, надійно закріплена на нижньому майданчику трапа. Якщо нижній майданчик трапа на половину своєї ширини або більш перебуває над водою, а не над причалом, то під неї підводить *запобіжна*

сітка, що виключає можливість падіння людей у воду. Запобіжна сітка повинна також натягтися під частинами марш трапа, розташованими над водою. Сітка повинна виступати за розташовані над водою частини нижнього майданчика трапа або бічні частини сходні не менш чому на 1500 мм. По можливості забортні трапи повинні мати поворотний майданчик, нековзні щаблі й котки або ролики під нижньою частиною; регулювання нахилу трапа повинне бути таким, щоб кут нахилу щаблів забезпечував тверду опору. При невеликому куті нахилу трапа (менш 30°) з, що не повертаються щаблями слід установлювати поверх сходів трапа й надійно закріпити дощатий настил (сходню) з поперечними планками. Сходня повинна бути надійно закріплена. Якщо судна *ошвартовані лагом (бортами)*, то для безпечного проходу з одного судна на інше звичайно встановлюють сходню. Якщо сходню встановлюють на фальшборт, то для підйому на неї повинен бути поставлений і надійно закріплений напівтрап з поручнями. У всіх випадках для безпеки пересування трапи й сходні обладнуються стійками з туго натягнутими й надійно закріпленими леєрами або ланцюговими огороженнями по обидва боки. На борті в трапів і сходень у *доступному місці повинен перебувати рятувальне коло* із закріпленням на ньому кінцем, довжина якого вибирається з урахуванням висоти борту судна, але не менш 27,5 м. У зимовий час трапи й сходні необхідно очищати від снігу й льоду й посипати піском.

Використовувати замість трапів і сходень переносні сходи, доски й т.п. заборонене. Підходи до всіх трапів і сходням повинні бути вільні, а вночі досить освітлені не сліпучим світлом. Вахтовий у трапа зобов'язано забезпечити порядок проходження по трапу (дотримання черговості, рух «не в ногу», виключення зустрічних потоків і скупчення людей на маршах і майданчиках).

Лоцманські підйомники або трапи, застосовувані для приймання й висадження лоцманів на рейді, повинні відповідати вимогам Правил для лоцманських трапів, прийнятих ІМО (Правило 17 гл. V міжнародної конвенції по охороні людського життя на морі, 1974 р.). При сприятливих погодних умовах для приймання й висадження лоцманів може бути використаний забортний трап.

Для спуска людей у шлюпки, виконання забортних робіт, а також в аварійних випадках на судах використовуються *штормтрапи*. Конструкція й типи штормтрапів повинні задовольняти рекомендаціям з лоцманських трапів, сформульованих у гл. V Міжнародної конвенції по охороні людського життя на море, 1974 р. При установці штормтрапа необхідно надійно закріпити за корпус судна. Забороняється кріпити штормтрап на борті за балясини. При необхідності в місця установки штормтрапа поставити й закріпити напівтрап з поручнями. *Спуск і підйом по штормтрапах допускається тільки по однакові*. При цьому необхідно триматися за тятиви або середній канат з мусингами. Штормтрап повинен мати справні балясини, цілі тятиви й достатню довжину, тобто стосуватися дна шлюпки або поверхні води. У виняткових випадках, коли пересадження людей із судна можлива тільки за допомогою вантажної стріли й лебідки, слід дотримуватися наступні заходів обережності:

-контейнер для перенесення людей повинен бути міцним і достатніх розмірів, щоб практично виключити можливість випадання людей при транспортуванні;

-якщо єдиним способом транспортування є альтанка або інше аналогічне пристосування, то переміщення можна здійснювати тільки за згодою тієї особи, яку треба перенести;

-у всіх випадках необхідно надягти рятувальні нагрудники або інші рятувальні засоби, а якщо використовується альтанка, то слід надягти рятувальне спорядження.

Будь-які перевезення людей або предметів постачання на судно або із судна за допомогою вертольота повинні „ здійснюватися під керівництвом одного особи. Порядок дії впливає „ належним чином спланувати й погодити з організацією, що відає вертольотом, а також з пілотом. Місця посадки й розміщення повинні бути погоджені з „ компетентними владою або компетентним, лідом. На палубі не повинне бути нікого, крім членів аварійної партії. Особи,, підмети перевезенню, повинні бути в безпечному місці або на безпечній відстані доти, поки вертоліт не сяде або не буде даний сигнал, що він

ГОТОВИЙ ДО ЗЛЬОТУ.

6.3 Системи водяного пожежогасіння

На всіх судах система водяного пожежогасіння є основною й призначена для гасіння пожежі компактними або розпиленими струменями від ручних або лафетних пожежних стовбурів.

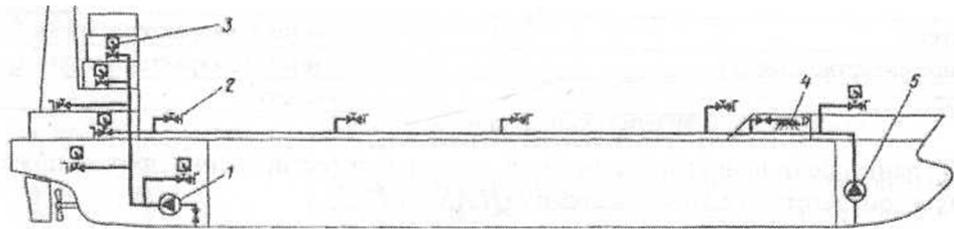


Рисунок 6.1 – Установка водяного пожежогасіння: 1— головний пожежний насос; 2 — пожежний кран; 3 — комплект шлангів; 4 — спринклер; 5 — аварійний пожежний насос.

Гасіння твердих горючих матеріалів і конструкцій, як правило, проводиться потужними компактними струменями води. У таких випадках вода, що подавати під більшим тиском до вогнища пожежі, виявляє не тільки охолодне, що й розбавляє, але й механічний вплив, збиваючи полум'я й розкидаючи в сторони частини палаючих предметів. Проникаючи через незначні нещільності конструкції, вода прохолоджує їх і обмежує подальше поширення вогню. На заключній стадії гасіння твердих горючих матеріалів воду подають мілкорозпиленими струменями для збільшення обсягу одержуваного з неї пари.

Для гасіння легкозаймистих і горючих рідин можна застосовувати воду тільки в розпиленом стані різної дисперсності. Інтенсивність подачі розпиленої води при гасінні палаючих нафтопродуктів становить $0,2...0,76$ л/с m^2 . Краплі води, потрапляючи в область високих температур, майже повністю випаровуються. пара, що утворюється, витісняючи повітря з палаючого приміщення, знижує концентрацію вибухонебезпечних газів. При гасінні нафтопродуктів необхідно враховувати та обставину, що їх питома вага менше, чим у води. У цьому випадку не можна допускати великого скупчення води в

палаючому приміщенні. Спливаючи на її поверхню речовини, що горять, можуть разом з водою розтікатися по інших приміщеннях. Вода в такий спосіб буде сприяти поширенню пожежі.

Палаючі: бензин, бензол, толуол гасять розпиленою водою з діаметром крапель не більш 0,1 мм. При гасінні пожеж дизельного палива, мастил і інших займистих рідин не потрібно така висока дисперсність води. Розпилені струмені можуть мати краплі більшого розміру (0,3...0,5 мм). Подавати розпилену воду на палаючі легкозаймисті рідини необхідно одночасно на всю площу горіння з висоти не менш 1 м.

Однак, поряд з важливими позитивними якостями, вода має й серйозні недоліки, які необхідно враховувати при її застосуванні.

Для гасіння пожеж на судах використовують звичайно морську (рідше прісну) воду, що містить різні солі, що визначає її високу електричну провідність. У зв'язку із цим забороняється застосовувати воду для гасіння палаючого електроустаткування, що перебуває під сполученням, через небезпеку коротких замиканні й можливих поразок людей електрострумом. Якщо з якої-небудь причини неможливо використовувати інші засоби, то до початку гасіння пожежі водою необхідно знеструмити палаючі електроустановки й електричні мережі.

Небезпечно застосовувати воду для гасіння палаючих речовин, що вступають із нею в реакцію з виділенням при цьому горючих газів. Так, наприклад, при взаємодії води з калієм, кальцієм, натрієм, виділяється водень, що утворює в з'єднанні з киснем повітря вибухонебезпечну суміш. При взаємодії води з такими речовинами, як селітра, сірчистий ангідрид, перекис натрію, можливий вибухонебезпечний викид і посилення горіння. Гримуча ртуть і нітрогліцерин вибухають від удару струменя води. Вибухають при взаємодії з водою й такі речовини, як карбіди лужних металів і т.д.

Пожежним насосом (якщо резервний перебувають у постійній готовності) можна подавати забортну воду для зрошення трапів і виходів з машинно-казанових відділень, заповнення й осушення баластових цистерн і коффердамів, для миття суднових настрювань і палуб, якірних ланцюгів і клюзів.

Забороняється використання систем пожежогасіння для відсіків, у яких зберігалися нафтопродукти або залишки будь-яких горючих рідин.

Суднова система водогасіння обслуговується звичайно двома й більш стаціонарними відцентровими насосами, що працюють паралельно або послідовно. На великих судах установлюється також стаціонарний аварійний пожежний насос, що має привод від дизельного або газотурбінного двигуна із запасом палива на 15 год роботи. Продуктивність аварійного насоса повинна бути не менш 40% загальної продуктивності пожежних насосів і, у кожному разі, не менш 25 м³/ч. (Правило 4 гл. II-2 80БА5-74). Кількість і розміщення пожежних кранів повинне бути таким, щоб принаймні два струмені води з різних кранів, одна з яких подається по цільному рукавові, доставали б до будь-якої частини судна. На танкерах пуск аварійного пожежного насоса здійснюється як з місця його розташування, так і дистанційно, з відкритої палуби. Основні стаціонарні насоси розташовуються в машинному відділенні судна й приводяться в дію від незалежних приводів вручну й дистанційно. Аварійні насоси розташовують в окремому, ізольованому від МКО приміщенні. Ці насоси, постачені пристроєм для самоусмоктування, включаються в роботу при виході з ладу основних. Подача аварійного насоса повинна забезпечити дія двох суднові пожежні . /стовбурів з найбільшим діаметром сприску. Спринклерна система пожежогасіння

У житлових і службових приміщеннях, а також у постах керування вантажних судів іноді застосовують для гасіння пожеж автоматично діючі спринклерні системи. Обов'язкові такі системи для установки на пасажирських судах місткістю 36 пасажирів і більш і судах типу РО-РО (Резолюція А 800 (19) до правила 12 гл. II-2 Конвенції SOLAS-74). Принцип дії системи полягає в тому, що при виникненні пожежі в охоронюваному приміщенні автоматично відкриваються отвори в спринклерах.

Спринклери повинні бути стійкими до корозії в умовах впливу морського повітря. У житлових і службових приміщеннях спринклери повинні спрацьовувати в діапазоні температур від 68 до 19° С. Спринклери повинні бути стійкими до корозії в умовах впливу морського повітря. У житлових і службових

приміщеннях спринклери повинні спрацьовувати в діапазоні температур від 68 до 79° С.

Система водяного розпилення призначена для гасіння пожежі розпиленою водою в машинних, котельних, вантажних і службових приміщеннях судна. Вона автоматично включається при падінні тиску в системі.

Системи водяних завіс використовуються на судах для захисту окремих конструкцій, перебирань, евакуаційних шляхів, входів і виходів з машинно-казанових відділень.

Дренчерна установка пожежогасіння (мал.33.) по компоюванню магістралей і установці розпилювальних головок аналогічна спринклерної. Трубопроводи у звичайному стані не заповнені водою. При включенні системи пускається насос і подає забортну воду в магістраль до всіх розпилювачів — мілкорозпилена вода покриває площу, що захищається. Дренчерні установки пожежогасіння застосовують для зрошення вантажної палуби судів з горизонтальним навантаженням і танкерів, а також трубопроводів і відкритих поверхонь ємностей газозовів. При виникненні пожежі дренчерна установка прохолоджує металеві палуби й інші конструкції судна, перешкоджаючи поширенню пожежі.

6.4 Міжнародна конвенція по запобіганню забруднення із судів (МАРПОЛ-73/78) - International Convention for the Prévention of Pollution from Ships (MARPOL-73/78)

Прийнято 2 листопада 1973 року, набула чинності 2 жовтня 1983 року, прийнята Україною 25 січня 1994 року. Документ є комбінацією двох інших угод, прийнятих відповідно в 1973 і в 1978 роках. Першим міжнародним документом по запобіганню забруднення моря нафтою була конвенція, прийнята в Лондоні в 1954 році, що й вступила в силу 26 липня 1958 року. Однак цей документ не був досить ефективний для боротьби із забрудненням, і після аварії танкера було ухвалене рішення про його перегляд. В 1973 році була прийнята Міжнародна

конвенція по запобіганню забруднення із судів (МАРПОЛ-73). До 1978 року її ратифікували тільки три держави.

У конвенції МАРПОЛ-73/78 передбачені заходи щодо скорочення й запобіганню забруднення морського середовища як нафтою й нафтопродуктами, так і іншими шкідливими речовинами, які перевозяться на судах або утворюються в процесі їх експлуатації.

Конвенція МАРПОЛ 73/78 застосовується:

- до судів, що плавають під прапором країни - сторони Конвенції;
- до судів, що не плавають під прапором країни - сторони Конвенції, по діючих під юрисдикцією іншої сторони Конвенції.

Будь-яке порушення Конвенції забороняється.

Якщо порушення зроблене, то санкції за таке порушення встановлюється відповідно до законодавства країни - місця порушення. У цьому випадку:

- збуджується переслідування відповідно до законодавства країни місця порушення, або проводиться розслідування порушення й доказові матеріали направляються Уряду держави, прапор якого несе судно, для залучення до відповідальності винних осіб.

Кожне судно, що потрапило в інцидент, пов'язаний із забрудненням морського середовища (аварія, посадка на мілину, зіткнення, пробойна в корпусі й т.п.) зобов'язане негайно передати повідомлення про інцидент відповідно до Протоколу 1 до Конвенції в адресі організації, зазначеної в «Переліку національних пунктів оперативному зв'язку, відповідальних за приймання, передачу й обробку термінових повідомлень про інциденти, зв'язані зі скиданням нафти й інших шкідливих речовин із судів» наведеному у Додатку 1 до Плану надзвичайних заходів по боротьбі із забрудненням нафтою (SOPER)

Конвенція містить два протоколи: Протокол 1 - Положення, що стосуються повідомлень про інциденти, зв'язані зі скиданням шкідливих речовин (Резолюція А.648 (16)); Протокол II - Арбітраж- процедура розв'язку виниклого суперечки між сторонами Конвенції.

Основні правила конвенції МАРПОЛ 73/78 утримуються в шести додатках:

Додаток 1 -Правила запобігання забруднення нафтою;

Додаток II-Правила запобігання забруднення шкідливими рідкими речовинами, перевезеними наливом;

Додаток III-Правила запобігання забруднення шкідливими речовинами, перевезеними морем в упакованні, вантажних контейнерах, знімних танках, автодорожніх і залізничних цистернах;

Додаток IV -Правила запобігання забруднення стічними водами із суден;

Додаток V- Правила запобігання забруднення сміттям із судів;

Додаток VI - Правила запобігання забруднення атмосфери із судів.

При швидкості вітру $V=2\text{м/с}$, час доби – день, 13.00 та суцільної хмарності приймаємо ступінь вертикальної стійкості повітря-ізотермія

Розрахунок еквівалентної кількості речовини у первинній хмарі

Кількісні характеристики викиду СДОР для розрахунку масштабів зараження визначаються за еквівалентним значенням. Еквівалентну кількість $Q_{\text{Э1}}$ (т) речовини у первинній хмарі визначається за формулою:

$$Q_{\text{Э1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0,$$

де: $K_1 = 0,28$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 2); $K_3 = 0,3$ – коефіцієнт, рівний відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодозе СДОР (таблиця 2); $K_5 = 0,23$ – коефіцієнт, що враховує ступінь вертикальної стійкості повітря; для інверсії приймається рівним 1, для ізотермії 0,23, для конвекції 0,08; K_7 – коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря на швидкість утворення первинного хмари (таблиця 2; для стиснених газів $K_7 I = 1$); Q_0 – кількість викинутої (розлитої) речовини, т.

$$Q_{\text{Э1}} = 0,28 \cdot 0,3 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 0,5 = 0,01 \text{ т}$$

Примітки:

1. Щільності газоподібних СДОР наведені для атмосферного тиску: при тиску в ємності, відмінному від атмосферного, щільності газоподібних СДОР визначаються шляхом множення даних, наведених у таблиці, на значення тиску в кгс/см².

2. У таблиці наведені значення K_7 у чисельнику - K_{7I} (для первинної хмари), в знаменнику - K_{7II} (для вторинної хмари).

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

Площа розливу S_p (м²) СДОР:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0 / \rho}{h},$$

где: V_p – об'єм разлившогося СДОР, м³;

$\rho = 1,191 \text{т/м}^3$ - щільність СДОР, т/ м³ (таблиця 2);

$h = 0,05$ м – товщина шару СДЯВ, м.(характер розливу - «вільно». В

$$S_p = \frac{Q_0}{h} = \frac{0,5}{0,05} = 10,0 \text{ м}^2$$

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

Тривалість уражаючої дії Т (год) СДОР розраховується за формулою:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7 \cdot \Pi} + \frac{1}{K_m \cdot v_{\Pi}}$$

де: $K_2 = 0,037$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей СДОР (таблиця 2);

$K_4 = 1,33$ – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (таблиця 3);

$K_7 \Pi = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (таблиця 2);

$K_m = 1,0$ коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість розповсюдження хмари СДОР (таблиця 7.2);(Місцевість відкрита, характер – водна поверхня при ізотермія)

$v_{\Pi} = 12$ м/с - швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря, км/год (таблиця 7.3).(при швидкості вітру $V = 2$ м/с)

$$T = \frac{0,05 \cdot 1,191}{0,037 \cdot 1,33 \cdot 1,0} + \frac{1,0}{1,0 \cdot 12} = 1,29 \text{ часа}$$

Таблиця 7.2 - Значення коефіцієнта K_4 залежно від швидкості вітру

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

Таблиця 7.3 – Значення коефіцієнта K_m в залежності від впливу характеру місцевості

Рельєф місцевості, вид рослинності і забудови	Вертикальна стійкість повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
Водна поверхня, відкрита місцевість	1	1	1
Рівнинний, рідкісні дерева	0,5	0,6	0,6
Рівнинний, густий ліс	0,3	0,4	0,4
Горбистий, рідкісні дерева	0,2	0,3	0,4
Горбистий, густий ліс	0,1	0,2	0,3
Передгір'я, рідкісні дерева	0,1	0,2	0,3
Передгір'я, густий ліс	0,1	0,1	0,1
Рідкісні будівлі	0,2	0,3	0,4
Міська (промислова) забудова	0,2	0,2	0,3
Територія порту	0,2	0,2	0,3

Еквівалентна кількість речовини $Q_{\text{э2}}$ (т) у вторинному хмарі розраховується за формулою:

$$Q_{\text{э2}} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot [K_7] \cdot \Pi \cdot Q_0 / (h \cdot \rho), \quad (5)$$

де: $K_1, K_2, K_3, K_4, K_5, K_7, \Pi$ - коефіцієнти у формулах (1), (4);

K_6 – коефіцієнт, що залежить від N - часу, що пройшов з моменту початку аварії; Значення коефіцієнта приймається K_6 : при $N < T$ $K_6 = N^{0,8}$; при $N \geq T$ $K_6 = T^{0,8}$; при $T < 1$ год K_6 приймається для 1 ч.

$$k_6 = N^{0,8} = 1^{0,8} = 1,0$$

$$Q_{\text{э2}} = (1 - 0,28) \cdot 0,037 \cdot 0,3 \cdot 1,33 \cdot 0,23 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot \frac{0,5}{0,05 \cdot 1,191} = 0,021 \text{ кг}$$

Визначення глибини і площі зони зараження

Визначення глибини зони зараження первинною (вторинною) хмарою СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті ведеться з використанням таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 – Глибина (км) зони зараження

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

У таблиці 6 наведені максимальні значення глибини зони зараження первинним (Г1) або вторинним (Г2) хмарою СДОР, що визначаються в залежності від еквівалентної кількості речовини (його розрахунок проводиться відповідно до пунктів 1.7. і 1.9.) і швидкості вітру. Повна глибина зони зараження ГΣ (км), зумовленої впливом первинної та вторинної хмари СДОР, визначається: $G_{\Sigma} = G' + 0,5 G''$, де Г' - найбільший, Г'' - найменший з розмірів Г1 і Г2.

Отримане значення порівнюється з гранично можливим значенням глибини переносу повітряних мас Гп, що визначаються за формулою:

$$G_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} ,$$

де: N - час від початку аварії, год;

$v_{п}=6$ м/с - швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря при даній швидкості вітру і ступені вертикальної стійкості повітря, км/рік (таблиця 7.4).

За остаточну розрахункову глибину зони зараження Γ (км) приймається менше з двох порівнюваних між собою значень Γ_{Σ} і $\Gamma_{п}$:

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{array}{l} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{п} \end{array} \right. .$$

Шляхом інтерполяції знаходимо значення Γ_1 для $Q_{1\text{Э}}=0,01\text{т}$ і $V=2\text{м/с}$
 $\Gamma_1=0,26\text{м}$

Шляхом інтерполяції знаходимо значення Γ_2 для $Q_{2\text{Э}}=0,021\text{т}$ і $V=2\text{м/с}$
 $\Gamma_2=0,34$ км

$$\Gamma_{\Sigma} = 0,26 + 0,5 \cdot 0,34 = 0,43\text{км} \quad \Gamma_{п} = 1 \cdot 12 = 12\text{км} \quad \text{Приймає } \Gamma=0,43 \text{ км}$$

Площа зони можливого зараження S_B (км²) хмари СДОР визначається за формулою:

$$S_B = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0,$$

де: P – розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi=900$ - кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 7.5).

$$S_B = 3,14 \cdot 0,43^2 \cdot \frac{90}{360} = 0,145\text{км}^2$$

Таблиця 7.5 – Кутові розміри зони можливого зараження СДОР в залежності від швидкості вітру

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

Площа зони фактичного зараження S_{ϕ} розраховується за формулою:

$$S_{\phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2},$$

де: $K_8=0,133$ – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря, приймається рівним: 0,081 - при інверсії; 0,133 - при ізотермії; 0,235 - при конвекції;

$N=1$ година - час, що минув після початку аварії.

$$S_{\phi} = 0,133 \cdot 0,43^2 \cdot 1^{0,2} = 0,025 \text{ км}^2$$

При виконанні розрахунків приймається, що значення поглиненої токсодози даного СДОР, при якому настає смерть людини, відповідає значення летальної токсодози для хлору $LCtCl_2$.

В районі хімічного зараження виділяють зони смертельної концентрації, важких, середніх і легких поразок (рис. 7. 1).

У межах зони смертельних уражень поглинена токсодоза даного СДОР умовно відповідає значенням, що дорівнює або перевищує значення $LCtCl_2$.

У межах зони важких поразок поглинена токсодоза даного СДОР умовно відповідає значенням меншим, ніж $LCtCl_2$, але не нижче, ніж 40% від $LCtCl_2$ або $0,4 \cdot LCtCl_2$.

У межах зони уражень середньої важкості поглинена токсодоза даного СДОР умовно відповідає значенням меншим, ніж 40% від $LCtCl_2$, но не ниже, чем 20% от $LCtCl_2$ или $0,2 \cdot LCtCl_2$.

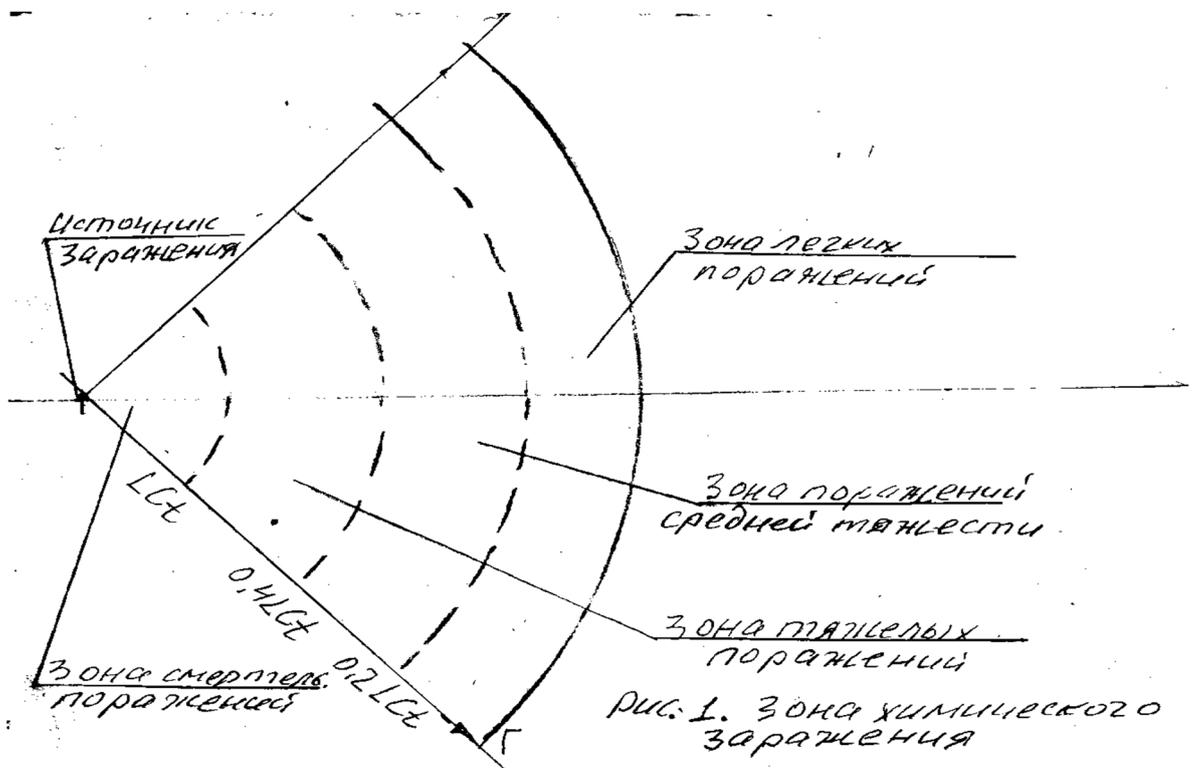


Рис 7.1 – Зони смертельної концентрації, важких, середніх і легких поразок

Звідси випливає, що:

- територія смертельних концентрацій СДОР умовно може бути обмежена радіусом, рівним значенню глибини зони уражень з летальною токсодозой LCtC12;

- територія важких поразок умовно може бути обмежена радіусом, рівним значенню глибини зони уражень з токсодозой $0,4 \cdot LCtC12$;

- територія середніх поразок умовно може бути обмежена радіусом, рівним значенню глибини зони уражень з токсодозой $0,2 \cdot LCtC12$;

- територія легких поразок умовно може бути обмежена радіусом, рівним значенню розрахунковій глибині зони зараження Р.

Глибина зони смертельних уражень Γ_i (км) розраховується за формулою:

$$\Gamma_i = \lambda \cdot K_m \cdot \left(\frac{Q_e}{D_i} \right)^\Psi,$$

де: $K_m = 1,0$ – коефіцієнт впливу місцевості (таблиця 7.5);

$Q_e = Q_{e1} + Q_{e2} = 0,01 + 0,021 = 0,031$ т – загальна еквівалентну кількість ОХВ, що перейшло в первинну та вторинну хмару, т;

$D_i = 6$ мг. хв/л – летальна токсодоза для хлору; $\lambda = 2,31$; $\Psi = 0,580$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 7.6).

$$\Gamma_L = 2,31 \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{0,031}{6,0} \right)^{0,58} = 0,11 \text{ км}$$

Таблиця 7.6 – Коефіцієнти λ і ψ , що залежать від швидкості вітру

Коефіцієнт	Швидкість вітру (u), м/с							
	1 і менш	2	3	4	5	6	7	10
λ	3,73	2,31	1,80	1,52	1,34	1,20	1,11	0,92
ψ	0,606	0,580	0,563	0,551	0,542	0,537	0,531	0,515

Глибина зони важких поразок $\Gamma_{0,4i}$ (км) розраховується за формулою:

$$\Gamma_{0,4i} = \lambda \cdot K_m \cdot \left(\frac{Q_e}{D_{0,4i}} \right)^\Psi,$$

де: $D_{0,4i} = 2,4$ мг. хв/л - значення токсодозы, відповідне 40% летальної токсодозы для хлору.

$$\Gamma_{0,4L} = 2,31 \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{0,031}{2,4} \right)^{0,580} = 0,185 \text{ км}$$

Глибина зони середніх поразок $\Gamma_{0,2t}$ (км) розраховується за формулою:

$$\Gamma_{0,2t} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2t}} \right)^\psi,$$

де: $D_{0,2t} = 1,2$ мг. хв/л - значення токсодозы, відповідне 20% летальної токсодозы для хлору.

Глибина зони легких поразок відповідає значенню розрахункової глибини зони зараження Γ (км), визначеної в п. 3.5 за формулою.

$$\Gamma_{0,2L} = 2,31 \cdot 1,0 \cdot \left(\frac{0,031}{1,2} \right)^{0,580} = 0,277 \text{ км}$$

Розрахунок часу підходу зараженого повітря до об'єкту

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

$$t = \frac{x}{K_M \cdot v_n},$$

де: $x = 1$ км – відстань від джерела зараження до заданого об'єкта, км;

$K_M = 1,0$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість розповсюдження хмари СДОР (таблиця 7.5);

$v_n = 12,0$ м/с - швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря, км/год (таблиця 5).

$$t = \frac{1}{1,0 \cdot 12} = 0,08 \text{ час}$$

Рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

В критичних і екстремальних ситуаціях на морі подальший розвиток подій і успіх у ліквідації наслідків багато в чому залежить від правильності первинних дій особи, що має повноваження приймати рішення.

Найчастіше в подібних ситуаціях час прийняття рішень падає не на самого досвідченого людини на судні, яким є капітан, а на вахтового помічника капітана.

І часом з-за неправильних початкових дій і рішень, ще до прибуття капітана і прийняття ним командування, вихід з екстремальної ситуації приречений на невдачу. До того ж, безліч ситуацій і для капітана можуть виявитися незвичними, а приймати рішення і командувати в таких ситуаціях капітанові доведеться вперше.

Тому представляється актуальною для певної (заданої) надзвичайної ситуації, підготовка варіанта примірного переліку рекомендованих дій (процедур) першого моменту для зменшення людських втрат. Такий перелік процедур, хоча і не передбачає повністю сформувати у курсантів (студентів) вміння правильно реагувати на ті чи інші аварійні ситуації, але допомагає виробити необхідні навички у прийнятті обґрунтованих рішень у складних та екстремальних умовах.

Ці процедури повинні мати нормативно-рекомендаційний характер, але, жодною мірою, не бути стереотипом. Надзвичайні ситуації, особливо в морі, небезпечні несподіваними змінами і поворотами, і тому будь-який стереотип або алгоритм тут неприйнятний. Стереотипні дії можуть призвести до ускладнення ситуації і не дозволяють прийняти правильне рішення при несподіваному, незвичному повороті подій.

ВИСНОВКИ

В ході дипломної роботи було проведено аналіз вимог до механізму та електроприводу вантажного крану, проведено розрахунки для визначення необхідної потужності електропривода, визначено параметри двигуна та перетворювача частоти із врахуванням режимів роботи, обрано за каталогами тип двигуна і перетворювача частоти з елементами, що забезпечують працездатність системи.

Таким чином виконана робота свідчить, що спроектована система електроприводу повністю відповідає вимогам Регістру до електроприводів вантажних кранів.

Підчас розрахунку суднової електроенергетичної системи зроблено:

- розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна;
- аналіз раціональної структури СЕЕС та створена однолінійна схема ГРЩ та АРЩ;
- обрана комутаційно-захисна апаратура ГРЩ;
- обрана система збудження генераторів;
- розраховано провал напруги СЕЕС підчас пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії;
- обрано кабель віддаленого електропривода та перевірено на втрату напруги.

Спроектована СЕЕС повністю відповідає вимогам Регістру.

Виконано аналіз системи дистанційного автоматизованого управління ГД (ДАУ) Auto Chief C20.

Наведені технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем.

Розроблено технологію та інструкцію по експлуатації суднового електрообладнання і засобів автоматизації.

Розглянуті питання охорони праці та цивільного захисту судна.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Воскобович В.Ю., Королева Т.Н., Павлова В.А. Электроэнергетические установки и силовая электроника транспортных средств. / Под ред. Ю.А. Лукомского. // Учебное издание. – СПб.: «Элмор», 2001. – 384 с.
2. Бут Д.А. Бесконтактные электрические машины. Учеб. для вузов. – М.: Высшая школа, 1990. – 342 с.
3. Тимофеев Ю.К. Системы управления судовыми энергетическими процессами. Учеб. для вузов, - СПб.: Судостроение, 1994. – 257 с.
4. Токарев Л.Н. Математическое описание, расчет и моделирование физических процессов в судовых электростанциях. – Л.: Судостроение, 1980. – 316 с.
5. Ремезовский В.М., Токарев Л.Н. Переходные процессы в электро-энергетических системах промысловых судов: Учеб. Пособие/ МГТУ. Мурманск, 1996. – 167 с.
6. Воскобович В.Ю. Исследование и оптимизация ГЭУ: Учеб. пособие – Л.: ЛЭТИ, 1991. – 129 с.
7. Уильямс Б. Силовая электроника: приборы, применение, управление: Справ.пособие: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат, 1993. – 240с.
8. Бурков А.Т. Электронная техника и преобразователи: Учебное пособие. – М.: Транспорт, 2001. – 464с.
9. Воронин П.А. Силовые полупроводниковые ключи: семейства, характеристики, применение – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2001.- 384 с.
10. Справочник по автоматизированному электроприводу / Под ред. В.А. Елисеева и А.В. Шинянского. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 616 с.: ил.
11. Герман-Галкин С.Г. Компьютерное моделирование полупроводниковых систем в MATLAB 6.0: Учебное пособие. – СПб.: КОРОНА принт, 2001. – 320с.: ил.

12. Петров И.В. Программируемые контроллеры, Стандартные языки и приемы прикладного проектирования / Под ред. проф. В.П. Дьяконова. – М.: СОЛОН-Пресс, 2004. – 256.: ил. – (Серия «Библиотека инженера»)
13. Мишель Ж. Программируемые контроллеры: архитектура и применение. – М.: Машиностроение, 1992.
14. Водовозов А.М. Микроконтроллеры для систем автоматики: Учебное пособие. – Вологда: ВоГТУ, 2002. – 123 с.
15. Судовые электроприводы: Справочник /А.П. Богословский, Е.М. Певзнер, И.Р. Фрейдзон, А.Г. Яуре – 2-е изд., переаб. и дополн. в двух томах. – Л.: Судостроение 1983. Т1 – 322 с., Т2 – 384 с., ил.
16. Фрейдзон И.Р. Судовые автоматизированные электроприводы и системы: Учебник. – 4-е изд., перераб. и доп. – Л.: Судостроение, 1988. – 472 с.: ил.
17. Яуре А.Г., Певзнер Е.М. Крановый электропривод: Справочник. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 344 с., ил.
18. Електромеханічні системи автоматичного керування та електроприводи: Навч. посібник / М.Г. Попович, О.Ю. Лозинський, В.Б. Клепиков та ін.; За ред. М.Г. Поповича, О.Ю. Лозинського. – К.: Либідь, 2005. – 680 с.
19. Российский морской регистр судоходства. Правила классификации и постройки морских судов. Том 1-3. НД N 2-020101-056. – СПб.: 2010. – Т.1 – 506 с., Т.2 – 724с., Т.3 – 69 с.
20. Российский морской регистр судоходства. Правила по оборудованию морских судов. Правила по грузоподъемным устройствам морских судов. Правила о грузовой марке морских судов. НД N 2-020101-057. – СПб.: 2010. – 437 с.
21. Крановые электродвигатели для применения с преобразователями частоты. Серия АМТК-Ф. Технический каталог, Кранрос. – 22 с.
22. Крановое электрооборудование: Справочник / Алексеев Ю.В., Богословский А.П., Певзнер Е.М. и др.; под ред. А.А. Рабиновича – М.: Энергия, 1979. – 240 с.
23. Преобразователи частоты Altivar 71. Каталог, 2006. Telemecanique. – 205 с.

24. Altivar 71. Programming manual. Schneider Electric, 2008. – 260 p.
25. Руководство пользователя. NXS/P преобразователи частоты, 2008. – 110 с.
26. Правила технической эксплуатации морских и речных судов. КНДЗ1.2.002.01-96. Утверждено приказом Государственного департамента морского и речного транспорта Украины от 02.09.96. Приказ №270.
27. РД5.6168–92. Методы расчетов электрических нагрузок. – 18 с.
28. Преобразователи частоты VLT5000. Руководство по эксплуатации. Danfoss, 1998. – 184с.
29. GESSMANN. Industrial Controllers. Catalog, 2005. – 177 p.
30. Методичні вказівки по виконанню розділу дипломних проектів (робіт) «Цивільний захист/оборона» / В. Б. Терновський, С. Н. Стреминовський - Одеса: ОНМА, 2011. – 49 с.
31. Клевцов А.В. Преобразователи частоты для электропривода переменного тока. Практическое пособие для инженеров. – Тула: Гриф и К, 2008. – 224 с.
32. Инжиниринг электроприводов и систем автоматизации: учеб. пособие для вузов / М.П. Белов, О.И. Зементов, А.Е. Козярук и др.; под ред. В.А. Новикова, Л.М. Чернигова. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 368 с.
33. Энергосберегающий асинхронный электропривод: Учеб. пособие для вузов/ И.Я. Браславский, З.Ш. Ишматов, В.Н. Поляков; Под ред. И.Я. Браславского. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 256 с.
34. Системы управления электроприводов: Учебник для вузов/ В.М. Терехов, О.И. Осипов; Под ред. В.М. Терехова. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 304 с.
35. Ключев В.И. Теория электропривода: Учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1998. – 704 с.
36. Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Теория электропривода: Учебник для вузов. – СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отд-ние, 1994. – 496 с.

37. С. Рама Редди. Основы силовой электроники. – М.: Техносфера, 2006. – 288 с.
38. Соколовский Г.Г. Электроприводы переменного тока с частотным регулированием: учебник для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 272 с.
39. Автоматизированный электропривод типовых производственных механизмов и технологических комплексов: учебник для вузов /М.П. Белов, В.А. Новиков, Л.Н. Рассудов. – 2-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 576 с.
40. Моделювання електроприводів: Навч. Посібник /Л.Д. Костинюк, В.І. Мороз, Я.С. Паранчук. – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2004. – 404 с.
41. Онищенко Г.Б. Электрический привод: учебник для вузов. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 288 с.
42. Перельмутер В.М., Сидоренко В.А. Системы управления тиристорными электроприводами постоянного тока. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 304 с.
43. Комплектные тиристорные электроприводы: Справочник / И. Х. Евзеров, А. С. Горобец, Б. И. Мошкович и др.; Под ред. В. М. Перельмутера. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 319 с.
44. Справочник по электрическим машинам: В 2 т. / Под общ. ред. И. П. Копылова и Б. К. Клокова. – М.: Энергоатомиздат. Т. 1. – 1988. – 456 с.
45. Фираго Б.И., Павлячик Л.Б. Регулируемый электропривод переменного тока. – Мн.: ЗАО «Техноперспектива», 2006. – 336 с.
46. Муха Н.И. Теория электропривода. Методические указания по курсовому проектированию. – Одесса: ОНМА, 2010. – 117 с.
47. Муха М.Й., Онищенко О.А. Методичні вказівки до практичних занять і самостійної роботи. – Одеса: ОНМА, 2011. – 46 с.
48. Фираго Б.И. Расчеты по электроприводу производственных машин и механизмов: учеб. пособие / Б.И. Фираго. – Минск: Техноперспектива, 2012. – 639 с.

49. Методичні вказівки по виконанню розділу дипломних проектів (робіт) «Цивільний захист/оборона» / В. Б. Терновський, С. Н. Стреминовський - Одеса: ОНМА, – 2011. – 49 с.
50. Гаврилов С. В. Навчальні роботи. Розробка і оформлення: Методичний посібник для курсантів і студентів інженерно-технічних спеціальностей очної та заочної форм навчання. – 3-е изд., перероб. і доп. - Петропавловськ-Камчатський: КамчатГТУ, 2005. – 75 ц.
51. Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів»;
52. Козлитин А. М., Яковлев Б. Н. Надзвичайні ситуації техногенного характеру.
53. Прогнозування і оцінка. Детерміновані методи кількісної оцінки безпеки техносфери: Учеб. посібник./Під ред. А. В. Попова. Саратов: Сарат. держ. техн. ун-т, 2000. 124с.
54. Міжнародний кодекс морського перевезення небезпечних вантажів (МК МПОГ).
55. Меньшиков Ст. Ст., Швыряев А. А. Небезпечні хімічні об'єкти і техногенний ризик: Навчальний посібник. - М: Изд-во Хімія, фак. Моск. ун-ту, 2003. - 254 с.
56. Організація безаварійної експлуатації танкера-газовоза. Курс лекцій/ Вахтанин Н.А., Шерстнев Н.В, Капустін Ст. Ст. - Севастополь: Вид-во СевНТУ, 2007.- 192 с.
57. Поправки до Міжнародного кодексу споруди і обладнання суден, що перевозять небезпечні хімічні вантажі наливом (Кодекс МКХ). Додаток 7. Резолюція МЕРС 119(52). 2004 р.
58. РД 31.11.81.37-82 Правила морського перевезення хімічних вантажів наливом.
59. Довідник рятувальника: Книга 6: Рятувальні роботи з ліквідації наслідків хімічного зараження / ВНДІ ЦОНС. М., 2006. – 112 с: іл.