

Кафедра: «Електрична інженерія та електроніка»

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

на тему:

Електрообладнання, електронна апаратура та системи управління балкеру
водотоннажністю 36000 тон

Виконав: студент 5 курсу, шифр _____
спеціальності:

271 – Річковий та морський транспорт
(шифр і назва спеціальності)

Спеціалізація: «Експлуатація суднового
електрообладнання і засобів автоматики»

Кузів Дмитро Олексійович

(підпис, прізвище та ініціали)

допущений до захисту 17.06.2021

(дата)

Завідувач кафедри М.Й. Муха
(підпис, прізвище та ініціали)

/ Керівник С.Ф. Самонов
(підпис, прізвище та ініціали)

Нормоконтролер Ю.С. Шевцов
(підпис, прізвище та ініціали)

Рецензент В. Куценко
(підпис, прізвище та ініціали)

Одеса – 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

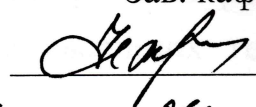
Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки

Спеціалізація: Експлуатація суднового електрообладнання і засобів
автоматики

Кафедра електричної інженерії та електроніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ЕІ та Е

 М.Й. Муха
« 01 » 04 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу бакалавра

Кузіва Дмитра Олексійовича

1. Тема: «Електрообладнання, електронна апаратура та системи управління балкера водотоннажністю 36000 тон»

затверджена наказом ректора академії від «03» 06 2021 р. № 750

2. Термін здачі курсантом закінченої роботи до 20.06.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: технічна документація судна – балкера водотоннажністю 36000 тон.

4. Змістовна частина розділів дипломної роботи ступеню вищої освіти «бакалавр», спеціальність 271 «Річковий та морський транспорт», спеціалізація «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики»:

4.1. Технічно-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна:

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

- вибір та обґрунтування основних параметрів СЕЕС.

4.2. Судновий електропривод та система його управління (суднова електромеханічна система):

4.2.Судновий електропривод та система його управління (суднова електромеханічна система):

- розрахунок потужності та вибір електродвигуна одного з електроприводів суднового механізму;
- обґрунтування і вибір схеми живлення та управління електроприводом;
- вибір комутаційно-захисної апаратури та засобів електромагнітної сумісності із СЕЕС;
- розробка інструкції з експлуатації суднового електроприводу, який розраховувався.

4.3.Суднова електроенергетична система:

- розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості, потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів СЕЕС;
- вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії;
- вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ;
- розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів;
- вибір апаратів, приладів, приборів ГРЩ, та фідерів, що відходять від ГРЩ;
- вибір системи збудження синхронних генераторів;
- розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії;
- перевірка кабелю живлення одного з найбільш віддаленого електроприводу на втрату напруги;
- вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, розробка алгоритмів управління СЕЕС;
- загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення, суднових сигнально-відмітних вогнів
- , освітлення низької напруги.

4.4.Аналіз систем та пристроїв управління судном:

- технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем;

- аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки (наприклад, ДАУ ГД, ДАУ ДГ, системи управління допоміжними механізмами та загально-судновими системами, тощо);

- технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації та внутрішнього зв'язку;

- ГМЗСБ і навігація (технічні характеристики та конструктивні особливості електро-, радіо-, навігаційних пристроїв та радіозв'язку).

4.5. Питання цивільного захисту та охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу:

- принципова схема силової частини електроприводу та його системи управління;

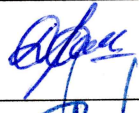
- однолінійна схема ГРЩ і АРЩ;

- система збудження СГ;

- структурна або функціональна схема АСУ СЕЕС, алгоритм управління, тощо;

- принципова або структурна схема системи управління технічним об'єктом, граф-схема алгоритму функціонування.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис і дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Безпека та виживання на морі	Парменова Д.Г.	28.05.2021	
Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	Голобородько А.І.	27.05.2021	

Дата видачі завдання: « 01 » квітня 2021 р.

Керівник  Самонов С.Ф.

Завдання прийняв до виконання  Кузів Д.О.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання	Примітки
1	Розрахунок режимів роботи електропривода пожежного насосу. Вибір двигуна. Розрахунок статичних та динамічних характеристик приводу. Моделювання способів пуску двигуна.	09.04 – 09.05. 2021	виконано
2	Суднова електроенергетична система: розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості, потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів СЕЕС; розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ; вибір генераторних автоматів; вибір системи збудження синхронних генераторів; перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електроприводу на втрату напруги; вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС; загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення.	09.05 – 15.05. 2021	виконано
3	Аналіз систем та пристроїв управління судном: технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем; аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки; ГМЗСБ і навігація.	15.05 – 25.05.2021	виконано
4	Цивільний захист та охорона праці	25.05 – 02.06.2021	виконано
5	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини роботи.	02.06. – 05.06.2021	виконано
6	Проходження перевірки та виявлення збігів у дипломній роботі здобувача	11.06.2021	виконано

Студент _____

Кузів Д.О.

/ Керівник _____

Самонов С.Ф.

Електрообладнання, електронна апаратура и системи управління балкеру водотоннажністю 36000 т.

У дипломній роботі розглянуто судно типу балкер водотоннажністю 36000 т. Описані техніко-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна.

Розглянута суднова схема електроприводу протипожежного насосу. Проведено модернізацію схеми, обрано двигун марки М3АА225SMC4 потужністю 55 кВт, відцентровий насос та за допомогою сервісу фірми АВВ proSoft обран софтстартер PSE105-600-70. Виконано моделювання системи електроприводу протипожежного насосу для порівняння властивостей різних варіантів пуску асинхронного електроприводу: прямий пуск, з пристроєм плавного пуску та пуску з пропорційно-інтегральним регулятором струму.

Виконано розрахунок суднової електроенергетичної системи табличним методом. Під час розрахунку було обрано 3 дизель-генератори CATERPILLAR, потужністю 730 кВт кожен. Також, було обрано один аварійний генератор фірми CATERPILLAR потужністю 200 кВт, підібрані генераторні автомати, розраховані струми КЗ та розроблена однолінійна схема ГРЩ та АРЩ. Розглянута система збудження NISHISHIBA ELECTRIC.

Виконано аналіз системи автоматизації вивантажувального комплексу на базі програмованого логічного контролеру MITSUBISHI серії FX3U.

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

Розглянуті питання безпеки та виживання на морі та цивільної оборони на судні

ЕЛЕКТРОПРИВІД ПОЖЕЖНОГО НАСОСУ, ПРИНЦИПОВА СХЕМА, СТРУКТУРНА СХЕМА, СИСТЕМА ЗБУДЖЕННЯ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ, РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖЕННЯ СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СТАНЦІЇ, АЛГОРИТМ КЕРУВАННЯ

ABSTRACT

Electrical, Electronics and System Management bulk carrier deadweight 36000 t.

A bulk carrier vessel deadweight 36000 t. is considered in the thesis. The technical and operational characteristics and design features of the vessel are described.

The ship's diagram of the electric drive of the fire-fighting pump is considered. The circuit was modernized, a 55 kW MZAA225SMC4 engine, a centrifugal pump was selected, and with the help of ABB proSoft service, a PSE105-600-70 soft starter was selected. The simulation of the fire pump electric drive system has been carried out to compare the properties of various starting options for an asynchronous electric drive: direct start, with a soft start device and a start-up device with a proportional-integral current controller.

The calculation of the ship's electric power system by the tabular method was performed. When calculating, 3 CATERPILLAR diesel generators with a capacity of 730 kW each were selected. Also, one emergency generator of the company CATERPILLAR with a capacity of 200 kW was selected, generator machines were selected, short-circuit currents were calculated and a single-line diagram of the main switchboard and switchboard was developed. The NISHISHIBA ELECTRIC excitation system is considered.

The analysis of the unloading complex automation system based on the MITSUBISHI FX3U series programmable logic controller has been performed.

The technical characteristics and design features of the ship computer network of information i control systems are presented. Considered the issues of safety and survival at sea and civil defense on board

ELECTRIC DRIVE OF A FIRE PUMP, SCHEMATIC DIAGRAM, STRUCTURAL DIAGRAM, EXCITATION SYSTEM OF SYNCHRONOUS GENERATORS, CALCULATION OF THE LOAD OF THE SHIP POWER PLANT, CONTROL ALGORITHM

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

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
БККП - Блок контролю кривої пуску
ГД - Головний двигун
ГА - Генераторні агрегати
ГСА - Граф схема алгоритму
ГРЩ - Головний розподільний щит
ДАУ - Дистанційне автоматизоване управління
ДГ - Дизель - генератор
ДК - Допоміжний котел.
ЕЗА - Електричні засоби автоматизації
ЕОМ - Електронна обчислювальна машина
ЕУ - Енергетична установка
КЗ - Коротке замикання
ККД - Коефіцієнт корисної дії
КСК ТЗ - Комплекс систем керування технічними засобами
ПД - Привідний двигун
ПТЕ - Правила технічної експлуатації
РЩ - Розподільний щит
СДУ - Суднова дизельна установка
СЕЕС - Суднова електроенергетична система
СЕУ - Суднова енергетична установка
СУ - Система управління

ЗМІСТ

ВСТУП	13
1. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА	15
2. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДА КОНСОЛЬНОГО КОНВЕЄРУ.....	17
2.1. Сучасні методи регулювання асинхронних двигунів	17
2.2. Розрахунок стрічкового конвеєру та вибір двигунів	19
2.3. Вибір комплектного частотного перетворювача	22
2.4. Принципова схема приводу стрічкового конвеєру	25
2.5. Таблиця налаштування частотних перетворювачів	29
3. РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ (СЕЕС)	31
3.1. Розрахунок потужності і вибір числа агрегатів суднової електростанції	31
3.2. Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ	37
3.3. Вибір комутаційно-захисної апаратури ГРЩ, вибір генераторних автоматів	42
3.4. Розрахунок струмів короткого замикання.....	48
3.5. Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії	55
3.7. Перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги	58
3.8. Вибір системи збудження синхронних генераторів.....	61
3.9. Судове електричне освітлення	66
3.10. Судові сигнально-відмітні вогні.....	67
4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ БАЛКЕРОМ.....	68
Технічні характеристики та конструктивні особливості	
4.1. комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем ...	68
4.2. Переваги програмованих логічних контролерів.....	70
4.2.2 Алгоритм роботи системи управління комплексом вивантаження.....	72
4.3. Технічні характеристики та конструктивні особливості основних	74

пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації	
4.4. Технічні характеристики та конструктивні особливості електро- радіонавігаційних пристроїв, та радіозв'язку	79
5. ІНСТРУКЦІЯ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ВИВАНТАЖЕННЯ БАЛКЕРА ВОДОТОНАЖНІСТЮ 36000Т	83
5.1. Призначення	83
5.2. Технічні характеристики	83
5.3. Склад системи	83
5.4. Пристрій та робота	84
5.5. Заходи безпеки при підготовці до роботи	84
5.6. Початкове положення органів управління	84
5.7. Порядок дій обслуговуючого персоналу	85
5.8. Порядок приведення в початковий стан	85
5.9. Дії в аварійних умовах	86
6. ЦІВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	87
ВИСНОВКИ	103
Список використаної літератури	104
Додаток А: Принципова схема приводу стрічкового ковзєру	
Додаток Б: Таблиця навантажень СЕЕС балкера	
Додаток В: Технічні данні генераторів CATERPILLAR	
Додаток Г: Принципова схема автоматичного регулятора напруги серії НАТ	

ВСТУП

Судна транспортного флоту обладнуються великою кількістю різних електрифікованих механізмів, системами управління та діагностики енергоустаткування та автоматики. Сучасні технології дозволяють застосовувати технічні засоби збору, перетворення, передачі й відображення інформації, формування, передачі й реалізації керуючих впливів на суднові технічні об'єкти.

Більшість сучасних технологічних установок на морському транспорті оснащені електроприводом з АД. Вони характеризуються простотою конструкції і обслуговування, високою економічністю та надійністю на відміну від синхронних двигунів. Переваги асинхронних короткозамкнених двигунів очевидні, але великий пусковий струм ($6-7 I_n$) є основним недоліком при їх використанні. В початковий момент відбувається провал напруги, який приводить до збоїв в роботі електроустаткування, підключених до суднової мережі. Подібна "шокова терапія" не кращим чином впливає і на сам двигун. Тобто використання керованих електроприводів є необхідним.

Хоча первинні витрати на систему управління досить великі, але вже з моменту першого запуску вони починають виправдовувати себе. По-перше значно економиться витрата електроенергії, а значить і палива. По-друге рекуперація енергії в суднову мережу забезпечує хороші енергетичні показники навіть у важких пуско-гальмівних режимах. Налаштування частоти модуляції силових транзисторів дозволяє звести до мінімуму втрати енергії.

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

Все це дозволяє здійснити перехід до більш повного об'єму автоматизації управління суднової електроенергетичної установки судна і, як наслідок, до більшого ступеню безпеки мореплавання.

Електропривод поряд з електростанцією це важливі об'єкти, функцію яких повинен добре знати електромеханік і забезпечувати їх грамотну експлуатацію з дотриманням вимог Морського Регістру і міжнародних морських конвенцій, а також економічних показників.

1. ТЕХНІЧНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА

Архітектурно - конструктивний тип судна: однопалубне, із баком, надбудовою, з палубним краном, із бульбоподібним носом і крейсерською кормою.

Загальні характеристики:

довжина найбільша: $L_{нб}=204,95$ м;

ширина: $B=27,2$ м;

найбільша висота: $D=43,00$ м;

осадка порожнем: $d_0=5,5$ м;

найбільша осадка у вантажу: $d=11,36$ м;

водотоннажність у повному вантажу: $\Delta=38995$ т;

дедвейт: $DW=36000$ т;

швидкість у повному вантажу: $V=13,5$ вузла;

район плавання: необмежений;

кількість трюмів: 7.

Енергетична установка

Головний двигун

Тип: дизель.

Марка: «SULZER 6RD 90».

Потужність: 14 200 л.с.

Частота обертання вала: $n=105$ 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.

Діаметр: 7,4 м.

Матеріал: Ni – Al – Vz .

Електростанція

Рід струму: змінний.

Напруга силової мережі: 450 В.

Напруга мережі освітлення: 220 В.

Тип приводних двигунів генераторних агрегатів: дизель.

Рульова машина

Тип: Hydraulic, YDFT – 300-2.

Обертаючий момент: 2853 кН.

Аварійне обладнання

Аварійний дизель – генератор:

Аварійний пожежний насос: 63 м³/год.

Судно є самовивантажувальним балкером с подвійним корпусом і призначене для перевезення будь-яких навалювально-насипних вантажів: вугілля, різних руд, залізно-рудних концентратів, апатитів, зерна, тощо.

Самовивантажувальний комплекс складається з конвеєрних конструкцій, а саме: двох конвеєрних тунелів, двох перевантажувачів, кільцевого стрічкового підйомника та стріли. Довжина стріли складає 76 метрів, максимальний виліт - 59,9 метра. Швидкість розвантажування - 2500 ÷ 4200 тон за годину в залежності від вантажу.

Для здійснення переходів без вантажу судно обладнано баластно-осушувальною системою. Дальність плавання – 14000 миль.

Судно - одногвинтове, однопалубне, з коротким баком, кормовим розташуванням МВ і житлової надбудови. Форштевень із невеликим бульбом. Корпус судна зварний, спроектований за змішаною системою набору. На судні є каюти для розміщення 35 членів екіпажу.

Рятувальні пристрої судна складаються з двох моторних рятувальних шлюпок закритого типу місткістю по 35 осіб, розташованих з обох бортів з корпусом із пластика та трьох рятувальних плотів місткістю по 15 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 електрогідравлічні комбіновані брашпили, два якорі Холлу, електрогідравлічні швартовні лебідки - шість, електрогідравлічну кермову машину і кермо напівбалансирного типу.

2. СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ПОЖЕЖНОГО НАСОСА ТА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1. Розрахунок потужності та вибір електродвигуна пожежного насоса

Задача розрахунку потужності і вибору двигуна полягає у пошуку такого двигуна, що випускається серійно, який забезпечує заданий технологічний цикл робочої машини, його конструкція відповідає умовам навколишнього середовища та компонування з робочою машиною, і при цьому його нагрівання не перевищує нормативний рівень. Вибір двигуна недостатньої потужності може призвести до невиконання заданого технологічного циклу і зниження продуктивності робочої машини. При цьому через перевантаження може мати місце підвищений нагрів двигуна і передчасний вихід його з ладу.

Насоси, вентилятори, компресори, об'єднані під загальною назвою нагнітачів, найбільш численна група споживачів електроенергії, що виробляється судовою електростанцією. У загальносуднових системах застосовують відцентрові, осьові, вихрові, поршневі, водокільцеві і водоструминні насоси. Найбільш поширені відцентрові нагнітачі.

Пожежні насоси через магістраль і відростки подають воду до пожежних кранів. У звичайних умовах пожежні насоси постачають робочою водою ежектори осушення і ежектори водовідливних установок, а також подають воду для миття палуб.

Пожежні насоси встановлюють нижче ватерлінії, тому вони працюють з підпором або з невеликою висотою всмоктування. Тільки аварійні насоси з дизельним або іншим приводом працюють з висотою всмоктування до 5 м, оскільки їх встановлюють на палубі.

Відцентрові насоси мають плавну форму характеристики на всьому діапазоні зміни подач і при цьому споживають мінімальну потужність на режимі холостого ходу ($Q = 0$). Тому пуск великих ЦН виробляють при закритому напірному клапані (засувці), а після запуску насоса клапан (засувку) поступово відкривають.



Рисунок 2.1 - Пожарный насос типа SVF150

Виберемо насос корейського виробництва фірми SHIN SHIN MACHINERY CO.LTD типу SVF150.

Технічні дані насоса:

1. Подача $Q = 180 \text{ м}^3/\text{год.}$
2. Статична складова напору: $H = 110 \text{ м.}$
3. Номінальна швидкість обертання відцентрового насоса: 1780 об./хв.

Робоча характеристика насоса приведена на рисунку 2.2.

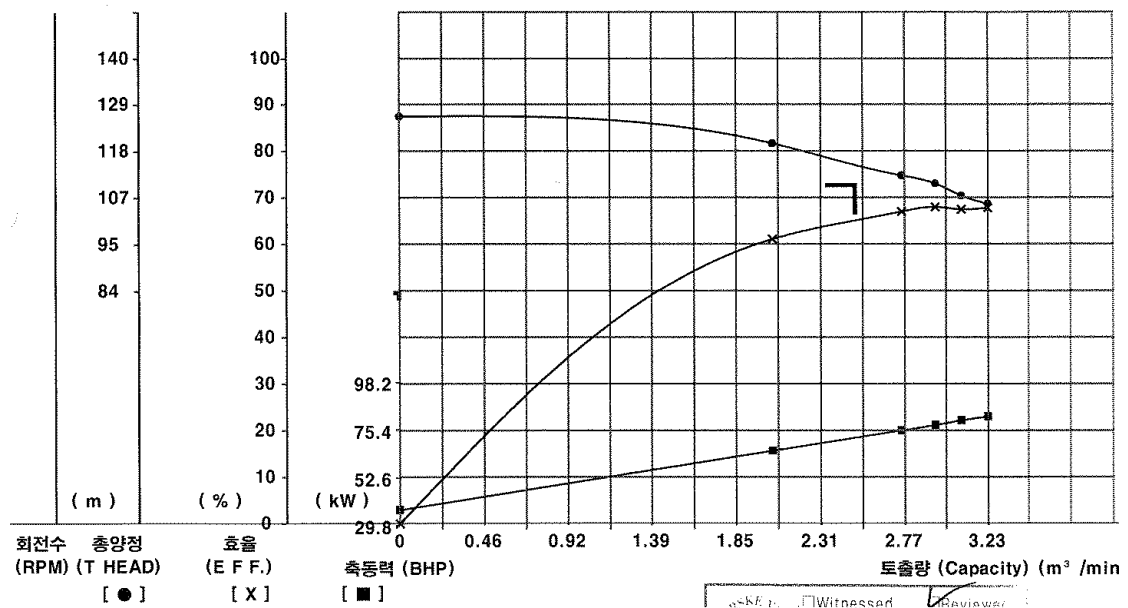


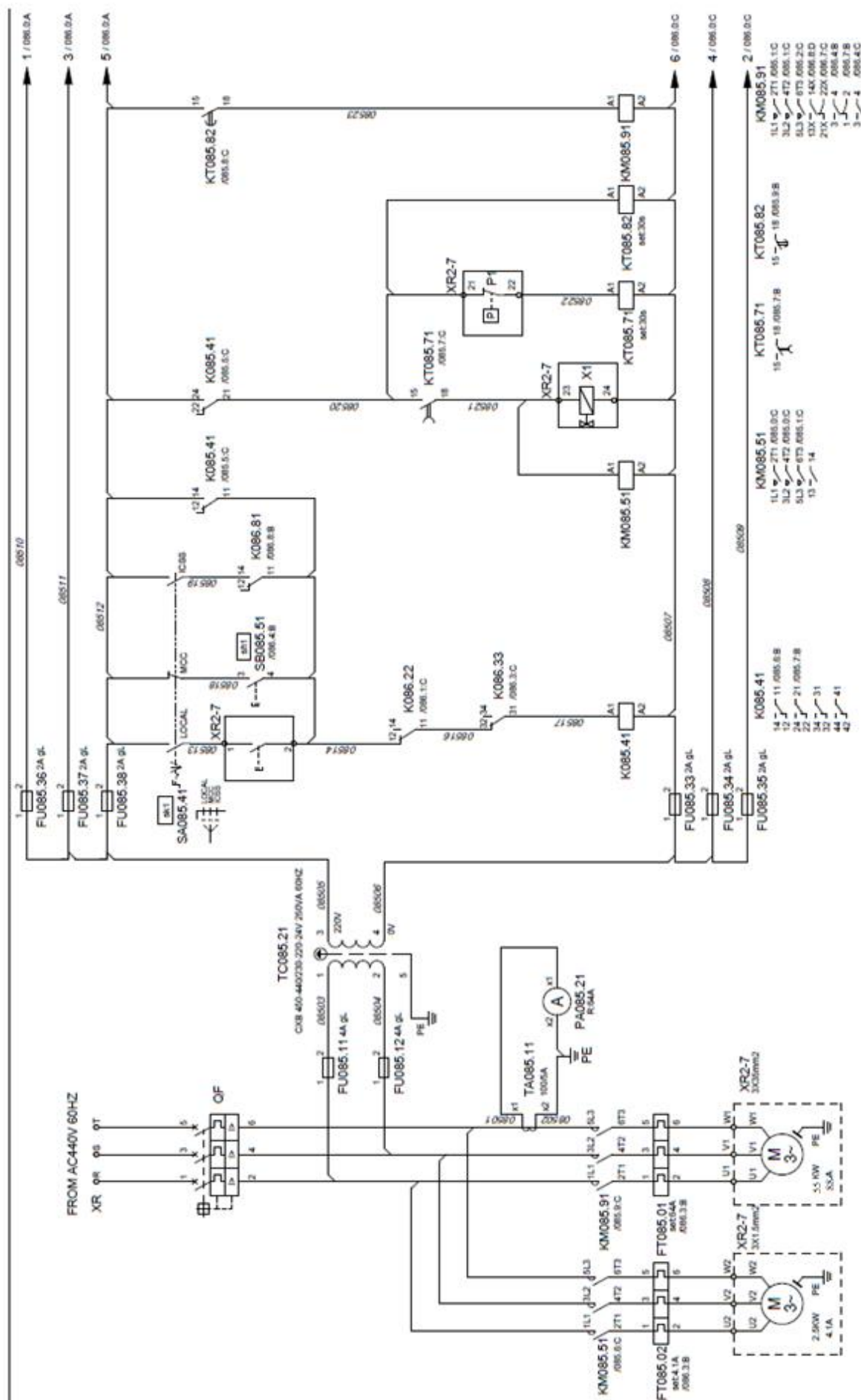
Рисунок 2.2 – Робочі характеристики насоса SHIN SHIN MACHINERY CO.LTD типу SVF150.

Для насоса вибираємо, за допомогою сервісу фірми ABB, двигун марки М3АА225SMC4 потужністю 55 кВт. Паспортні дані електродвигуна насоса приведені в таблиці 2.1. (см. Додаток В)

The screenshot shows the ABB website's motor selection interface. At the top, the ABB logo is displayed with the text 'Data updated on 10 May 2021'. Below the logo, there are navigation links: 'Очистить данные', 'Language', and 'Контакты'. The main heading is 'Поиск электродвигателей'. The search filters are set as follows: MEPS (Требуется), Класс энергоз... (Все типы), Мат. корпуса (Все типоразме), Тип электродвигателя (Двигатели промыш.), Hide Outside MEPS (No). The search criteria are: Напряжение (440V), Частота (60Hz), Кол-во полюсов (4 полюс), and Мощность (55). A 'СБРОСИТЬ' button is visible. On the right, there is a search bar for 'Поиск по коду изделия или типу электродвигателя' with an example 'e.g. M3BP280SMA / 3GBP282210'. Below the filters, a table lists 6 motor models, all with a power of 55kW and 440V. The table columns are: Мощность, Напр./Гц, Класс эфф., Тип, Код изделия, Кол-во полюсов, Данные, and Тип защиты. Each row has an 'ADD' button. At the bottom, it says 'Всего найдено 8 электродвигателя (ей)'.

Таблица 2.1 – Паспортні дані електродвигуна пожежного насоса

Тип двигуна	Асинхронний коротко замкнений, морського виконання
Модель двигуна	М3АА225SMC4
Мережа живлення	440 В, 60 Гц
Номінальна потужність	55 кВт
Номінальна частота обертання	1780 об./хв.
Номінальний ККД	94,0 %
Номінальний $\cos(\varphi)$	0,87
Номінальний струм I_n	88 А
Кратність пускового струму I_p/I_n	7,9
Момент інерції	0,47 $кг \cdot м^2$
Клас ізоляції	F
Захищеність	IP - 44
Маса	287 кг



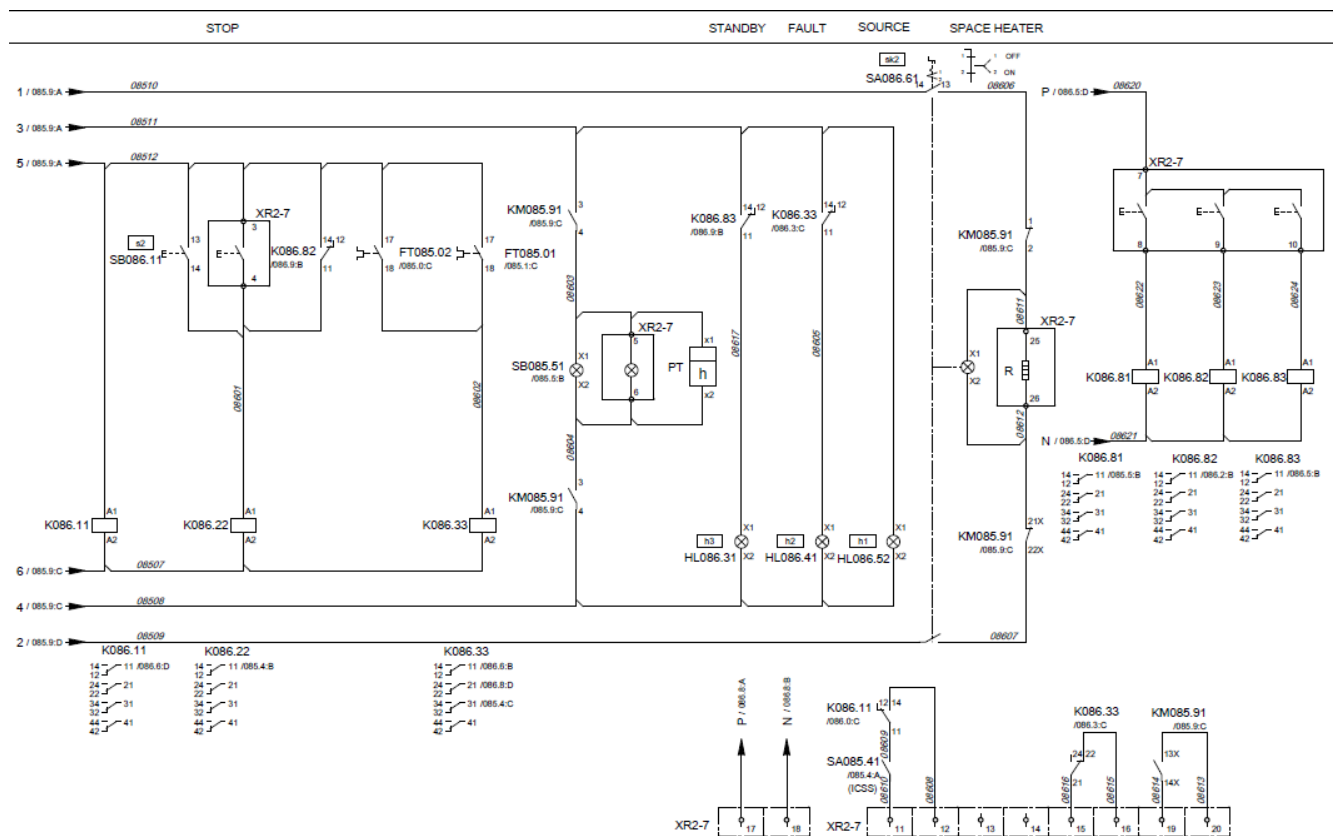


Рисунок 2.3– Електрична принципова схема суднового пожежного насосу

При першому запуску головний насос і насос, що підкачує повинні бути заповнені рідиною. Необхідно переконатись, що немає потрапляння повітря з нагнітальної частини насоса або всмоктування і труби герметичні. Перевірку напрямку обертання насоса виконують дуже швидким його включенням. Насос повинен працювати без будь-якої вібрації. Необхідно уникати різких перепадів тиску в трубопроводі (гідроударів).

Реле тиску управляє роботою автоматичного насоса, що підкачує, який приводиться в дію незалежним електродвигуном.

У цьому випадку також потрібно мати зворотний клапан на нагнітанні, щоб уникнути попадання повітря. Після запуску відцентрового насоса, електронасос що підкачує також запускається для автоматичного всмоктування повітря з усмоктувальної труби. Після того, як повітря буде повністю знищено, відцентрові насоси заповнюються. Це збільшує тиск нагнітання, розмикаючи реле тиску, що дає команду на зупинку заправного електронасоса. Після затримки підкачуючий насос зупиняється.

Якщо з якої-небудь причини відцентровий насос не заправляється, тиск падає, закривається реле тиску, яке дає команду на запуск насоса, що підкачує, повторюючи весь цикл.

На вході насоса, що підкачує встановлений електромагнітний клапан, що закривається при зупинці насоса. Це дозволяє уникнути безперервного викиду назовні, коли рівень рідини вище насоса.

2.2. Обґрунтування та вибір схеми живлення та управління електроприводом пожежного насосу

Запуск насоса, як правило, не представляє великої проблеми з точки зору електроенергії. Проблема полягає в зносі, викликаному хвилями гідроудару в системі трубопроводів. Такі хвилі створюються при пуску двигуна і особливо при занадто швидкої зупинці. Через малу масу махового колеса і високого гальмівного крутного моменту насоса прямий останов може привести до різкого останову насоса, що викличе гідравлічний удар і скачки тиску. При одиничній зупинці це просто незручність, але при виконанні декількох запусків і зупинок на годину кожен день насосна система буде сильно схильна до зносу.

Здійснимо модернізацію схеми управління пожежним насосом за допомогою пристрою плавного пуску. Для цього використаємо сервіс фірми ABB (ABB proSoft) та виберемо модель софтверу. Вихідними даними для розрахунку будуть данні двигуна M3AA225SMC4 (см. табл.2.1) та момент інерції вала нагрздки $1,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

ABB proSoft

Файл Помощь

Ввод данных Расчетные данные Результаты

Общие данные

Макс темп. окр. среды [C] 40 Силовое напряжение [В] 440

Макс высота [m] 1000 Частота [Гц] 60

Данные двигателя

Выбрать... Изменить...

Число полюсов 4

Номинальная мощность [kW] 55

Кривая крутящего момента двигателя

2,9 3,1 296 Нм

Данные двигателя

Ручная настройка

Производитель	Иное исполнение
Тип изделия	
код продукта	
Номинальная мощность	55,0
Номинальный ток / FLA	88
Номинальный момент [N]	295
Кратность пускового то	7,9
Кратность пускового мо	2,8
Кратность максимальнс	3,1
Число полюсов	4
Номинальная скорость	1780
Скольжение [%]	1
Силовое напряжение [В]	440
Частота [Гц]	60
Момент инерции [кгм²]	0,470
Тип механической харак	B

Кривая крутящего момента двигателя

2,8 3,1 295 Нм

OK Cancel

ABB proSoft

Файл Помощь

Ввод данных Расчетные данные Результаты

Данные нагрузки

Момент инерции

Двигатель [кгм²] 1,200

Нагрузка [кгм²] 1,200

Суммарно [2,400

Скорость двигателя [об/мин]: 1780

Передаточ 1 : 1,00

Вал

Характеристика нагрузки

Изменить

Вал нагрузки - Данные для ввода

Момент инерции вала нагрузки [кгм²] 1,2

Скорость вращения 1780

OK Cancel

вал двигателя [кгм²] 0,470

Помощь << Назад Вперед >>

Безымянный - ABB proSoft

Файл Помощь

Ввод данных Расчетные данные Результаты

Общие данные

Макс темп. окр. среды [C] 40 Силовое напряжение [В] 440

Макс высота [m] 1000 Частота [Гц] 60

Данные двигателя

Производитель Иное исполнение

Тип изделия

код продукта

Число полюсов 4

Номинальная мощность [kW] 55,0

Выбрать...

Изменить...

Стандарт

Кривая крутящего момента двигателя

Данные нагрузки

Тип нагрузки Центробежный насос

Момент нагрузки при ном. скорости [%] 100

Момент инерции

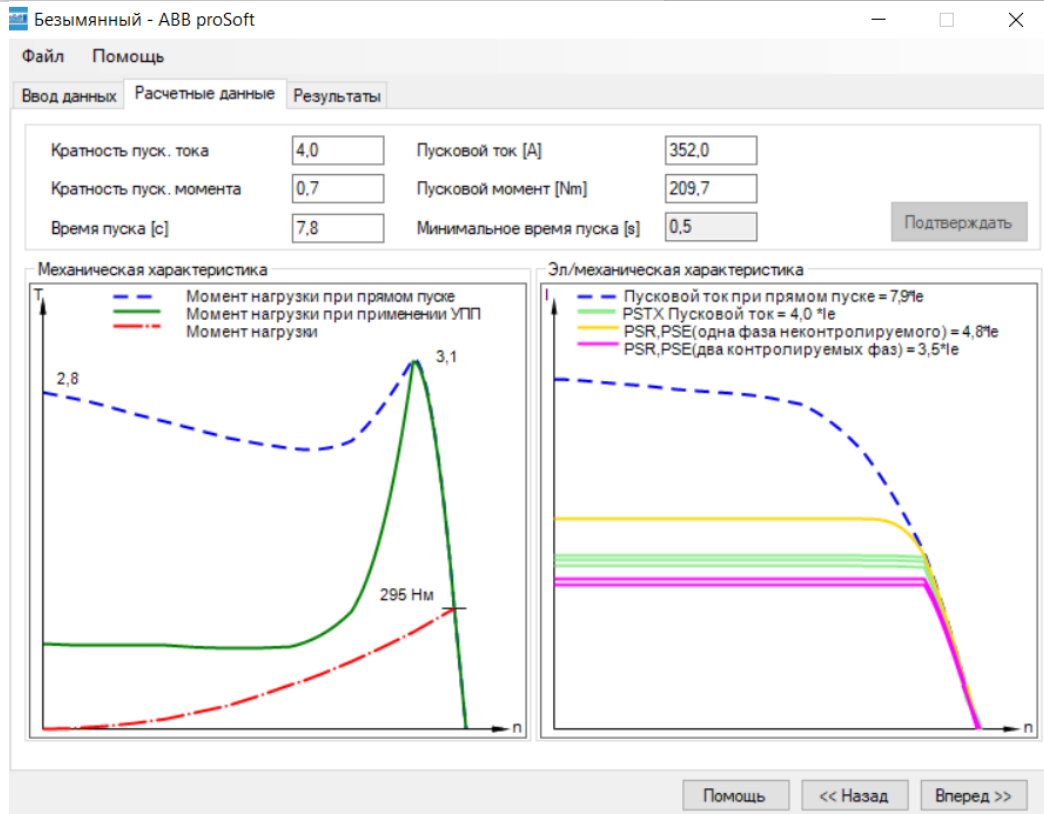
Вал нагрузки [kgm²] 1,200

Вал двигателя [kgm²] 1,200

Изменить

Кривая крутящего момента нагрузки

Помощь << Назад Вперед >>



Безымянный - ABB proSoft

Файл Помощь

Ввод данных Расчетные данные Результаты

Ввод данных

☐ Кол-во пусков в час

Предлагаемые устройства

Тип подключения	Тип	Ном. ток	Макс.напр...	Пусков в час	Класс перегрузки
PSR В линию	PSR105-600-70	105,0	600	26	10
PSE В линию	PSE105-600-70	106,0	600	115	10
PSTX Внутри треугольника	PSTX60-600-70	105,0	600	39	10
PSTX В линию	PSTX105-600-70	106,0	600	57	10

Выбранный софтстартер

Напряжение управления: Тип изделия:

Код заказа:

Создание отчета

русский - Russian

 << Назад Вперед >>

Для управління електродвигуном вибираємо пристрій плавного пуску PSE фірми ABB, що дозволяє плавно змінювати частоту обертання асинхронних електродвигунів.

Пристрої серії PSE105-600-70 (рис.2.4) були розроблені для задоволення основних вимог сегмента водопостачання та водовідведення і є оптимальним рішенням для насосного обладнання. Пристрій має необхідні функції захисту і вбудований байпас при дуже компактних габаритних розмірах. Також можливе підключення до промислової шини або віддалене управління з зовнішньої клавіатури.

Пристрої серії PSE мають найбільш затребувані функції захисту електродвигунів насосів, наприклад, від перевантаження і недовантаження.

Функція обмеження струму дозволяє краще контролювати параметри при пуску, а також дозволяє здійснювати запуск електродвигунів в слабких електромережах.

Всі пристрої серії PSE мають вбудований байпас, що дозволяє заощадити час на монтаж устаткування, а також простір усередині шафи. Всі пристрої мають дисплей з підсвічуванням і символічним відображенням параметрів функцій.

Функція управління моментом для виключення гідроударів при пуску і зупинці насосного обладнання.

Пристрої серії PSE мають функцію управління крутним моментом, яка є найефективнішим способом плавного зупинки насосів і дозволяють змінювати вихідні параметри нелінійно, в залежності від стану навантаження.



Рисунок 2.4 – Пристрій плавного пуску PSE105-600-70

Системи плавного пуску PSE в стандартному виконанні виконують численні функції захисту. Чотирьох кнопочна клавіатура і логічна структура меню спрощує процедуру монтажу, введення в експлуатацію та управління. Є можливість вибору одного з 13 мов інтерфейсу.

Та має наступні технічні дані:

- Номінальна робоча напруга 208-600 В АС
- Номінальна напруга управління 100-250 В, 50/60 Гц
- Номінальний робочий струм 18-370 А
- Температура експлуатації від -25 до +60 ° С
- Вбудовані шунтуючі контакти і контактори у всіх пристроях плавного пуску серії PSE
- Дисплей з підсвічуванням і простим символьним відображенням інформації, зручна чотири кнопковий клавіатура
- Додаткова зовнішня клавіатура, IP66
- Обмеження струму 1,5-7 x I_e
- Захист електродвигуна від перевантаження

- Захист електродвигуна від недовантаження для контролю сухого ходу насосів
- Захист електродвигуна від заклинювання ротора

Таблиця 2.1 – Технічні данні пристрою плавного пуску серії PSE

Нормальний пуск: 440 В, 40 °С	PSE105
Включення в лінію (440 В) Потужність, кВт Номинальний струм, А	55 106
Автоматичний вимикач (75 кА), тип	
При використанні тільки автоматичного вимикача досягається координації типу 1.	T4L250
Захисний запобіжник (85 кА), тип	
Для досягнення координації типу 2 необхідно використовувати напівпровідникові запобіжники.	170M3819
Рубильник для запобіжників Bussmann, тип	
Відповідний рубильник для зазначених вище напівпровідникових запобіжників	OS250D03P
Лінійний контактор, тип	
Лінійний контактор не потрібно для роботи пристрою плавного пуску, але часто використовується для розмикання при спрацьовуванні реле перевантаження	A110
Електронне реле перевантаження, тип	
Реле перевантаження потрібно завжди для захисту електродвигуна	Вбудов.
Шунтувальний контактор, тип	
Шунтувальний контактор може бути використаний для зниження втрат потужності в системі плавного пуску, так і для покращення. кількості пусків / ч. Всі системи плавного пуску можуть працювати без шунтування	Вбудов.

Координації захисного обладнання згідно МЭК 60947-4-2:

Координація типу 1: вимагає, щоб при виникненні короткого замикання пристрій не створював небезпеки для персоналу або установки і може виявитися непридатним для подальшої роботи без проведення ремонту та заміни деяких елементів.

Координація типу 2: вимагає, щоб при короткому замиканні пристрій не створював небезпеки для персоналу або установки і має бути придатне для подальшої роботи. Для виробів з електронними силовими ключами координація типу 2 може бути досягнута тільки за рахунок застосування швидкодіючих напівпровідникових запобіжників.

Для захисту ланцюгів харчування необхідно використовувати інерційні запобіжники 6А або автоматичні вимикачі з характеристикою С.

PSS18/30...300/515

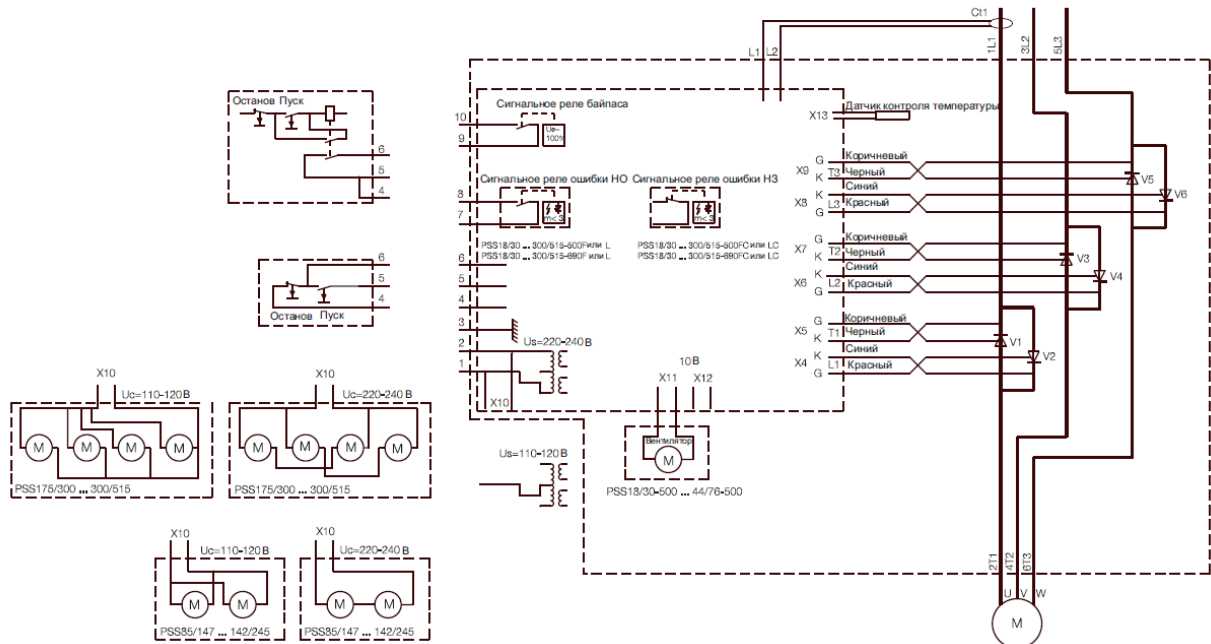


Рисунок 2.5 – Електрична схема підключення PSE 105

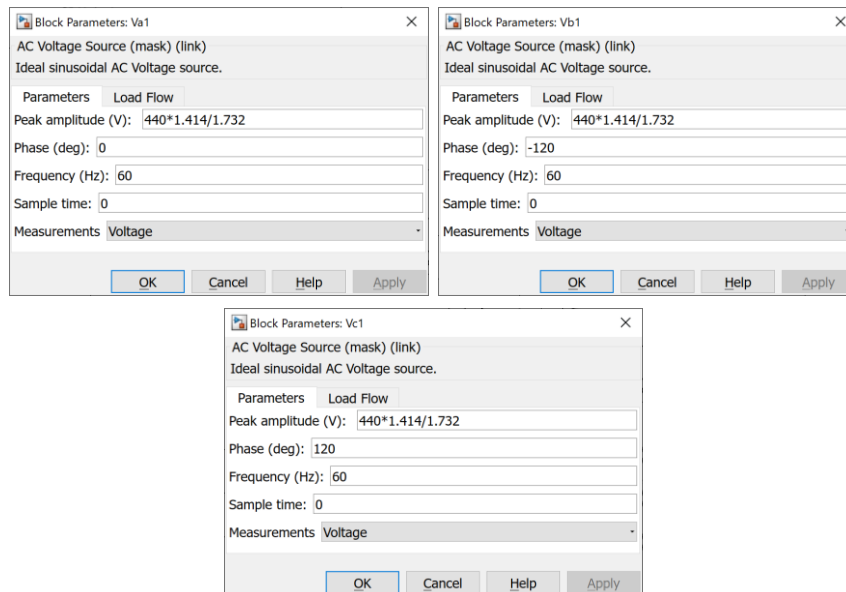
Після модернізації електрична схема підключення матиме такий вигляд (см.рис.2.6)

Вибір автоматичного вимикача для електродвигуна пожежного насоса здійснюється по номінальному струму двигуна та напрузі живлення.

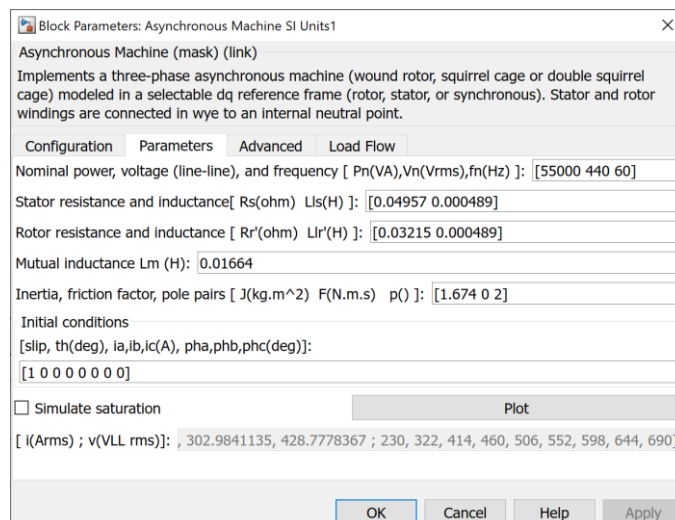
Для підключення електродвигуна циркуляційного насоса до ГРЩ потужністю 55 кВт, напругою 440 В, та номінальному струму 88А використовуємо трифазний автоматичний вимикач T4L250 (ABB), який має максимально допустимий струм 250 А, напругу живлення до 600 В. Він забезпечує захист від перевантаження та струмів короткого замикання.

1. Модель асинхронного електроприводу з прямим пуском.

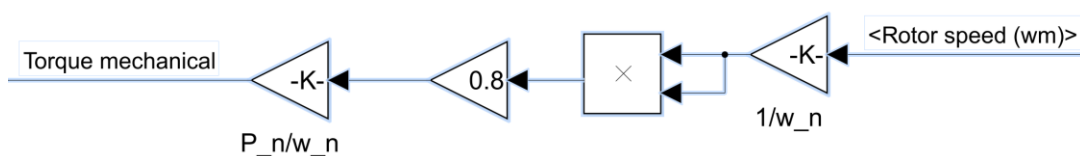
Така модель включає в себе трифазне джерело живлення (блоки Va1, Vb1, Vc1) з відповідними налаштуваннями:



стандартну модель асинхронного двигуна з короткозамкненим ротором потужністю 55 kW:



та модель навантаження вентиляторного типу, яке реалізовано наступною послідовністю блоків:



що забезпечує штатне навантаження при номінальній швидкості та квадратичну залежність моменту від швидкості обертання насосу (80 % від номінального моменту двигуна, яке приймають при розрахунках механізму

так, щоб механізм працював у нормальному режимі при падінні напруги живлення на 10 %).

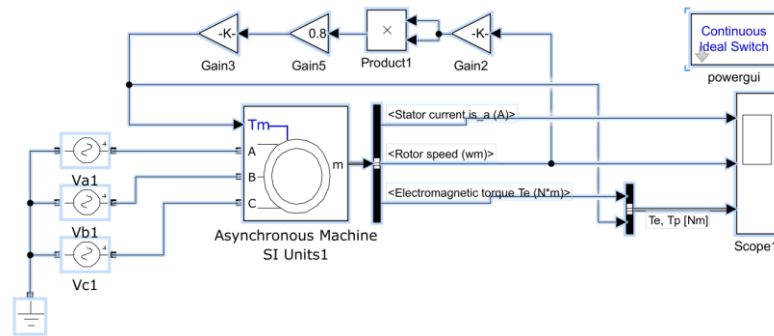


Рисунок 2.7 – Модель електропривода пожежного насосу з прямим пуском АД

Результати розрахунку наведено на рис. 2.8

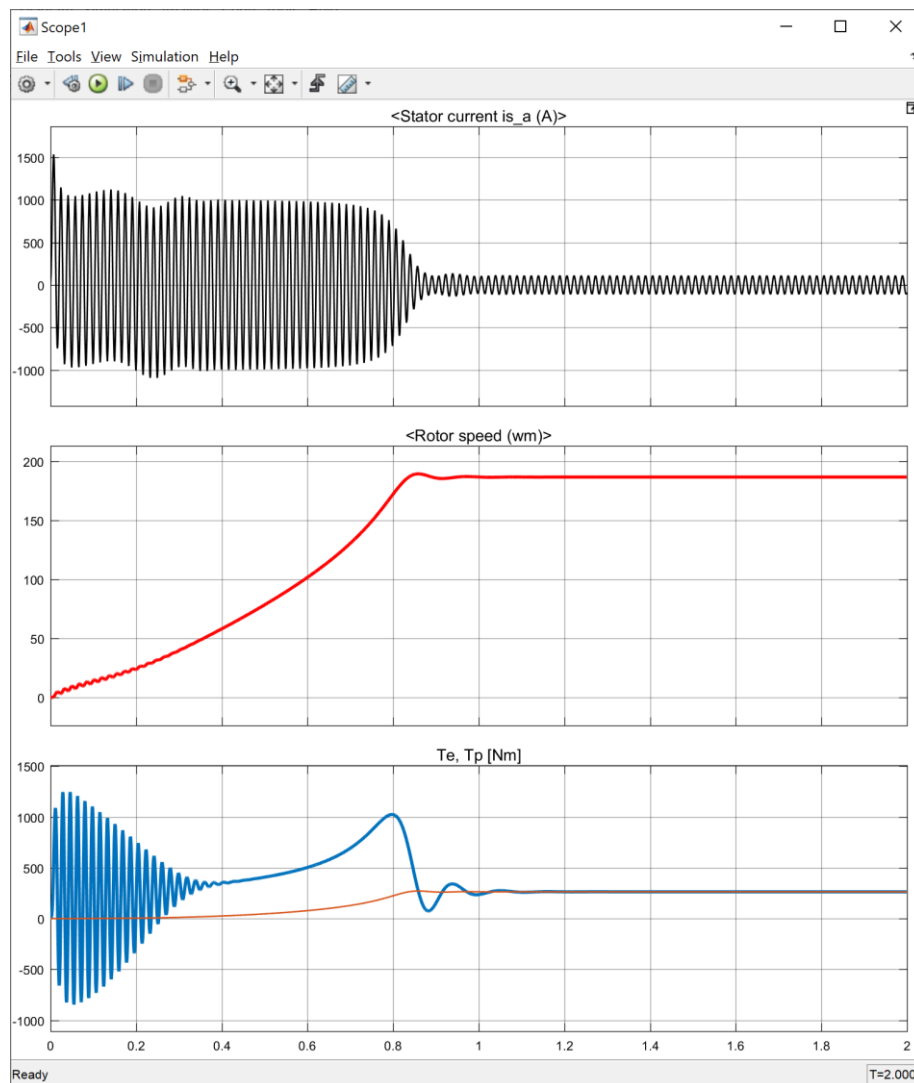


Рисунок 2.8 – Графіки перехідних процесів струму статора, швидкості, електромагнітного моменту двигуна та моменту опору механізму під час прямого пуску

З отриманих графіків можна бачити, що миттєве значення струму на початку пуску досягає 1500 А, а впродовж пуску підтримується на рівні 1000 А. Але найбільш важливо, що динамічне навантаження досягає 1250 Nm та стартові коливання електромагнітного моменту продовжуються 0.25...0.3 с.

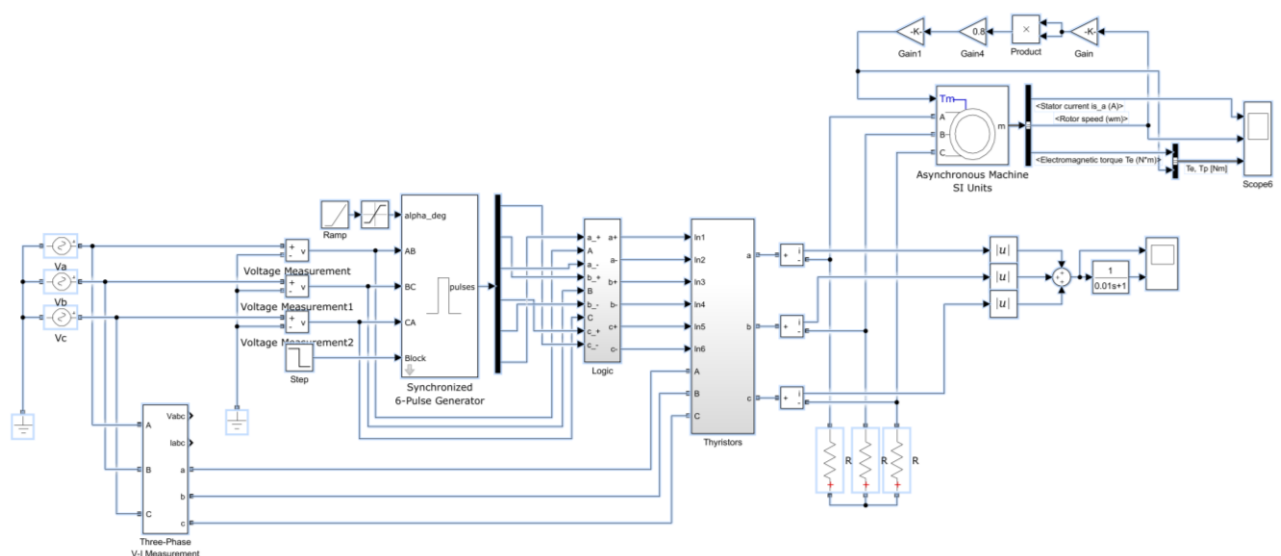
Загальний час перехідного процесу складає 1 с.

2. Модель електроприводу з пристроєм плавного пуску.

Такий електропривод може забезпечити зменшення електричних та електромеханічних навантажень.

Модель електроприводу з пристроєм плавного пуску (рис.2.9,а) складається з 6-пульсного генератора, який подає імпульс керування тиристором з затримкою на α -deg електричних градусів. На відміну від електроприводів постійного струму, де імпульс керування достатньо сформувати тривалістю 5...10 електричних градусів, в пристрої плавного пуску тривалість імпульсів повинна бути не меншою, ніж максимальний кут зсуву струму в АД, який може досягати 60...65 електричних градусів. Тоді при великих α -deg виникає загроза подачі імпульсу в наступному напівперіоді, що призведе до відкриття симістору з нульовим кутом. Для обмеження імпульсів керування використовується модуль Logic (рис.2.9,б) з компараторами (рис. 2.9,г). Силова частина складається з трьох симісторів (або 6-и ввімкнутих попарно назустріч тиристорів) (рис.2.9,в).

Відпрацьовано два варіанти системи – з лінійним зменшенням кута відпирання тиристорів та з регулятором струму.



З графіків перехідних процесів можна бачити, що при лінійному зменшенні кута відпирання тиристорів впродовж 1 s майже відсутні коливання електромагнітного моменту двигуна, миттєве значення струму не перевищує 1000 А.

3. Модель пристрою плавного пуску з пропорційно-інтегральним регулятором струму.

Для побудови цієї моделі необхідно реалізувати вимірювання струму статора. Для цього використано трифазний вимірювальний пристрій (Three Phase V–I Measurement), з виходу I_{abc} якого через випрямлячі (блоки розрахунку модуля $|u|$) та фільтр першого порядку з постійною часу 0.01 s сигнал подається на вхід ПІ-регулятора. На відміну від традиційної схеми, де сигнал подається на інверсний вхід, а сигнал завдання – на прямий, в цієї системі знаки змінено на протилежні, що пояснюється збільшенням напруги при зменшенні кута відпирання, тобто симісторний регулятор відносно до кута відпирання є інверсним елементом. Для забезпечення стійкості системи від’ємний зворотний зв’язок забезпечується за умови повторної інверсії в регуляторі.

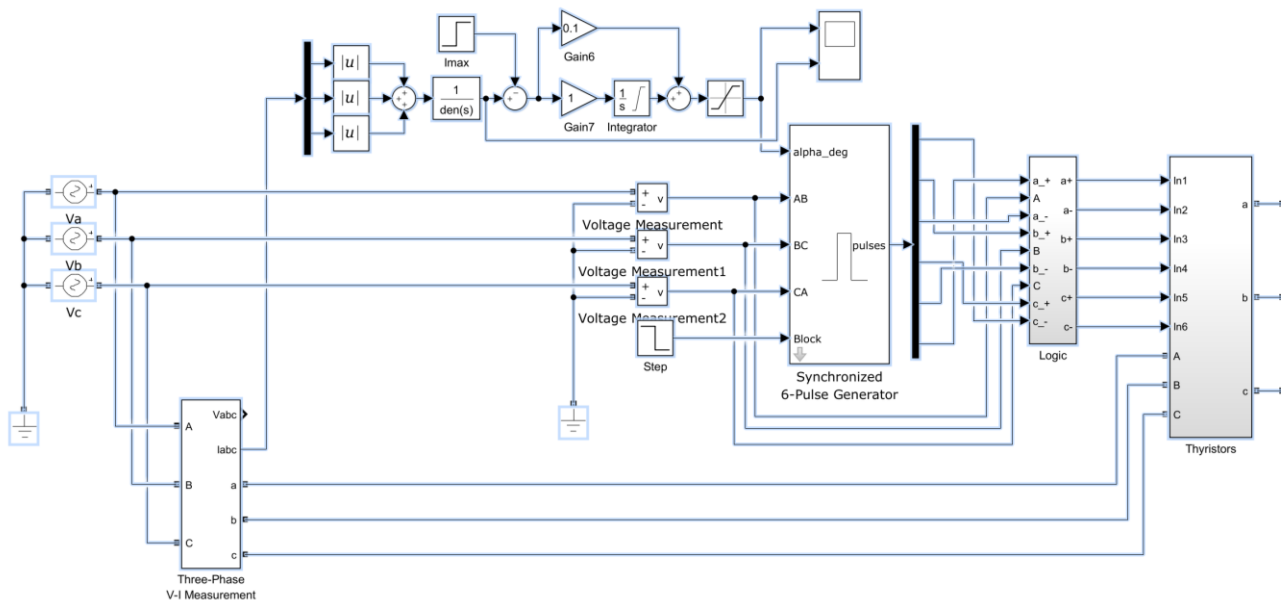


Рисунок 2.11 – Фрагмент моделі електроприводу з регулятором струму

Коефіцієнти регулятора підбрано методом спроб та помилок так, щоб система була стійкою, з мінімальними коливаннями струму під час перехідного процесу.

Завдання струму подається з затримкою часу 0.05 с.

Отримані параметри регулятора та затримка забезпечують однократний пік струму до 1200 А та обмеження миттєвих значень на рівні 1000 А незалежно від тривалості перехідного процесу, тобто від моменту інерції механізму, амплітуда коливань електромагнітного моменту не перевищує 700 Нм.

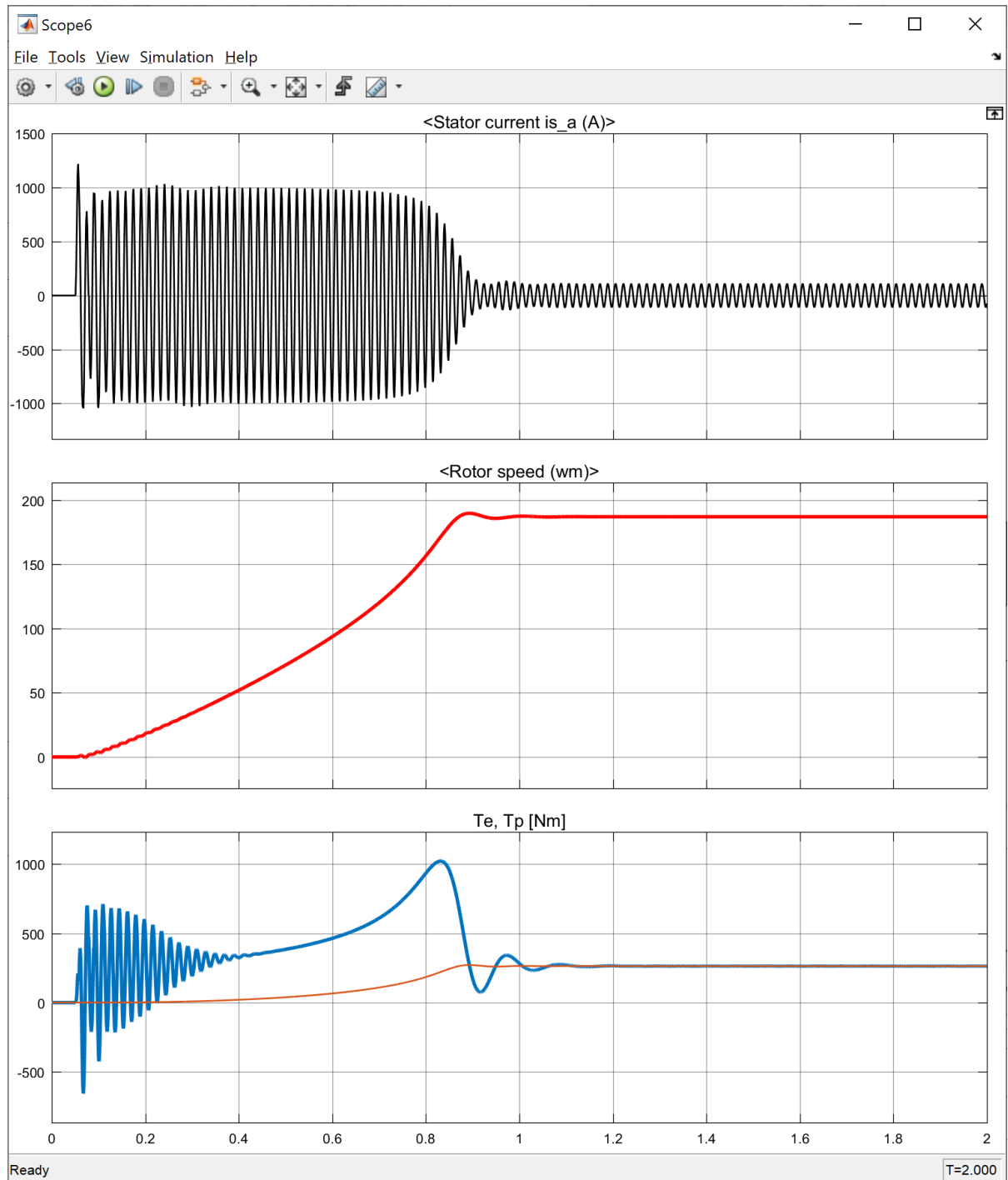


Рисунок 2.12 – Пуск електропривода з регулятором струму
(обмеження струму на рівні 700 А)

Враховуючи переваги, які на початку перехідного процесу має електропривод з лінійним зменшенням кута відпирання, в останню модель надано лінійне збільшення завдання струму, що дозволило отримати перехідні процеси без стартових ударних навантажень (рис. 2.12).

Також проведено моделювання перехідних процесів при збільшеному у 2 рази моменті інерції механізму (рис.2.13). Видно, що тільки час перехідного процесу збільшився, але всі корисні якості електроприводу залишилися без змін.

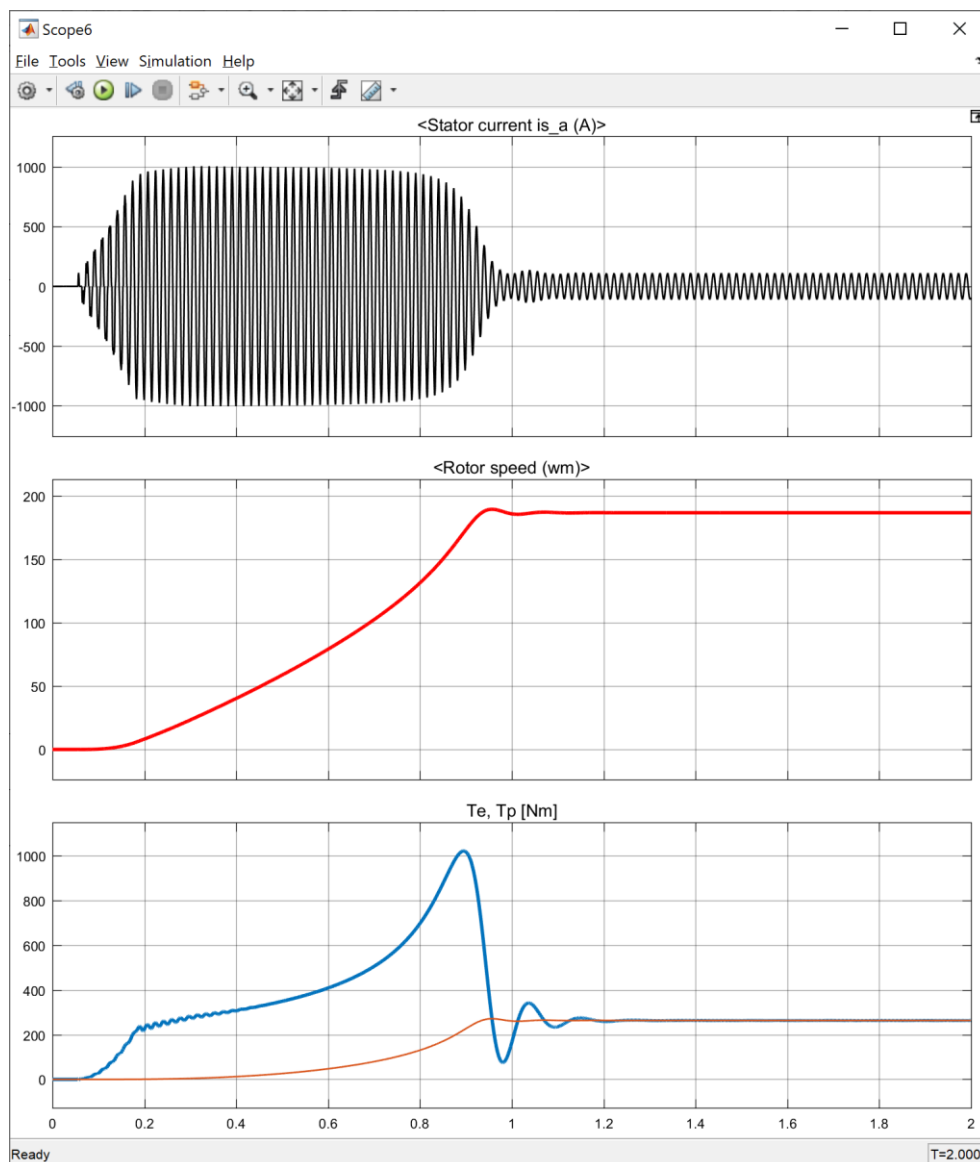


Рисунок 2.13 – Пуск електропривода з регулятором струму (обмеження струму на рівні 700 А) та з лінійним зростанням завдання струму на початку перехідного процесу

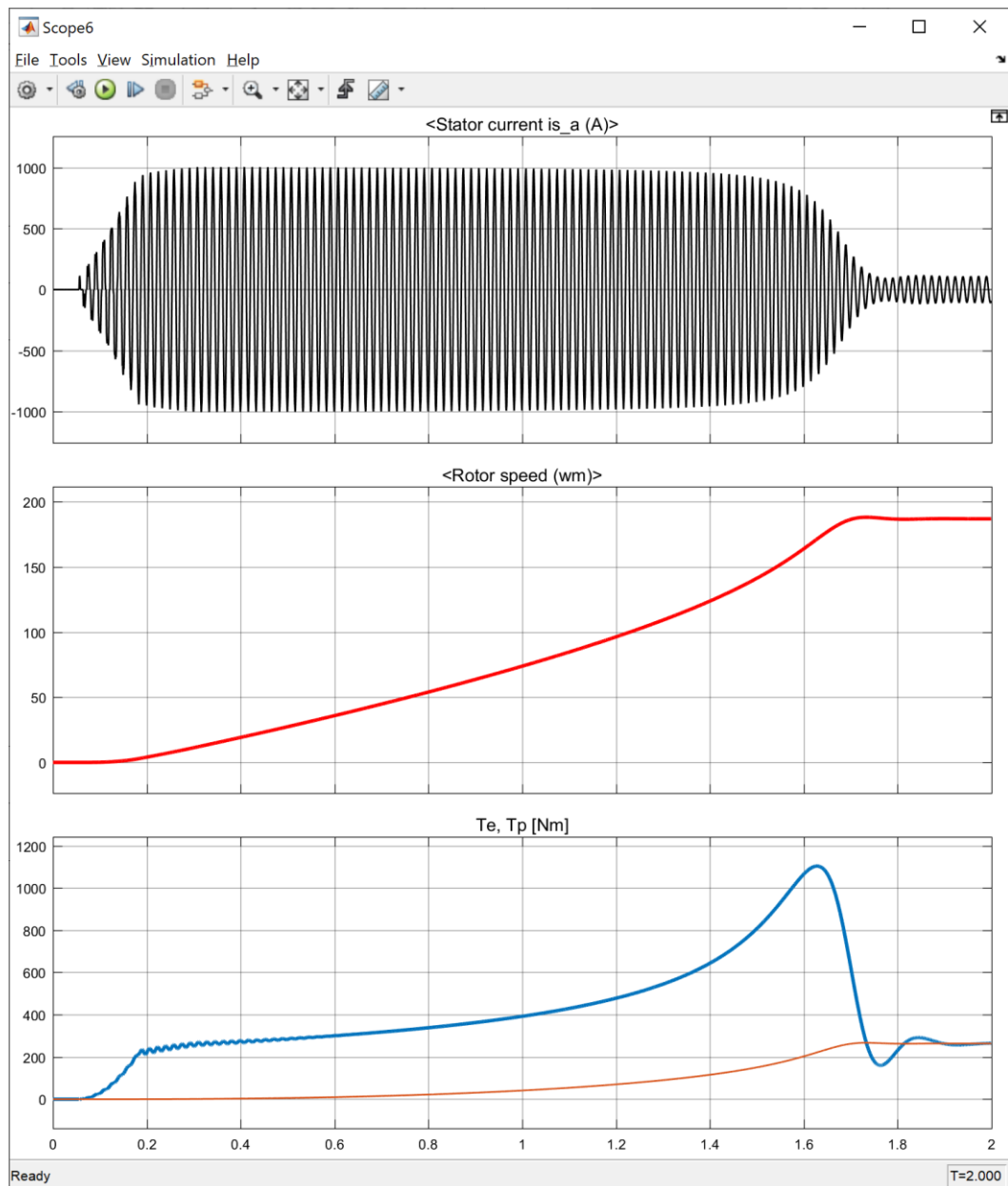


Рисунок 2.14 – Пуск електропривода з регулятором струму з лінійним зростанням завдання струму на початку перехідного процесу та збільшеним в 2 рази моментом інерції механізму

Отримані перехідні процеси задовольняють вимогам механізму: за рахунок гасіння коливань електромагнітного моменту на початку перехідного процесу зменшено час розгону – до 0.9 s, відсутні ударні механічні навантаження, миттєве значення струму статора не перевищує 1000 A, налаштування інваріантні до моменту інерції механізму. Тому налаштування із моделі можуть бути перенесеними до налаштувань електроприводу.

3. РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

Судова електроенергетична система складається з трьох основних частин: суднові електричні станції, силова електрична мережа і мережа приймачів.

Судова електрична станція складається з джерел електроенергії та головного розподільного щита, до якого вони підключені. Основними показниками СЕЕС є живучість і надійність, якість електроенергії, маса і габаритні розміри, будівельна вартість, експлуатаційні витрати, рівень автоматизації, рівень уніфікації та ін.

Розрахунок потужності проводиться табличним методом. Потужність, споживана приймачами електроенергії, залежить від інтенсивності їх використання в різних режимах експлуатації суден в процесі виконання конкретного рейсу від виходу до приходу в порт приписки. При цьому істотне значення мають кількість і вид вантажу, що перевозиться, швидкість ходу, район плавання, стан моря, пора року і т.п. Завдяки такій залежності зміна потужності приймачів електроенергії і формування навантаження генераторів СЕЕС в значній мірі має випадковий (вірогіднісний) характер, що врахуємо при проектуванні СЕЕС. Для цього складаємо таблицю розрахунку навантажень генераторів.

Як основні режими, прийняті наступні режими роботи судна:

- Стоянка з вантажними операціями;
- Маневрений режим;
- Ходовий режим;
- Аварійний режим (пожежа в МВ, головні генератори зупинені).

Графік роботи споживачів прийнятий за умови вірогідності включення механізму в кожному режимі.

Розрахунок виконаний при максимальному завантаженні системи вентиляції і кондиціонування повітря.

Для приймачів у яких відсутні паспортні дані прийняті середні значення $\cos(\varphi)$ и ККД для електродвигунів відповідної потужності і числа оборотів.

Розрахунок виконаний відповідно до РД5.6168-92 «Методи розрахунку електричних навантажень»

Порядок заповнення таблиці навантажень, на прикладі головного циркуляційного насоса забортної води, наведено в таблиці 3.1. Аналогічно проводиться розрахунок для решти споживачів електроенергії на судні. Повна таблиця навантажень приведена в додатку Б.

Таблиця 3.1

№	Назва механізму	К-ть п	Номинальні параметри							Параметри споживачів в режимі Ходовий						
			P _{нп} , кВт	I, А при U=440 В	cos(φ)	η, %	Сумарна потужність			Графік роботи	Кз	cos(φ)	Кількість одноч.	Сумарна потужність		
							P _{нп} , кВт	Q, кВАр	S, кВА					P, кВт	Q, кВА	S, кВА
1	2	3	4	5	6	7	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Масляний насос ГД	2	60	101,8	0,86	0,9	66,7	27,55	72,0	БП	0,7	0,85	1	46,7	28,9	54,9

У графах 1–11 таблиці вказані номінальні параметри приймачів електроенергії та їх кількість.

У загальному випадку приймачі електроенергії підрозділяють на працюючі безперервно (БП), періодично (ПП) або епізодично (ЕП) (таблиця 3.2) .

Таблиця 3.2

Приймачі	Частот включення	Час роботи, %	Час роботи, год. на добу
Працюючі безперервно (БП)	одноразово	70—100% від тривалості режиму	17—24
Періодично (ПП)	багато разів	15—70 % від тривалості режиму	3,5—17
Епізодично (ЕП).	одноразово або багато	менше 15 % від тривалості режиму	менше 3,5

Потім в кожному режимі по кожному працюючому приймачу в графах 8,9,10 вказані значення коефіцієнтів завантаження K_3 , коефіцієнтів потужності $\cos \varphi$ і кількість приймачів електроенергії m , одночасно працюючих в даному режимі.

Для не працюючих в даному режимі приймачів у всіх його графах ставляться риси.

Коефіцієнтом завантаження приймача - відношення його фактичної споживаної потужності в даному режимі до номінальної споживаної потужності, вказаної в графі 13, тобто $K_3 = P_{\phi} / P_{\text{нп}}$

Коефіцієнт завантаження механізму K_3 визначається на підставі аналізу роботи споживачів, суднових пристроїв і судна в цілому.

Значення коефіцієнта потужності режиму в графі 14 визначають на підставі кривої рис. 3.1 залежно від коефіцієнта завантаження по графі 13.

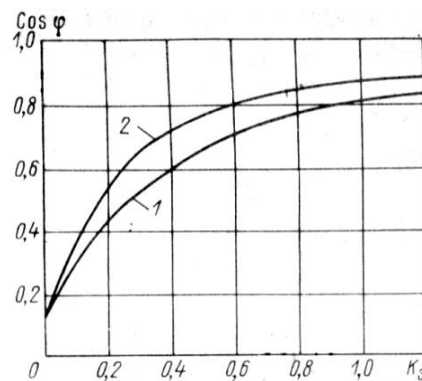


Рисунок 3.1 – Зміна коефіцієнта потужності АД в залежності від коефіцієнта його завантаження. 1, 2 для двигунів потужністю до та більше 10 кВт відповідно.

Значення споживаної активної потужності P (графа 16) визначаємо по формулі, кВт,

$$P = P_{\text{нп}} \cdot K_3 \cdot m ,$$

де $P_{\text{нп}}$ - номінальна споживана потужність (графа 9), кВт;

K_3 - коефіцієнт завантаження (графа 13); m - кількість працюючих приймачів (графа 15).

Значення споживаної реактивної потужності Q (графа 10 і 17) визначають по формулі, кВА,

$$Q = P \cdot \operatorname{tg} \varphi,$$

де P — активна споживана потужність (графа 16), кВт; $\operatorname{tg} \varphi$ — визначається відповідно до значення $\cos \varphi$ (графа 6 и 14).

Значення повної потужності, кВА, (графа 11 и 18) визначаємо по формулі:

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

де P и Q визначаємо по графах 9, 10 и 16, 17 відповідно.

Після заповнення таблиці шляхом арифметичного складання чисельних значень, вказаних в графах 16 и 17, визначаємо сумарні значення активної P_c и реактивної Q_c потужностей, споживаних приймачами з графіком роботи НР ($P_{\text{нп}}$, $Q_{\text{нп}}$) и з графіком роботи ПП ($P_{\text{пп}}$, $Q_{\text{пп}}$);

$$P_c = P_{\text{нп}} + P_{\text{пп}};$$

$$Q_c = Q_{\text{нп}} + Q_{\text{пп}};$$

При цьому потужність приймачів з графіком роботи ЕП не враховують, оскільки їх кількість и потужність складають звичайно декілька відсотків від кількості и потужності приймачів з графіками роботи НР и Ін. Роботу приймача найбільшої потужності з графіком ЕП врахуємо при виборі кількості и потужності генераторів.

При визначенні навантаження аварійних генераторів всі приймачі, підключені до АРЩ, згідно Правилам Регістра, вважаються безперервно працюючими з коефіцієнтами завантаження и різночасності, рівними 1,0. Тому сумарна потужність, споживана приймачами, розрахована по графі 16 таблиці, приймається рівному навантаженню аварійного генератора.

Далі визначаємо значення коефіцієнта різночасності (або участі в сумарному навантаженні) K_p , що враховує відмінність графіків роботи приймачів електроенергії и вірогідність спільної їх роботи в даному експлуатаційному режимі, залежно від співвідношення потужності безперервно и періодично працюючих приймачів, а саме:

$$\text{при } P_{\text{нп}} > P_{\text{пп}} \quad K_p = 1,0 - 0,8;$$

$$\text{при } P_{\text{нп}} = P_{\text{пп}} \quad K_p = 0,8 - 0,7;$$

$$\text{при } P_{\text{нп}} \ll P_{\text{пп}} \quad K_p = 0,7 - 0,6.$$

В даному випадку $P_{\text{нп}} > P_{\text{пп}}$, тому вибираємо $K_p = 0,9$.

Після цього визначаємо навантаження генераторів, і набуваємо підсумкові значення споживаної приймачами активної, реактивної і повної потужності для кожного режиму роботи, а також середнєзваженого коефіцієнта потужності по формулах відповідно:

$$P_{\text{нг}} = P_p \cdot K_p \cdot K_{\text{п}}$$

$$Q_{\text{нг}} = Q_c \cdot K_p$$

$$S_{\text{нг}} = \sqrt{P_{\text{нг}}^2 + Q_{\text{нг}}^2}$$

$$\cos \varphi_{\text{ср}} = \frac{P_{\text{нг}}}{S_{\text{нг}}}$$

де $K_{\text{п}}$ — коефіцієнт, що враховує втрату потужності в мережі. Приймаємо рівним 1,04.

Потужність генераторів вибираємо залежно від середнєзваженого коефіцієнта потужності, який визначається як відношення сумарної активної і повної потужностей.

У нашому випадку у всіх режимах $\cos \varphi_{\text{ср}} > 0,8$ отже генератори необхідно вибирати по активній потужності.

Кількість і номінальні потужності генераторів вибираємо такими, щоб їх завантаження в найтриваліших режимах експлуатації (ходовий режим, стоянка з вантажними операціями) було не менше 75 - 80% номінальної. У короткочасних режимах (зйомка з якоря) вона може бути понижена до 50 - 60%.

Попередній вибір генераторів виробляється по навантаженню без урахування епізодичною. Проте вибрані генератори повинні допускати навантаження з урахуванням епізодичного навантаження за рахунок регламентованої перевантажувальної здатності або запасу потужності. При значному епізодичному навантаженні в роботу короткочасно включають додатковий генератор.

На підставі аналізу таблиці, і враховуючи приведені вище умови вибору генераторів, можна вважати, що найбільш оптимальним буде вибір 3-х дизель-генераторів потужністю 730 кВт фірми CATERPILLAR, модель C32 ACERT EM0414-00 (ІМО ІІ)

Як аварійний генератор обираємо генератор потужністю 200 кВт фірми CATERPILLAR, модель С7.1.

Зовнішній вигляд генераторів CATERPILLAR приведені на рис.3.2.

Нижче приведена таблиця споживаної потужності в різних режимах і кількість працюючих генераторів:

Таблиця 3.3 – Режими роботи СЕЕС

Режими роботи судна	Споживана потужність, кВт	Генератори	
		У роботі	У резерві
Стоянка з вантажними операціями	1063,7	2 основних	1 основний
Маневрений	915,3	2 основних	1 основний
Ходовий	399,8	1 основний	2 основних
Аварійний	113,3	1 аварійний	3 основних

Таблиця 3.3 – Паспортні дані вибраних генераторів

К-ть	Генератор	Тип	Полоси	Потужність, кВт	Потужність, кВА	Частота обертання Об/хв	Напруга, В	Струм, А	Частота, Hz	Cos(φ)
3	Основний	С 32 ACERT	10	730	912,5	1800	450	1168	60,0	0,8
1	Аварійний	С 7.1	4	200	250	1800	450	401	60,0	0,8

C32 ACERT IMO II

Рисунок 3.2 – Дизель-генераторів CATERPILLAR, модель C32 ACERT EM0414-00

Обрані генератори є безщітковими, з самозбудженням і самовентиляцією, забезпечені автоматичними регуляторами напруги, які дозволяють підтримувати напругу з точністю $\pm 1.5\%$ від номінального його значення, що задовольняє Правилам Регістра.

3.2. Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії

Акумуляторні батареї застосовуються на судні для живлення радіо- та навігаційного електрообладнання, для живлення систем автоматики, а також для пуску рятувальної шлюпки. 4 акумуляторні батареї розташовані на палубі ходового містка, 2 батареї – в машинному відділенні, 2 – в рятувальній шлюпці.

Батареї є незалежним автономним джерелом живлення, що дає постійний струм без пульсації і вищих гармонік.

Недоліки:

- необхідність систематичного догляду;
- частих підзарядок;
- контролю й заміни електроліту;
- незначний час дії в режимі розряду;
- великі вартість і маса.

Тип акумуляторної батареї вибирають з урахуванням характеру навантаження та необхідного напруги приймачів електроенергії, а також призначення акумулятора (для основного або резервного живлення).

Для отримання необхідної напруги допускається послідовне з'єднання будь-якого числа акумуляторів або батареї. Ємність батареї визначають по розрахунковій таблиці навантажень, в яку включено загальне число приймачів із зазначенням споживаної потужності в різних режимах. Ввівши коефіцієнт одночасності, визначають потрібну потужність всієї установки, число годин роботи і витрата електроенергії. Розділивши сумарну витрату енергії на напругу мережі, отримують загальну ємність батареї.

Акумуляторні батареї використовують в режимах: заряд-розряд, безперервна підзарядка, періодичний підзаряд, в режимі середнього струму. При режимі заряду-розряду батарея складена з двох груп, одна з яких розряджається, а інша в цей час заряджається. Така система забезпечує безперервне живлення приймачів протягом доби і підвищує їх надійність. Недоліками режиму є низький ККД, малий термін служби акумуляторів, необхідність великої кількості акумуляторів і безперервного догляду за ними у зв'язку з систематичними зарядами.

У режимі безперервного підзаряду приймачі живляться від паралельно з'єднаних зарядного агрегату й акумуляторної батареї. В нормальних умовах при наявності напруги суднової мережі живлення йде від генератора (перетворювача), в цей час акумуляторна батарея заряджається (напруга на затискачах генератора більше ЕДС батареї). В момент зникнення напруги суднової мережі живлення приймачів триває від акумуляторної батареї. Їмність батареї може бути значно менше потрібної добової, так як вона живить приймачі в аварійному режимі. Цей спосіб заряду забезпечує високий ККД, підвищений термін служби акумуляторів, зменшення потрібної ємності акумуляторної батареї. На рисунку 3.3 показані розташування батареї для радіоелектрообладнання.



Рисунок 3.3 – Акумуляторні батареї для радіоелектрообладнання

Згідно до вимог Регістру резервне джерело електричної енергії повинно бути незалежним від суднових силових установок і суднової електричної мережі. У якості резервного джерела електричної енергії може бути передбачена акумуляторна батарея, що перезаряджається, з автоматичним зарядним пристроєм або джерело безперебійного електричного живлення. Резервне джерело електричної енергії повинно забезпечувати одночасну

роботу радіоустаткування протягом, принаймні однієї години на судах, де аварійним джерелом електричної енергії є ДГ.

Ємність акумуляторної батареї, що використовується в якості резервного джерела електричної енергії, повинна визначатися виходячи з споживаної потужності кожної радіоустановки з урахуванням суми трьох величин:

- 1/2 сили струму, який споживається для режиму передачі;
- сили струму, який споживається для режиму приймання;
- сили струму, який споживається додатковими навантаженнями.

Для обліку можливого зниження ємності акумуляторної батареї в процесі її роботи рекомендується передбачити збільшення розрахованої величини на 40 %.

Також згідно до вимог Регістру трикратне зникнення живлення протягом 5 хвилин тривалістю по 30 секунд не повинне впливати на працездатність систем автоматизації. Системи АПС і захисту повинні живитися від джерела безперебійного живлення, при зникненні напруги живлення на вході якого повинен подаватися сигнал АПС. Акумуляторне джерело безперебійного живлення повинно бути розраховано на живлення систем АПС і захисту протягом не менш ніж 30 хвилин.

На судні обираємо наступні акумуляторні батареї.

Виробник: Caltex.

Тип акумулятора: кислотний, необслуговуваний.

Ємність акумулятора: 175 А/год.

Напруга: 12 В.

Термін роботи: 5 років.

На рисунку 3.2 показано розташування акумуляторних батарей для пуску рятувальної шлюпки.



Рисунок 3.2 – Акумуляторні батареї рятувальної шлюпки

Акумуляторні батареї рятувальної шлюпки заряджаються за допомогою сонячної панелі, розташованої зверху шлюпки або за допомогою зарядного пристрою.

Усі акумуляторні батареї, що використовуються в живленні системи автоматики і радіозв'язку, підключені послідовно та мають 2 незалежні мережі. Загальна напруга 24 В. Для заряду акумуляторних батарей на судах служать випрямні агрегати, що перетворюють змінний струм в постійний і стабілізуючий випрямлений струм. Їх переваги:

- підвищена надійність в експлуатації завдяки відсутності обертових частин;
- постійна готовність до дії;
- підвищені енергетичні показники;
- стійкі зовнішні характеристики.

Склад і пристрій елементів випрямного агрегату та їх основні функціональні зв'язку при роботі розглянемо на прикладі агрегату типу ВАКЗ-1-40М (випрямний агрегат кремнієвий, зарядний, морський). Агрегат характеризується наступними вхідними і вихідними технічними даними:

- напруга трифазної мережі живлення 220/440 В;
- частота 60 Гц;
- споживана потужність 1,8 кВА;
- $\cos \varphi$ 0,72;
- номінальна вихідна потужність 1 кВт;

- Виконаний в бризгозахищенному виконанні, працює в тривалому режимі, має природне повітряне охолодження, забезпечує автоматичну стабілізацію випрямленої напруги в діапазоні 3-25 А при зміні вихідної напруги від 12 до 40 В.

3.3 Вибір раціональної структури СЕЕС і розробка конструкції і однолінійної схеми ГРЩ і АРЩ

Для установки на судні вибираємо СЕЕС трифазного змінного струму. Це рішення обумовлене тим, що застосування приводних електродвигунів змінного струму має ряд переваг в порівнянні з постійним струмом. Досвід проектування показує, що для великих транспортних судів (потужність електростанції >200 кВт) потрібно застосовувати напругу мережі 440 В, 60 Гц. Для живлення сучасного навігаційного і аварійного устаткування необхідна змінна напруга 220 В і постійне 24 В.

Для установки на даному судні приймаємо автономну СЕЕС, що має одну основну і одну аварійну електростанції. Як джерела електроенергії приймаємо до установки дизель-генераторні агрегати.

Основні джерела електроенергії розміщуємо в машинному відділенні, ГРЩ в ЦПУ, аварійний генератор і АРЩ під шлюпочною палубою. Кількість і потужність генераторних агрегатів ми визначили в попередньому підрозділі (3.1).

Згідно правилам Регістра розробляємо схему ГРЩ і АРЩ.

ГРЩ складається з наступних секцій:

- секція управління;
- генераторна секція;
- фідерна секція;
- секції стартерів.

Будуємо станцію по приведених вимогах. У центрі знаходяться секції управління (панель синхронізації), де виконується розподіл електроенергії між генераторами, синхронізація, зупинка і інші операції. Далі в сторони від центру йдуть перша, друга і третя генераторні панелі. Там розташовані прилади управління і захисту генераторів.

За ними слідують 440 В фідерна і стартова панелі, від яких одержують живлення прилади МКВ, палубні механізми, майстерні, частина камбузного устаткування, а також трансформатори, що живлять 220 В фідерну панель. Від цієї панелі одержують живлення зв'язок, навігація, сигналізація і освітлення.

Від фідерних панелей АРЩ живляться основні споживачі, які забезпечують живучість судна під час аварії. Далі приведений список розподілу приймачів електроенергії по секціях ГРЩ і АРЩ.

Передача електроенергії від ГРЩ до споживачів відбувається за допомогою електричних мереж. На даному судні використовується фідерно-групова система розподілу електроенергії. Найвідповідальніші і могутніші споживачі одержують живлення від ГРЩ, а не відповідальні від групових розподільних пристроїв, які харчуються від ГРЩ.

Для розподілу електроенергії і контролю роботи генераторів на судні встановлено:

у ЦПУ – головний розподільний щит (ГРЩ);

у приміщеннях АДГ – аварійний розподільний щит (АРЩ).

Розподіл електроенергії на 440В і 220В по своїх споживачах проводиться при:

- тривалій одиночній роботі кожного генератора на загальні шини секцій 440В і пониження напруги на секції 220 В;

- тривалій паралельній роботі генераторів на загальні шини секцій 440В і пониження напруги на секції 220 В;

- тривалій одиночній роботі 3- го генератора на одну з двох секцій шин і пониження напруги на секції 220 В.

Від секцій ГРЩ (MSB) 440 В одержують живлення:

№1 СТАРТЕРНА ПАНЕЛЬ (ГСП №1)

1. № 1 Головний масляний насос, 59,9 кВт;
2. №1 Насос охолодження циліндрів ГД, 35 кВт;
3. №1 Паливоперекачуючий насос, 7,0 кВт;
4. №1 Головний циркуляційний насос заборотної води, 72,0 кВт;
5. №1 Баластний насос 58,8 кВт;
6. №3 Баластний насос 58,8 кВт;
7. Головний сервісний насос 47,2 кВт.
8. №1 Пожежний насос 55,0 кВт;
9. №1 Насос охолодження поршнів 35,0 кВт;
10. №1 Насос охолодження рубашки ГД, 47,5 кВт.

№1 ФІДЕРНА ПАНЕЛЬ (ФП №1)

- 1 Розподільний щит (РЩ) №1 Сепаратори, 60,4 кВт;
- 2 Розподільний щит (РЩ) №2 Підкачувальні насоси, 50,6 кВт;
- 3 Розподільний щит (РЩ) №3 Випарникова установка, 5,6 кВт;
- 4 Розподільний щит (РЩ) №4 Живлення котла, 22,4 кВт;
- 5 Розподільний щит (РЩ) №5 Вентиляція МВ, 40,8 кВт;
- 6 Розподільний щит (РЩ) № 6 Вентиляція надбудови, 11,5 кВт;
- 7 Розподільний щит (РЩ) № 7 Установа Масgregor, 30,0 кВт;

8 Розподільний щит (РЩ) № 8 Повітряний компресор, 67,0 кВт

9 Розподільний щит (РЩ) № 9 Рульова машина 80кВт.

№1 СТАРТЕРНА ПАНЕЛЬ (ГСП №2)

1. №2 Головний масляний насос, 59,9 кВт;
2. №2 Насос охолодження циліндрів ГД, 35 кВт;
3. №2 Паливоперекачуючий насос, 7,0 кВт;
4. №2 Головний циркуляційний насос заборотної води, 72,0 кВт;
5. №3 Баластний насос 58,8 кВт;
6. №1 Пожежний насос 55,0 кВт;
7. №2 Повітряний компресор, 67,0 кВт.
8. №2 Живлення рульової 22,4 кВт;
9. №2 Насос охолодження поршнів 35,0 кВт;
10. №2 Насос охолодження рубашки ГД, 47,5 кВт.

№1 ФІДЕРНА ПАНЕЛЬ (ФП №2)

1. Розподільний щит (РЩ) № 10 Кондиціонер, 59,9 кВт;
2. Розподільний щит (РЩ) № 11 Нагрівач води, 42,0 кВт;
3. Розподільний щит (РЩ) №12 Санітарне обладнання, 8,8 кВт;
4. Розподільний щит (РЩ) №13 Пральня, 26,3 кВт;
5. Розподільний щит (РЩ) №14 Обладнання камбузу, 58,4 кВт;
Розподільний щит (РЩ) №15 Обладнання майстерні 45 кВт;
6. Розподільний щит (РЩ) №16 Швартовні лебідки корма;
7. Розподільний щит (РЩ) №17 Швартовні лебідки ніс;

З фідерної панелі 220В ГРЩ (ФП 220В) через знижувальний трансформатор 440/220 одержують живлення:

1. Панель освітлення №1 7,0 кВт;
2. Панель освітлення №2 2,5 кВт;
3. Панель освітлення №3 4,3 кВт;
4. Панель освітлення №4 3,0 кВт;
5. Панель освітлення №5 4,0 кВт;
6. Панель освітлення №6 5,4 кВт;

7. Панель №7 Трюмні розетки 16,0 кВт;
8. Панель №8 Навігаційне обладнання;
9. Панель №9 Навігаційні вогні;

Генераторні панелі (ГП) призначені для управління і контролю за роботою генераторів. На цих панелях встановлені автоматичні повітряні триполюсні автомати для комутації головного струму.

Панель синхронізації призначена для управління і включення на паралельну роботу генераторів або відключення якогось з них. На цій панелі встановлений секційний триполюсний автоматичний вимикач із захистами, аналогічними генераторним автоматам. Також встановлені: синхроскоп, кнопки управління і лампи синхронізації генераторів, вимірювальний трансформатор напруги для роботи контрольної апаратури, по два вольтметри, частотоміри і ватметри з перемикачами на 3 положення для контролю параметрів працюючих та підключаємих на паралельну роботу генераторів. На панелі також встановлений мегомметр для контролю ізоляції в колі 440 В.

Особливо відповідальні споживачі одержують живлення від АРЩ, при цьому зв'язок АРЩ з ГРЩ забезпечується автоматичними апаратами, що відключають АРЩ від ГРЩ при знеструмленні ГРЩ і підключаючи в даному режимі АРЩ до фідера ГРЩ. Схемою передбачене також живлення споживачів від берегових джерел електроенергії через щит живлення з берега (ЩБП).

Розподіл електроенергії від АРЩ (ESB) напругою 440 В і 220 В згідно з Правилами Регістра[10]:

440 В АВАРІЙНА ФІДЕРНАЯ ПАНЕЛЬ (АРЩ)

1. АДГ, 200 кВт;
2. №2 Рульова машина головний привід, 80 кВт;
3. Аварійний пожежний насос, 37 кВт;
4. №1 Аварійний трансформатор 450/230 В, 22,5 кВт;
5. Авар. компресор пускового повітря, 52 кВт;
6. Допоміжний циркуляційний насос заборотної води (авр.), 15 кВт;
7. №2 Аварійний трансформатор 450/230 В, 22,5 кВт;

8. Судновий тифон, 5,5 кВт;
9. Зарядний пристрій для акумуляторної батареї АДГ 24 В, 2 кВт;
10. №3 Аварійний трансформатор 440/27В 7,8 кВт;

На судні передбачається також аварійна розподільна панель, що живить від акумуляторних батарей. При нормальних режимах роботи судна вона одержує живлення від зарядного пристрою, який живить напряду від фідерної панелі АРЩ 440 В. Споживачі, що живлять від цієї панелі приведені нижче:

1. Автоматика ГРЩ і АРЩ;
2. Системи сигналізації;
3. Навігаційне та обладнання радіозв'язку;
4. Навігаційні та відмітні вогні;
5. Мале аварійне освітлення;
6. Системи суднового зв'язку;

Згідно вимогам Регістра місткість батареї, що є перехідним джерелом електричної енергії повинна бути достатня для живлення вищеперелічених споживачів тривалістю не менше 30 хв.

При розробці схеми ГРЩ передбачається комбінування збірних шин, тобто розподіл їх на декілька незалежних секцій, кожна з яких має один або декілька своїх джерел живлення, що збільшує живучість СЕЕС в цілому, при пошкодженні ділянки кола.

Для з'єднання секцій використовують автоматичні вимикачі, секційні роз'єднувачі. Встановлення вимикачів переважне, оскільки в цьому випадку секція вимикається автоматично, що дозволяє забезпечити без виключення живлення паралельну роботу споживачів, підключених до непошкодженої секції.

При розробці схеми СЕЕС повинна виконуватися вимога, при якому основні і відповідальні споживачі, механізми і агрегати повинні бути розподілені між секціями збірних шин так, щоб при виході з ладу однієї секції живлення цих споживачів забезпечувалося від непошкодженої секції шин.

Розробка мереж розподілу електроенергії СЕЕС проводиться після вибору генераторів і розміщенню всіх приймачів електричної енергії, які повинні підключитися до електростанції. При цьому перш за все визначаються

приймачі електроенергії, які одержуватимуть живлення безпосередньо від ГРЩ.

Користуючись переліком суднових споживачів електричної енергії виправляють повний перелік електроспоживачів і їх технічні дані, вказавши в них кількість однойменних споживачів, їх номінальну потужність, коефіцієнт корисної дії і коефіцієнт потужності.

Однолінійна схема ГРЩ та АРЩ приведені в Додатку Г

3.3 Вибір комутаційної апаратури ГРЩ, вибір генераторних автоматів.

Розподіл електричної енергії на судні здійснюється за допомогою силової мережі, підключеної до ГРЩ(MSB), аварійної мережі, підключеної до АРЩ (ESB), і мереж приймачів електроенергії, підключених до розподільного щита. До складу кожної електромережі входять розподільні і спеціалізовані щити і лінії передачі електроенергії.

На судні, що розглядається застосована фідерно-групова система розподілу електроенергії. В цьому випадку безпосередньо від ГРЩ (MSB) або АРЩ (ESB) прокладені самостійні лінії живлення (фідери) до всіх відповідальних споживачів і груповим РЩ (DB). Групові РЩ (DB) здійснюють розподіл електроенергії серед групи однакових або близьких за призначенням споживачів. Фідери призначені для передачі електроенергії між двома будь-якими розподільними щитами або між розподільним щитом і приймачем або джерелом електроенергії.

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

Основні траси кабелів прокладаються по бортах судна з переходом по перегородках і підволочу до щитів і приймачів електроенергії. На судні застосовуємо приховану проводку кабелів в спеціальних каналах, які забезпечують огляд кабельних трас. Кріплення кабелів проводиться за допомогою кабельних підвісів, що прикріплюються до набору корпусу судна.

Проходи пучків кабелів через водонепроникні перегородки судна здійснюється за допомогою прохідних кабельних коробок, які заливаються масою ущільнювача.

Для прокладки кабельних трас потрібно вибрати найкоротші шляхи, по можливості, прямолінійні і доступні для огляду.

Передача електроенергії споживачам здійснюється по трьохпроводній системі з ізольованою нейтраллю, оскільки вона більш безпечна. З'єднання фази на корпус судна не є коротким замиканням.

На підставі номінального струму генераторів як генераторні вимикачі В1, В2, В3 вибираємо автоматичні вимикачі HYUNDAI типа НАТ-16 (AOR-1S-AS) з номінальним струмом автомата 1600 А, номінальним струмом комбінованого роз'єднувача 1600 А і гранично допустимим ударним струмом КЗ 50 кА.

Для аварійного генератора як генераторний автомат вибираємо автоматичний вимикач HYUNDAI типа НАТ-12 (AOR-1S-AS) з номінальним струмом автомата 1250 А, номінальним струмом комбінованого роз'єднувача 1600 А і гранично допустимим ударним струмом КЗ 50 кА.

Таблиця 3.4 – Таблиця вибраних генераторних автоматів.

Генератор	Автоматичний вимикач	Ном. Струм $I_{ном}$, А	Робочий струм I_0 , А	Струм К.З $I_{к.з.}$, А
Г1	НАТ-16	1600	$1168 < I_0 < 1600$	65000
Г2	НАТ-16	1600	$1168 < I_0 < 1600$	65000
Г3	НАТ-16	1600	$1168 < I_0 < 1600$	65000
АДГ	НАТ-12	650	$160 < I_0 < 1250$	50000

Для захисту СЕЕС і її елементів від коротких замикань і перевантажень використовуються автоматичні вимикачі (автомати) і запобіжники. У автомат вбудовуються спеціальні роз'єднувачі, тобто електромагнітні, електротеплові або напівпровідникові реле, які при певному значенні струму дають імпульс на розмикання контактів автомата. Запобіжники мають плавку вставку, яка плавиться (перегорає) в результаті нагріву її струмом перевантаження або короткого замикання. Цим автомати і запобіжники забезпечують

максимальний струмовий захист. Автоматичні вимикачі в більшості випадків мають два роз'єднувачі. Один з них забезпечує захист від струмів перевантаження, інший від струмів КЗ. Автоматичні вимикачі, що мають пристрій, який забезпечує витримку часу відключення струмів КЗ, прийнято називати селективними або вибірковими. До них відносяться автомати серії НАТ 06 - 40, які забезпечують витримку часу, рівну 0,18; 0,38; 0,63 або 1,0 с. У автомата серії НАТ-16 вбудовують також роз'єднувачі мінімальної напруги і незалежний (відключаючий). Перший призначений для відключення автомата при зниженні напруги генераторів до значення $(0,25-0,3) U_{ном}$ за час більше 2 с. Другий відключає автомат миттєво (за 0,05 с) при подачі на його обмотку відповідної напруги.



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд генераторного автомата НАТ-16

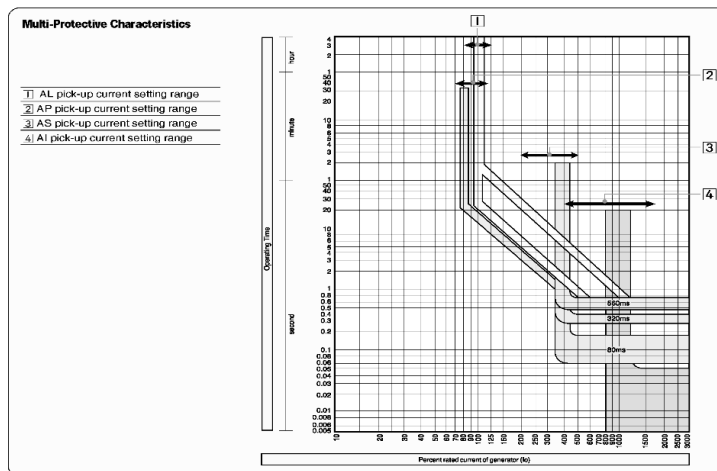
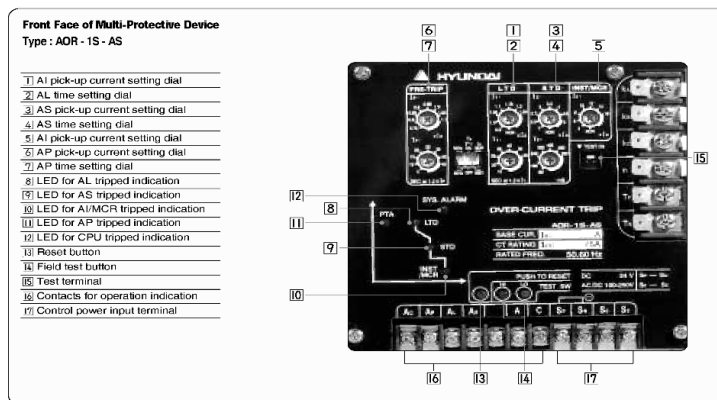


Рисунок 3.3 – Лицьова панель захисного пристрою і струмо-часова діаграма вибраного автомата.

Для передачі енергії споживачам вибираємо трижильні кабелі японського виробництва стандарту JIS C3410. Марка кабелів, що відходять від ГРЩ ТРУС (Y).

Суднові електричні кабелі типа ТРУС(Y) - це негорючий кабель з лудженими мідними скрученими багатодротяними жилами з ізоляцією EPR (етилен-пропилен), внутрішньою оболонкою з PVC (полівінілхлорид), оплетений оцинкованим сталевим дротом і зовнішньою захисною оболонкою з PVC.

Технічні дані:

- число жив: від 1 до 10;
- номінальний перетин жили: від 1,5 до 300 мм² ;
- номінальна напруга: 0,6/1 кВ;
- максимальна температура: 90°C.

Кабель ТРУС(У) застосовується для передачі електроенергії в суднових силових ланцюгах напругою 0,6/1кВ при закріпленій прокладці в приміщеннях і на відкритих палубах судів і плавучих бурових установок.

Маркування кабелю розшифровується наступним способом;

3	х	H.L	T.D	P	Y	C	(Y)	(S)	80
---	---	-----	-----	---	---	---	-----	-----	----

3 х – Число паралельних кабелів;

H/L – Допустима напруга кабелю (висока/низька);

T.D. – Число жил кабелю (три/дві);

P, EP – PVC або резинова зовнішня ізоляція;

Y – внутрішня захисна PVC ізоляція пучка жил;

C – внутрішня сталева оплётка;

Y – PVC ізоляція кожної жили;

S – екранована кожна жила;

80 – Перетин жили кабелю, мм²

Перетин кабелів і дротів вибираємо по струмовому навантаженню, виходячи з роботи їх в найважчому робочому режимі.

Для вибору кабелю, який з'єднує генератор №1 (730кВт) трифазного змінного струму з ГРЩ, розрахунковий струм визначають по формулі:

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

$$I_{Г.Н.} = \frac{730 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 450 \cdot 0,8} = 1172,1 \text{ А.}$$

Для кабелів, які з'єднують окремі споживачі з РЩ

$$I_{зн} = \frac{P_{зн} \cdot k_3}{\sqrt{3} \cdot U_{зн} \cdot \eta_n \cos \varphi};$$

де k_3 - коефіцієнт завантаження споживача.

Розрахунковий струм кабелю, який живить групу споживачів, визначаємо по формулі:

$$I_{\Sigma} = k_0 \sqrt{\Sigma I_a^2 + \Sigma I_r^2}$$

$\Sigma I_a = I_{a1} + I_{a2} + \dots + I_{an}$ - сумарний активний струм;

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

Після визначення перетину кабелю зробимо перевірку його на втрату напруги, при цьому керуємося вимогами Регістра, згідно яким втрата напруги ΔU не повинна перевищувати для силових кабелів – 7 %; для мереж освітлення – 5 %; для низьковольтних мереж (36 В) – 10 %.

Робочий струм кабелю генератора №1 приймаємо рівним номінальному струму генераторного автомата НАТ-16 (1600 А).

Вибираємо кабелі марки ТРҮС (Y) 3*100 (200 А на кабель) – Всі кабелі з'єднуємо паралельно, отримаємо 8 кабелів. Загальний перетин 8-ми кабелів буде рівне 800 мм².

$$\Delta U_{\lambda} = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (r \cdot \cos \phi + x \cdot \sin \phi)}{U_H} \cdot 100\% , \text{ де}$$

L – довжина кабелю

r , x - активний і індуктивний опір, Ом/км.

Для кожного з 8-ми кабелів L= 57 м = 0,057 км;

I = I_{га} = 1600 А; cos φ = 0.8; sin φ = 0.6; r = 0,196 Ом/км; x = 0,0922 Ом/км;

Враховуючи, що кабелі з'єднані паралельно n=8 одержимо:

$$\Delta U_{\lambda} = \frac{\sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (r \cdot \cos \phi + x \cdot \sin \phi)}{U_H \cdot n} = \frac{\sqrt{3} \cdot 1600 \cdot 0,057 \cdot (0,196 \cdot 0,8 + 0,0922 \cdot 0,6)}{450 \cdot 8} \cdot 100 = 0,931\%$$

Втрата напруги генератора лежить в межах допустимих норм тобто менше 7%.

Розрахунок решти кабелів всіх споживачів зробимо аналогічно.

Після вибору кабелів зробимо вибір автоматичних вимикачів споживачів, які одержують живлення від ГРЩ. При цьому необхідно дотримуватися наступних двох умов:

$$U_n \geq U_{\text{раб}}, \quad I_n \geq I_{\text{раб}}$$

де U_i , $U_{\text{раб}}$, I_i , $I_{\text{раб}}$ – номінальні і робочі для даної схеми включення значення напруги і струму.

Автоматичні вимикачі вибираємо по струмах, які розраховуємо по формулі:

$$I_{ab} \geq k_0 \Sigma I_i + k I_n$$

Причому коефіцієнт завантаження споживачів - K_3 приймаємо рівним одиниці: $K_3 = 1$

Далі на підставі вибору живлячих кабелів і розрахунків струмів короткого замикання виконаємо перевірку вибраних автоматів на відповідність режимам роботи.

3.4. Розрахунок струмів короткого замикання

При виконанні розрахунків струмів короткого замикання приймають наступні основні умови:

- розглядається трифазне глухе коротке замикання;
- віддалення точки короткого замикання на фідерах від розподільних пристроїв приймається рівним 10м;
- опір дуги у точці короткого замикання не враховується;
- максимальна величина струму короткого замикання визначається з урахуванням підживлення точки короткого замикання підключеним еквівалентним навантаженням;
- ураховуються еквівалентні активний і реактивний опір окремих елементів і ділянок кабельної силової мережі;
- опір окремих елементів і ділянок в мережі приводяться до відносних базисних одиниць;
- за базисну потужність прийнята сумарна потужність генераторів електричних станцій, працюючих у паралель в даному режимі.

Розрахунок виконується по методиці визначення періодичної складової струму короткого замикання в залежності від усього опору цепі короткого замикання по кривим затухання періодичної складової струму короткого замикання. Криві затухання періодичної складової струму короткого замикання побудовані по середнім параметрам генераторів з самозбудженням приведені на рис.3.4.

Початкові дані для розрахунку:

3 генератори G1, G2, G3:

$S_{H1}=912,5 \text{ kVA}$; $U_H=450 \text{ B}$; $I_H=1102 \text{ A}$; $x_d'' = 0,144 \text{ Ом}$; $r_{Г1}=0,00657 \text{ Ом}$;

$S_{H2}=912,5 \text{ kVA}$; $U_H=450 \text{ B}$; $I_H=1102 \text{ A}$; $x_d'' = 0,144 \text{ Ом}$; $r_{Г2}=0,00657 \text{ Ом}$;

$S_{H3}=912,5 \text{ kVA}$; $U_H=450 \text{ B}$; $I_H=1102 \text{ A}$; $x_d'' = 0,144 \text{ Ом}$; $r_{Г3}=0,00657 \text{ Ом}$;

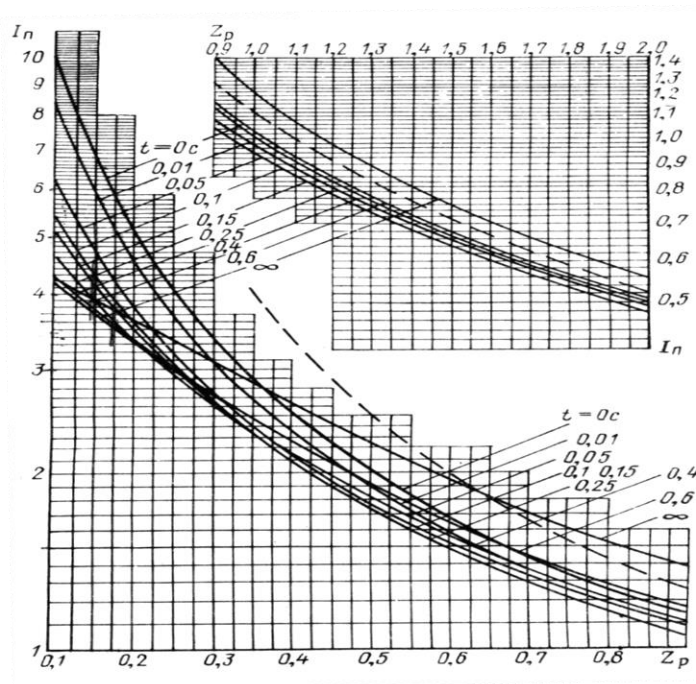


Рисунок 3.4 – Розрахункові криві для визначення періодичної складової струму КЗ СЕЕС залежно від результуючого опору кола КЗ і часу

Складаємо розрахункову схему (рис.3.5) для визначення струму КЗ при короткому замиканні в точці К1. Базисну потужність приймаємо рівній сумі потужностей генераторів, базисна напруга - рівним номінальній напрузі генераторів (на шинах ГРЩ), тобто:

$$S_6 = 3 \cdot 912,5 = 2737,5 \text{ kVA}; U_6 = 450 \text{ B};$$

$$I_6 = (1000 \cdot 2737,5) / (\sqrt{3} \cdot 450) = 3516,4 \text{ A};$$

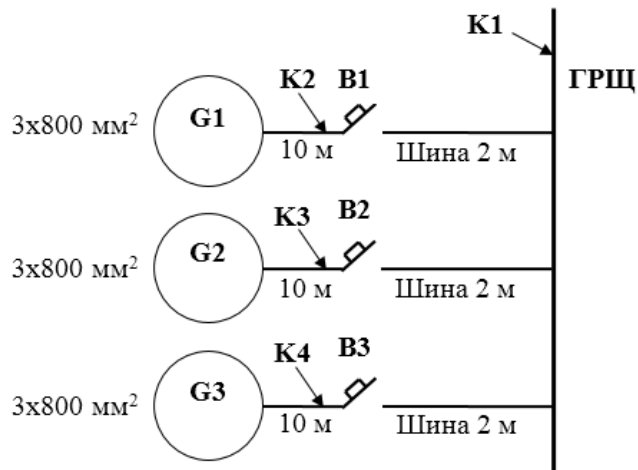


Рисунок 3.5 – Розрахунок струмів короткого замикання генераторів

Визначаємо значення опорів обмоток статора генераторів $G1-G3$, що входять в схему:

Активні:

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_g \cdot \frac{S_{\sigma} \cdot 1000}{U_{\sigma}^2} = 0,00657 \cdot \frac{2737,5 \cdot 1000}{450 \cdot 450} = 0,089 \text{ Ом};$$

Реактивні:

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_d'' \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_n} = 0,144 \cdot \frac{2737,5}{858,75} = 0,46 \text{ Ом};$$

Опори кабелю ТРYS(Y) -100 (3x100) складають: активне $R=0,196$ Ом/км, індуктивне $X=0,0922$ Ом/км. Опори 8-ми паралельно прокладених кабелів завдовжки 10 м (Приймається точка короткого замикання на відстані 10 м від ГРЩ) рівні:

$$\text{активний: } r_k = \frac{0,196}{1000} \cdot 20 \cdot \frac{1}{8} = 2,45 \cdot 10^{-4}, \text{ Ом};$$

$$\text{індуктивний: } x_k = \frac{0,0922}{1000} \cdot 20 \cdot \frac{1}{8} = 1,153 \cdot 10^{-4}, \text{ Ом};$$

Активний опір вимикачів $B1, B2, B3$ ряду контактів і шин ГРЩ приймаємо рівним $0,0002$ Ом, індуктивне $0,0001$ Ом.

Тоді загальний опір кабелю і шин буде:

$$r_5 = (2,45 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4}) \frac{2737,5 \cdot 1000}{450 \cdot 450} = 6,016 \cdot 10^{-3} = 0,006016 \text{ Ом};$$

$$x_5 = (1,153 \cdot 10^{-4} + 10^{-4}) \frac{2737,5 \cdot 1000}{450 \cdot 450} = 2,91 \cdot 10^{-3} = 0,00291 \text{ Ом};$$

Загальний опір трьох однакових генераторних променів

$$r_6 = r_1 + r_5 = 0,089 + 0,006016 = 0,095 \text{ Ом};$$

$$x_6 = x_1 + x_5 = 0,46 + 0,00291 = 0,463 \text{ Ом};$$

Опори решти трьох променів будуть рівні першому.

Визначимо еквівалентний опір трьох генераторних променів скористаємося комплексною формою їх запису:

$$r_9 = 0,032 \text{ Ом}; \quad x_9 = 0,154 \text{ Ом};$$

$$Z_{10} = \sqrt{0,032^2 + 0,154^2} = 0,157 \text{ Ом}.$$

Отримані опори r_9 , x_9 , z_9 є результуючими при короткому замиканні в точці K_1 .

За розрахунковими кривими рисунок 3.5 (рисунок 9.3, [14]) відповідно

$$Z_9 = 0,157 \text{ визначаємо: } I_0 = 6,05; I_{0,01} = 5,8; I_{0,25} = 4,45; I_\infty = 3,8.$$

Відношенню $x_9/r_9 = 0,154 / 0,032 = 4,81$ відповідає ударний коефіцієнт $K_{уд} = 1,52$ (Рис. 3.6):

$$i_{уд.с} = \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot [I_{0,01} + I_0 \cdot (K_{уд} - 1)]$$

$$i_{уд.г} = \sqrt{2} \cdot 3516,4 \cdot (5,8 + 6,05 \cdot (1,52 - 1)) = 44355,38 \text{ А}.$$

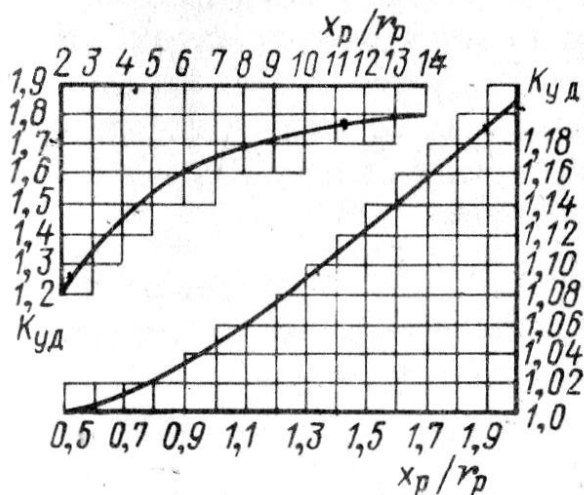


Рисунок 3.6 – Залежність ударного коефіцієнта $K_{уд}$ відношення x_9/r_9 .

При короткому замиканні в точці K_1 , $\Delta U = 0$; Тоді додатковий струм, створюваний електродвигунами в точці КЗ буде: $I_d = (E_d - \Delta U) / Z_d$, де Z_d – опір

еквівалентного двигуна. Приймаємо значення потужності еквівалентного двигуна 75% номінальної потужності генераторів, тоді:

$$Z_{\sigma} = \frac{1}{5} \cdot \frac{S_{\sigma}}{S_n} = 0,2 \cdot \frac{S_{\sigma}}{0,75 \cdot S_{\sigma}} = 0,266$$

$$I_d = (0,9 - 0)/0,266 = 3,38;$$

Струм підживлення двигунів:

$$i_{удд} = \sqrt{2} \cdot I_{\sigma} \cdot I_d = \sqrt{2} \cdot 2737,5 \cdot 3,38 = 13046,4 \text{ А};$$

Ударний струм в точці К₁ буде рівний сумі:

$$i_{уд} = i_{удд} + i_{удг} = 44355,38 + 13046,4 = 57401,76 \text{ А}.$$

На підставі набутого значення ударного струму КЗ можна зробити попередні висновки про те, наскільки всі фідерні автоматичні вимикачі, встановлені на ГРЩ, задовольняють вимогам по динамічній стійкості. По одержаному струму КЗ в точці К₁ повинні бути перевірені на динамічну стійкість збірні шини ГРЩ.

Для перевірки генераторних автоматичних вимикачів В1, В2, В3 необхідно визначити струми КЗ в точках К2, К3, К4. Орієнтовно ударні струми КЗ в точках рівні:

$$\text{К2: } i_{удг} = i_{уд} \cdot \frac{S_r}{I_{\sigma}} + i_{удд} = 57401,76 \frac{912,5}{3516,4} + 13046,4 = 27942,06 \text{ , А};$$

$$\text{К3: } i_{удг} = i_{уд} \cdot \frac{S_r}{I_{\sigma}} + i_{удд} = 57401,76 \frac{912,5}{3516,4} + 13046,4 = 27942,06 \text{ , А};$$

$$\text{К4: } i_{удг} = i_{уд} \cdot \frac{S_r}{I_{\sigma}} + i_{удд} = 57401,76 \frac{912,5}{3516,4} + 13046,4 = 27942,06 \text{ , А};$$

Що більше струмів динамічної стійкості вимикачів В1, В2, В3, В4.

Розрахунок шинопроводів розподільних пристроїв здійснюється в наступному порядку : визначається тривало протікаючий по них робочий струм; виробляється вибір перетину шин; перевіряється динамічна і термічна стійкість по струмах КЗ.

Робочий струм для вибору перетину шин розподільних пристроїв визначають по номінальній тривалій потужності, а для ГРЩ - з розрахунку половинної потужності генераторів електростанції

$$I_{розр} = \frac{\sum P_i}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi_H} = \frac{3 \cdot 730}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 450 \cdot 0,8} \cdot 1000 = 2197,7 \text{ A}$$

Динамічну стійкість шин перевіряють у всіх випадках. Перевірку шин на термічну стійкість проводять тільки для тих щитів, які відключаються при КЗ, з витримкою часу більше 0,5с. Допустиму напругу для мідних шин при динамічних загрузках приймають рівним 14000 Н/см², а максимально допустиму (короткочасну) температуру - 300° С.

Вибираємо дві мідні шини перетином 100×8 (загальний перетин 100×16) мм з робочим струмом 2240 А кожна, прокладені в паралель. Встановлюємо шини на відстані 100 мм.

$$h=100 \text{ мм} = 10 \text{ см}, \quad b=16 \text{ мм} = 1,6 \text{ см}, \quad a=100 \text{ мм} = 10 \text{ см},$$

Визначаємо значення виразів:

$$\frac{a-b}{h+b} = \frac{100-16}{100+16} = 0,724, \quad \frac{b}{h} = \frac{16}{100} = 0,16$$

На підставі кривих рисунок 3.7 (рисунок 7.4 [14]) визначаємо значення коефіцієнта форми $K_\Phi=0,88$.

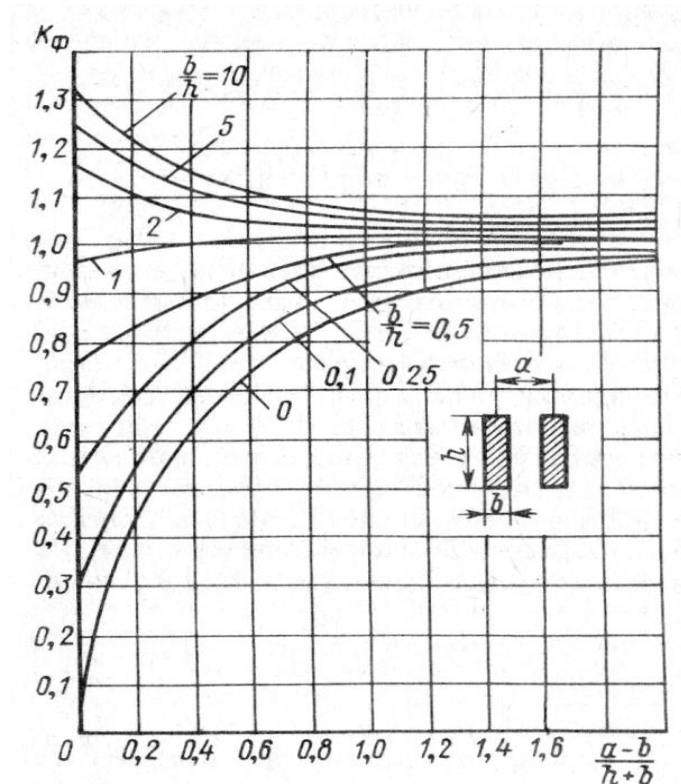


Рисунок 3.7 – Криві для визначення коефіцієнта форми.

Момент опору шин прямокутного перетину визначаємо по формулі:

$$W = \frac{b^2 \cdot h}{6} = \frac{1,6^2 \cdot 10}{6} = 4,267, \text{см}^3$$

Значення сили, прикладеної до одиниці довжини шини при короткому замиканні (приймаємо $K=1,76$ для випадку трифазного КЗ):

$$f = K \cdot K_\phi \cdot i_{\text{кз}}^2 \cdot \frac{1}{a} \cdot 10^{-7} = 1,76 \cdot 0,88 \cdot 57401,76^2 \cdot \frac{1}{10} \cdot 10^{-7} = 51,032, \text{н/см}$$

Найбільше допустиме значення прольоту між опорами шин:

$$l_{\text{max}} = \sqrt{\frac{10 \cdot \sigma_{\text{дон}} \cdot W}{f}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 14000 \cdot 4,267}{51,032}} = 108,19, \text{см}$$

Приймаємо 100 см.

При довжині секції ГРЩ 100 см шини повинні бути закріплені у двох точках в кожній секції. Таке кріплення шин забезпечить їх динамічну стійкість при короткому замиканні.

Згідно кривим рисунок 3.8 (**рисунок 7.5 [14]**) початковій (номінальній) температурі нагріву мідних шин, рівної 90°C , відповідає значення $A_H=1,7 \cdot 10^4$.

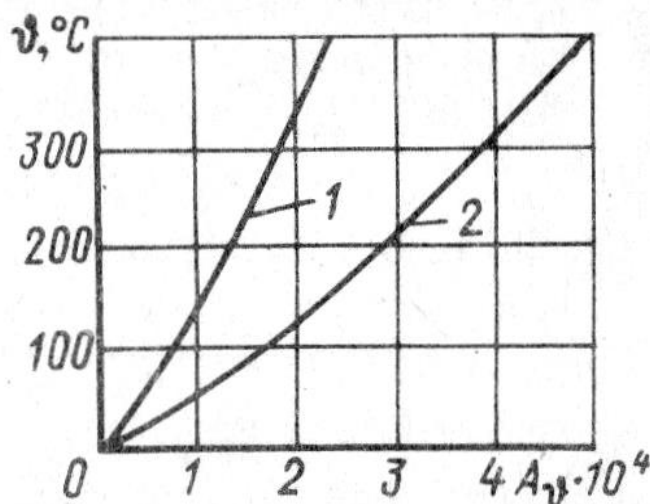


Рисунок 3.8 – Криві для визначення температури нагрівання струмопроводів.

1- для алюмінію, 2 – для міді.

Значення параметра A_k , що характеризує кінцеву температуру нагрівання шин буде:

$$A_k = A_n + \frac{I_{КЗ}^2}{S^2} \cdot t_\phi$$

Де S – площа поперечного перетину шин, мм^2 , t_ϕ – фіктивний час КЗ приймаємо $t_\phi = 2 \cdot 1,0 = 2$ с.

$$A_k = 1,7 \cdot 10^4 + \frac{57401,76^2}{(100 \cdot 16)^2} \cdot 2 = 2,575 \cdot 10^4$$

Згідно кривим на рисунку 3.8 значенню $A_n = 2,575 \cdot 10^4$ відповідає температура приблизно рівна 160°C , що менше 300°C . У зв'язку з цим вважаємо що шини задовольняють термічній стійкості з великим запасом оскільки здатні витримати ударний струм КЗ з витримкою більше 2-х секунд.

3.5 Розрахунок провалу напруги при пуску потужного споживача електроенергії

Особливістю суднових електростанцій є наявність потужних асинхронних короткозамкнених двигунів. Відсутність колектора дає можливість запускати їх без пускових реостатів, використовуючи найпростіші схеми пуску. Однак, пусковий струм в процесі розгону таких двигунів у 5-7 разів перевищує номінальний. Якщо потужність електродвигуна становить, наприклад 30% від потужності синхронного генератора, то в момент пуску струм двигуна до номінального струму генератора становитиме 150-200%. При начерку подібних індуктивних струмів синхронні генератори сильно розмагнічуються і на деякий час знижують напругу, що прийнято називати провалом напруги. Розрахунки провалів напруги синхронних генераторів необхідно виконувати для випадків підключення найбільш потужних асинхронних двигунів.

Початкові дані:

Двигун консольного конвеєру:

- Потужність:	186,0 кВт;
- Cos ϕ :	0,89
- Повна потужність:	209,0 кВА
- ККД:	0,90
- Номінальний струм:	298,3 А

- Кратність пускового струму (номінальна): 6,7

- Метод пуску: Частото –керований привід ALTIVAR 71 (ATV71HC25N4), обмеження кратності пускового струму до 2-х

Генератор:

-Потужність 912,5 кВА

- Cos φ: 0,8

- Номінальний струм: 1168 А

- Надперехідний індуктивний опір обмотки статора синхронного генератора по продольній осі:

$$x_d'' = 0,144$$

- Перехідний індуктивний опір обмотки статора синхронного генератора по продольній осі:

$$x_d' = 0,220$$

Синхронний індуктивний опір обмотки статора синхронного генератора по продольній осі:

$$x_d = 1,25$$

Постійна часу обмотки ротора при розімкненій обмотці

статора:

$$\tau_{d0}' = 1,73$$

Спочатку розрахуємо потужність, споживану при пуску даного двигуна:

$$S_n = \sqrt{3} \cdot \frac{U}{1000} + I_n \cdot K_n \cdot \cos(\phi)$$

де:

U – напруга двигуна,

I_н - номінальний струм,

K_п– кратність пускового струму двигуна.

$$P_n = \sqrt{3} \cdot \frac{450}{1000} + 298,3 \cdot 2 \cdot 0,89 = 531,75 \text{ кВт}$$

Розрахунок провалу напруги виконаємо при одному працюючому генераторі.

Визначимо реактивний опір двигуна:

$$x_d = \frac{S_{нг}}{K_{п} \times S_{нд}} \times \left(\frac{U_{нд}}{U_{нг}} \right)^2,$$

де

$S_{нг}$, $U_{нг}$ - номінальні потужність і напруга генератора;

$S_{нд}$, $U_{нд}$ - номінальні споживана потужність і напруга двигуна;

$K_{п}$ - кратність пускового струму двигуна.

$$x_{\partial} = \frac{912,5}{2 \cdot 209} \cdot \left(\frac{450}{450} \right)^2 = 2,18$$

Початкова напруга:

$$U_{нач} = \frac{x_{\partial}}{x_{\partial} + x'_{\partial}} = \frac{2,18}{2,18 + 0,220} = 0,908$$

Стала напруга:

$$U_{уст} = \frac{x_{\partial}}{x_{\partial} + x_d} = \frac{2,18}{2,18 + 1,25} = 0,636$$

Постійна часу обмотки збудження генератора при замкнутій обмотці статора на опір x_d .

$$\tau'_d = \tau'_{d0} \cdot \frac{x_{\partial} + x'_d}{x_{\partial} + x_d} = 1,73 \cdot \frac{2,18 + 0,220}{2,18 + 1,25} = 1,21$$

Час досягнення мінімального значення напруги для генераторів з самозбудженням.

$$t_{\min} = \tau'_d \cdot \ln \left(\frac{U_{нач} - U_{уст}}{K_2 \cdot K \cdot \tau'_d} + 1 \right), \text{ где}$$

$$K_2 = \frac{x_{\partial}}{x_{\partial} + x_d} = \frac{2,18}{2,18 + 1,25} = 0,636, \quad K = 20$$

$$t_{\min} = 1,21 \cdot \ln \left(\frac{0,908 - 0,636}{0,636 \cdot 20 \cdot 1,21} + 1 \right) = 0,021 \text{ с.}$$

Значення мінімальної напруги:

$$U_{\min} = U_{уст} + (U_{нач} - U_{уст}) \cdot e^{\frac{-t_{\min}}{\tau'_d}} + K_2 \cdot K \left[t_{\min} - \tau'_d \cdot \left(1 - e^{\frac{-t_{\min}}{\tau'_d}} \right) \right]$$

$$U_{\min} = 0,636 + (0,908 - 0,636) \cdot e^{\frac{-0,021}{1,21}} + 0,636 \cdot 20 \left[0,021 - 1,21 \cdot \left(1 - e^{\frac{-0,021}{1,21}} \right) \right] = 0,911$$

Максимальний провал напруги:

$$\Delta U_{\max} = (1 - U_{\min}) \cdot 100\% = (1 - 0,911) \cdot 100 = 8,9\%$$

Як бачимо, падіння напруги відповідає вимогам Правил Регістру і знаходиться в допустимих межах.

3.6 Перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги

Допустиме струмове навантаження кабелю можна визначити по формулі:

$$I_K = I_1 \cdot k_n \cdot k_{\text{реж}} \cdot k_T^0 \cdot k_{\text{пр}};$$

де: I_1 -тривало допустиме струмове навантаження для одножильного кабелю;

k_n - поправочний коефіцієнт, враховуючий кількість жил в кабелю; $k_{\text{реж}}$ - поправочний коефіцієнт, враховуючий режим роботи живленого споживача електроенергії; k_T - поправочний коефіцієнт, враховуючий температуру навколишнього середовища; $k_{\text{пр}}$ - поправочний коефіцієнт, враховуючий спосіб прокладки кабелю.

Вибираємо кабель ТРҮС(У) - 38, 3х38 з ізоляцією етилен-пропилену перерізом 38 мм² з наступними характеристиками: $I_1=110,0$ А, $k_n=0,7$ для трижильного кабелю, $k_{\text{реж}}=1,3$ для ПВ 40% при $I_1=59$ А, $k_T=1$ для температури 45°C $k_{\text{пр}}=0,85$ для випадку коли доступ повітря утруднений, у нашому випадку прокладка кабелю проходить у кабельній трасі:

$$I_K = 110,0 \cdot 0,7 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 0,85 = 85,085 \text{ А.}$$

Для визначення падіння напруги у кабелях у суднових колах трифазного змінного струму користуються формулою:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{роз}} \cdot l}{\gamma \cdot U_n \cdot s} \cdot 100\% ;$$

де: ΔU падіння напруги, %; l - довжина лінії, м.; $I_{\text{роз}}$ - розрахунковий струм споживача, А; питома провідність міді $\gamma=48$ м/(Ом-мм²); U_n - номінальна напруга кола, В; s - переріз струмопровідних жил, мм².

Визначимо падіння напруги для вибраного кабелю:: $s=45 \text{ мм}^2$, $U_H=450 \text{ В}$,
 $I_{\text{роз.}} = 85,085 \text{ А}$, $l=270 \text{ м}$.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 85,085 \cdot 270}{48 \cdot 450 \cdot 38} \cdot 100 = 4,848\%$$

Кабель вибраний вірно тому, що падіння напруги на лінії складає 5 %, а це менше, ніж встановлені Регістром максимальні 7%.

3.8 Вибір системи збудження синхронних генераторів.

Вибираємо для даних генераторів систему збудження NISHISHIBA ELECTRIC.

Принципова схема системи збудження показана на рисунку 3.9.

Генератори фірми CATERPILLAR типа C32 ACERT є синхронними безщітковими генераторами з повітряним охолодженням. Система збудження здійснює амплитудно-фазове компаундування з автоматичним регулятором напруги.

Схема, приведена на рисунку 3.9 складається з:

- безщіткового синхронного генератора (AC Generator) із збудником (AC Exciter);
- силового випрямного моста S1RF з розрядним резистором RS;
- струмового трансформатора СТ 1 з однією обмоткою (L-K) у фазі S;
- струмового трансформатора СТ 2 з двома обмотками, включеними стрічно;
- реактора RSX;
- кнопки PBS короткочасного збудження генератора при зникненні його залишкового магнетизму;
- автоматичного регулятора напруги AVR.

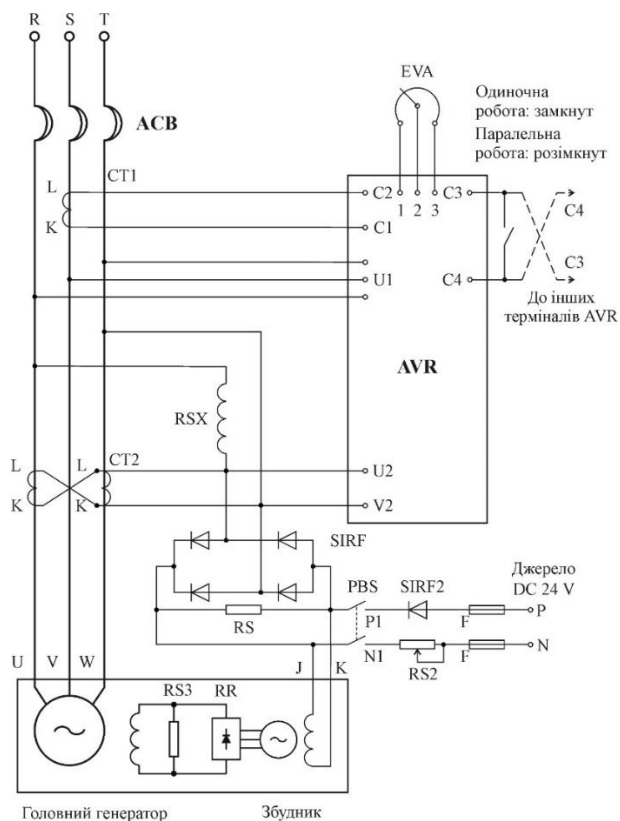


Рисунок 3.9 – Система збудження NISHISHIBA ELECTRIC.

Функціональна схема автоматичного регулятора напруги показана на рисунку 3.10.

Функціональна схема складається із:

- кола визначення, випрямлення і посилення напруги A_t ;
- кола контролю фази;
- кола формування імпульсів;
- силового кола;
- вихідного кола;
- демпфіруючого кола

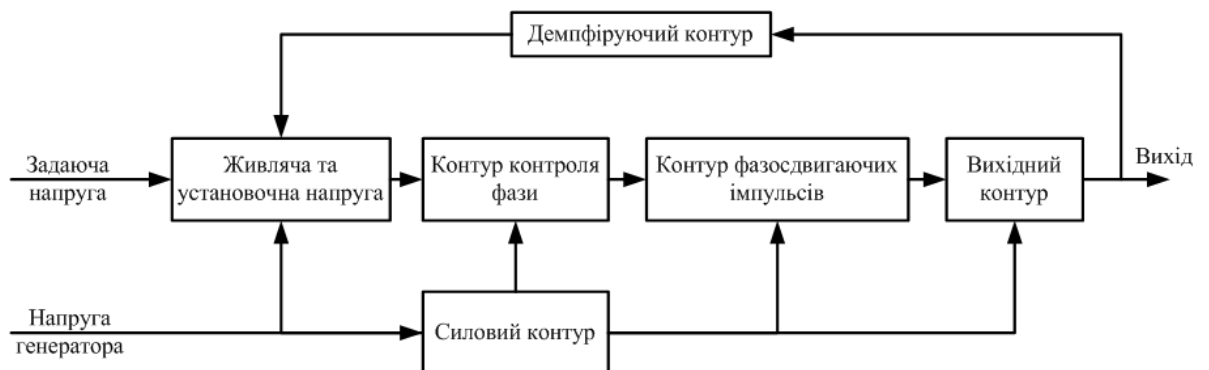


Рисунок 3.10 – Функціональна схема автоматичного регулятора NISHISHIBA ELETRIC.

Принципова схема автоматичного регулятора напруги (АРН) представлена в додатку Г

Регулятор напруги (додаток Г) складається з наступних кіл:

- випрямлення, визначення ΔU та його посилення (PT2, D1, EVA, Z, D2, Q1);
- контролю фази (D3, D4, R9, R10, RS, C2, UJT);
- формування імпульсів (Q2, PuT, C3, C4, D6, D7, R11÷R13);
- вихідної (SCR, D8, D9, S4, R14);
- демпферної (R3, R4, DT, C5, R15, R16);
- розподіли реактивної потужності при паралельній роботі генераторів (CCR).

Знижена, випрямлена і згладжена напруга, пропорційна напрузі генератора U_g і задана $U_{\text{зад}}$ (EVA) поступають на вимірювальний міст, що складається з діодів Зенера Z, Z1 і резисторів R3, R5. Вимірювана величина різниці напруг

$$\Delta U = U_{\text{тек}} - U_{\text{зад}}$$

поступає на біполярний транзистор Q1 для посилення. Посилений сигнал ΔU поступає в коло контролю фази, що складається з одноперехідного транзистора UJT (Unity Junction Transistor), конденсатора затримки C2 та резисторів R8, R10.

Конденсатор C2 забезпечує криву заряду, яка залежить від вихідної напруги на R7 першого кола, місткості C2 та змінного резистора R8.

Напруга на R7 встановлює початкове значення заряду C2. Як показано на рис. 3.11 і 3.12, напруга заряду C2 є керівною для включення UJT-транзистора. Тому досягши певної величини «U» на обкладаннях конденсатора C2 транзистор UJT включається - подає одиночний імпульс, який посилюється транзистором Q2 і забезпечує формування імпульсів в імпульсному трансформаторі PuT (Pulse Transformer), а потім поступає у вихідне коло для подачі імпульсу запалення тиристора.

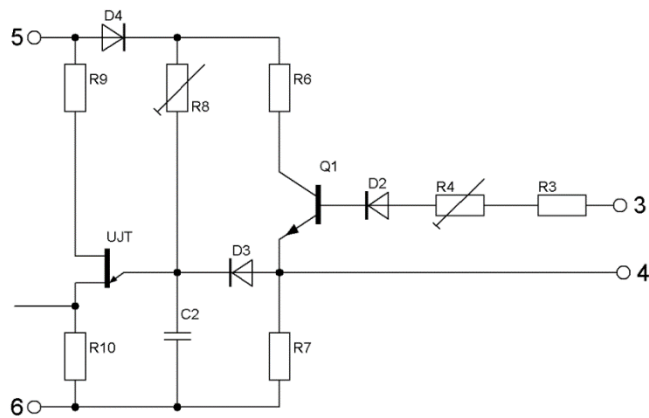


Рисунок 3.11 – Коло контролю фази регулятора напруги.

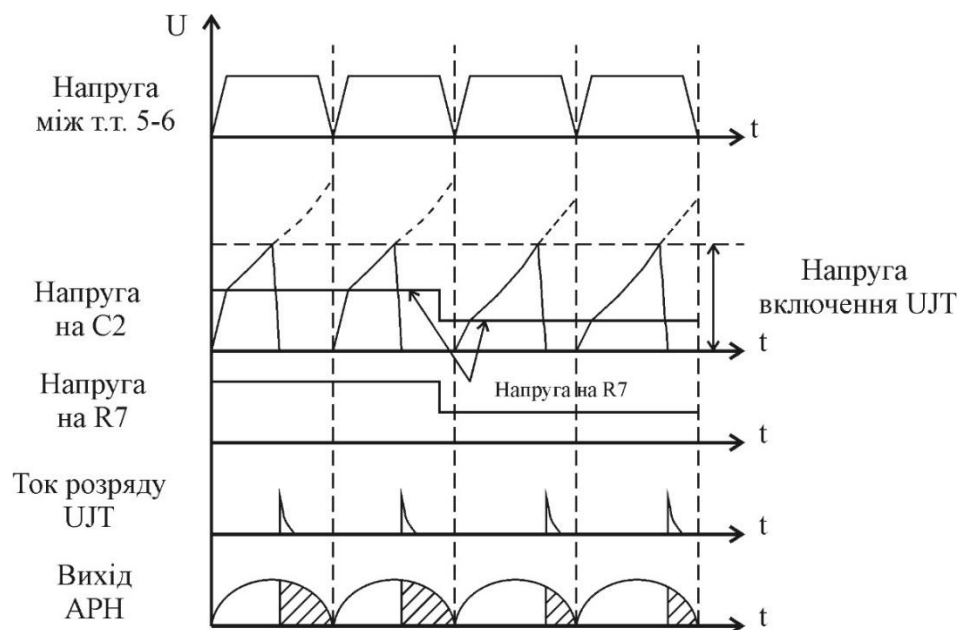


Рисунок 3.12 – Епюри формування імпульсів

Обнуління напруги в кожному циклі використовується для синхронізації кола фазового контролю. Тому немає необхідності в якихось додаткових складних колах.

Усі параметри автоматичного регулятора напруги VZRAB-1S встановлюємо згідно з інструкцією по експлуатації, яка розроблена фірмою NISHISHIBA, при настроюванні АРН перевіряємо тільки значення напруги генератора, яке повинно мати номінальне значення.

Роботу системи амплітудно-фазового компаундування по виконанню задачі стабілізації напруги зручно пояснимо за допомогою векторної діаграми (Рисунок 3.13)

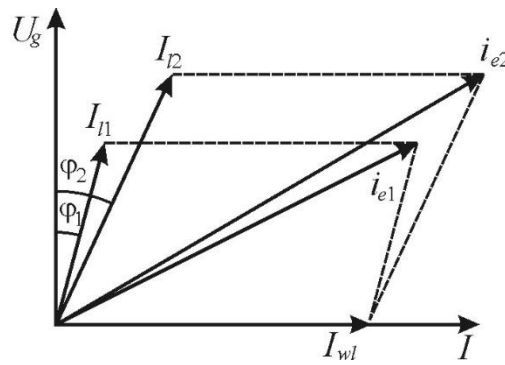


Рисунок 3.13 – Векторна діаграма системи амплітудно-фазного компаундування генератора.

За базисні вектора прийняті вектор напруги U_e і струму I_{xx} . Вектор струму холостого ходу I_{xx} відстає від напруги генератора U_e на кут, зразково рівний 90° через велику індуктивність дроселя. При подачі на генератор навантаження з'являється складова I_n - струм навантаження, вимірюваний трансформатором струму СТ. Геометрична сума I_{xx} і I_n дає струм збудження I_e . При збільшенні навантаження збільшується струм трансформатора струму СТ, і як наслідок, збільшується результуючий струм, який поступаючи через випрямлячі на обмотку збудження, компенсує падіння напруги на генераторі. При збільшенні кута φ , тобто при зменшенні $\cos\varphi$, відбувається те ж саме. Оскільки струм збудження залежить як від струму навантаження, так і кута φ , це означає, що система забезпечує амплітудно-фазове компаундування.

Демпферний контур призначений для запобігання коливанням. У цьому контурі напруга з виходу АРН згладжується RC фільтром і за допомогою зворотного зв'язку поступає в контур випрямлення через демпфіруючий трансформатор, щоб компенсувати дію надмірних реакцій. Контур має резистор R15 для уставки величини демпфування.

У даній схемі автоматичний регулятор напруги одержує сигнали по струму (т. C_2 і C_1), по напрузі (т. U_1 , V_1 , W_1), а впливає (т. U_2 , V_2) на силовий випрямляч і далі на обмотку збудження збудника Ех.

Система збудження і автоматичного регулювання напруги типа NISHISHIBA ELECTRIC має достатню точність регулювання ($\pm 1\%$) і використовується на сучасних судах під керуванням Японського Веритас.

3.8. Вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної схеми автоматизованої системи управління, розробка алгоритмів управління СЕЕС.

3.8.1 Система автоматизації СЕЕС «PMS 2200» фірми «SAM Electronics GmbH»

Система автоматичного управління електростанцією (Power Management System) PMS 2200 є інтегрованою частиною системи контролю і управління MCS 2200 (Monitoring and Control System) від SAM Electronics.

Система PMS 2200 забезпечують повний контроль за роботою суднової електростанції за допомогою базових управляючих модулів. Установка незалежного управляючого модуля з дисплеєм для кожного генератора не передбачається.

Система складається із стандартних функціональними блоків FPD 2200 (Field Processing Devices) і програмного забезпечення. Один функціональний блок управляє одним генераторним агрегатом.

Блоки управління PMS2200 розташовані в тих же станціях автоматики що і інші системи управління та сигналізації. Для кожної системи встановлюється свій функціональний блок FPD 2200. Всі блоки з'єднані між собою і підключені до головних комп'ютерів. В цілях безпеки стандартні функціональні блоки, що управляють генераторними агрегатами, розташовані в окремих станціях автоматики. Вільні канали використовуються для іншої сигналізації та управляючих функцій.

Функціональні блоки в свою чергу складаються з процесорного блоку (DPU) і блоків розширення. Всі блоки усередині FPD з'єднані між собою системною шиною RS485/422. Кожен блок виконує свій набір функцій:

Процесорний блок (Data Processing Unit - DPU 2010);

Блок аналогових входів: Analog Enigable Module – AEM402;(Analog input - AI)

Блок двійкових входів: Binary Input Module BIM 2200 - замкнуте/розімкнене коло датчика; (Digital input - DI)

Блок двійкових релейних виходів Binary Relay Module - BRM 2200;(Digital output – DO).

Для інших систем автоматики передбачене підключення додаткових блоків зі своїми функціями. Всі вони управлятимуться своїми процесорними блоками DPU 2010 і блоками розширення за призначенням.

Взаємодія між блоками і комп'ютером здійснюється з допомогою мережі Ethernet 10/100 М по екранованій витій парі 5-й категорії.

Прикладне програмне забезпечення (ПЗ) системи складається з двох блоків, які взаємодіють між собою: ПЗ управління кожним DPU і ПЗ автоматичного управління електростанцією (Power Management System - PMS). Структурна схема АСУ СЕЕС приведена в додатку Ж.

ПЗ PMS здійснює управління електростанцією в цілому, у відповідності з вибраним режимом управління електростанцією

На судні встановлюються два комп'ютери, дублюючи один одного і працюючи синхронно. У разі відмови одного всі функції управління бере на себе інший. Окрім цього передбачається установка ще двох комп'ютерів з обмеженими функціями на містку і в надбудові.

3.8.2 Інтерфейс системи

Вся система PMS 2200 управляється з дисплея оператора (System Operating Display) SOD 2200. SOD 2200 - це персональний комп'ютер, що працює під управлінням операційної системи Windows 7. Апаратна частина комп'ютера адаптована для морського використання. На комп'ютері встановлена програма "L3 Platinum" від фірми LingsoMarine, яка управляє всіма функціями системи. Частиною програми є графічний інтерфейс MFD Runtime (Multi Function Display), що забезпечує зручне відображення даних на дисплеї комп'ютера.

На дисплеї також відображаються:

- меню вибору режиму роботи системи - автоматичний або напівавтоматичний (Auto / Semi Auto);
- режим розподілу навантаження – збалансований або незбалансований (Balanced / Unbalanced);
- меню заборони на зупинку дизель-генераторів при малому нестабільному навантаженні – No DG stop: Active / Passive. «Активно» – ДГ не зупиняються; «Пасивно» – працюють по команді PMS або оператора залежно від навантаження.

- Меню «PMS Adjust» дозволяє вибрати пріоритет запуску для будь-яких генераторів а також можна прописати навантаження в кіловатах для кожного генератора в режимі незбалансованого навантаження.

- Для кожного генератора відображаються індикатори:

PMS Control – Управляється системою автоматики з дисплея;

MSB Control – Управляється з ГРЩ кнопками запуску і ручної синхронізації;

Local Control – Управляється з панелі дизель-генератора (при обслуговуванні)

В цьому режимі синхронізація і включення на шини неможливо.

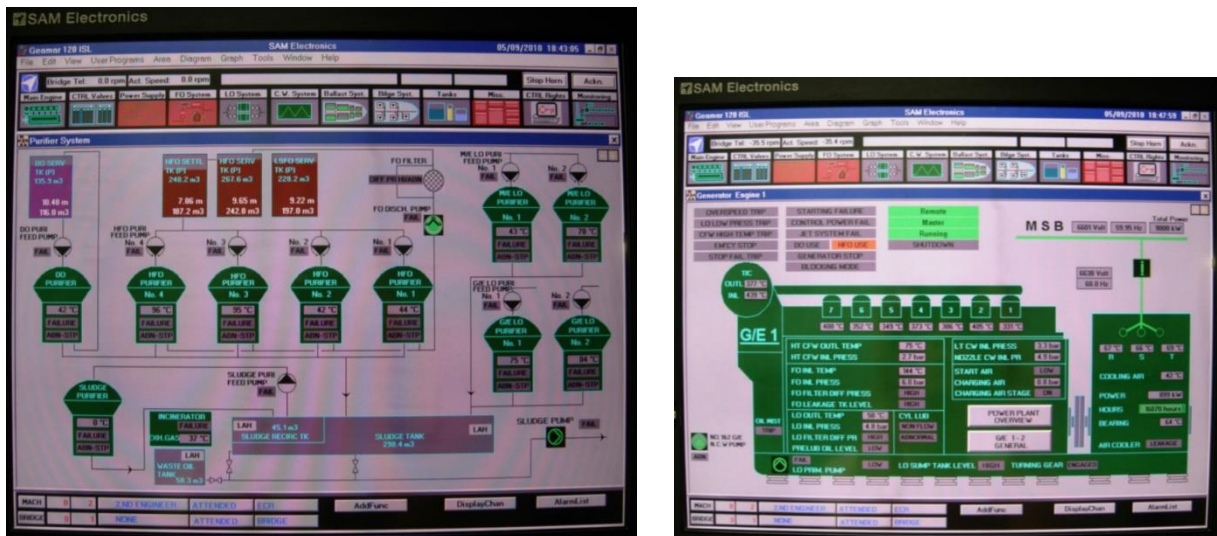


Рис.3.33 – Від дисплея оператора

3.8.3 Режими роботи системи:

При управлінні електростанцією з системою PMS:

- Полуавтоматичний (SEMI - AUTO);
- Автоматичний (AUTOMATIC);

При управлінні електростанцією з ГРЩ (Режими вибирається перемикачем на панелі ГРЩ для кожного генератора окремо):

- Управління автоматикою (PMS Control) – Управління дизель-генератором здійснюється комп'ютером;
- Управління з ГРЩ (MSB Control) – Кожен генераторний агрегат управляється оператором з панелі ГРЩ кнопками запуску, дублюючими автоматику, і ручної синхронізації.
- Місцеве управління (Local Control) – Кожен генераторний агрегат управляється з панелі дизель-генератора (при обслуговуванні).

Напіваавтоматичний режим роботи

У напіваавтоматичному режимі PMS 2200 діє як система дистанційного керування і включає наступні автоматичні режими:

- Запуск генераторів згідно вибраному пріоритету при знеструмленні;
- Контроль частоти;
- Розподіл навантаження;
- Підключення (запуск/синхронізація) і відключення дизель-генератора, контрольоване оператором з дисплея.

Запуск потужних споживачів дозволений, якщо для цього досить потужності електростанції. Інакше запуск буде заблокований.

Автоматичний режим роботи.

У цьому режимі знаходяться всі генераторні агрегати, які були вибрані для контролю PMS. Генератори забезпечують живлення обох секцій шин, міжсекційний автомат включений.

У даному режимі проводиться автоматичне управління частотою і розподілом навантаження.

Навантаження розподіляється між працюючими генераторами залежно від вибраного режиму: - симетрично; - асиметрично.

Здійснюється контроль за включенням потужних споживачів. Автоматичний пуск і зупинка генераторів залежно від навантаження на ГРЩ здійснюється у відповідності з заданими параметрами і в порядку заданої черги. При цьому враховуються задані обмеження на кількість працюючих / зупинених генераторних агрегатів, також враховуються можливі несправності в процесі пуску і синхронізації. Дані несправності наводять до заміщення несправного ДГ наступним по черзі.

3.8.4. Пуск і синхронізація генераторів

У системі управління електростанцією, у відповідності з заданими функціями реалізується роздільне управління генераторними агрегатами електростанції. Організація процесів автоматичного пуску і зупинки дизель-генераторних агрегатів представлена наступним алгоритмом на рис. 3.14.

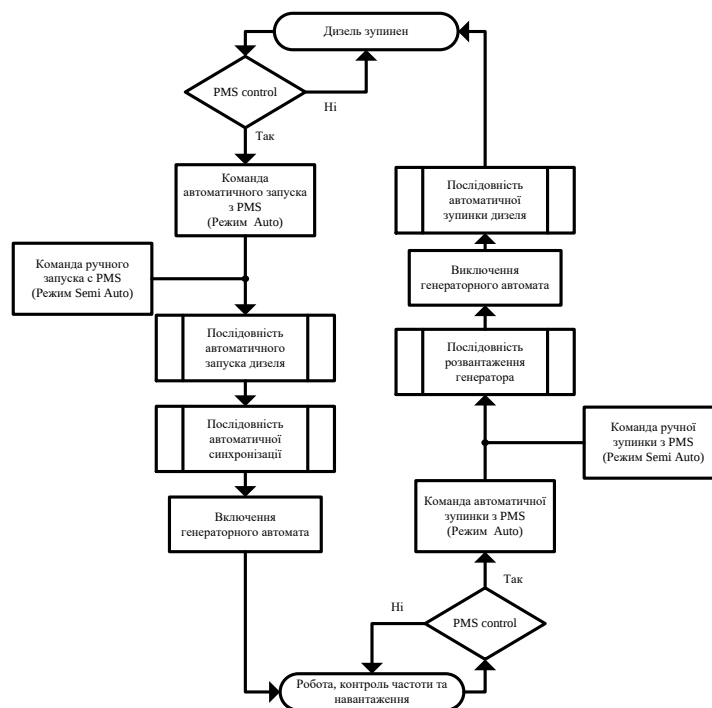


Рисунок – 3.14. Організація процесів автоматичного пуску і зупинки ДГ

Перед початком процесів пуску і зупинки системою PMS перевіряється готовність дизель-генераторів до автоматичного виконання цих процесів, тобто перевіряється режим "PMS-control". Залежно від вибраного режиму роботи електростанції і навантаження система PMS подає команду «Start» на запуск потрібного генератора, що знаходиться в автоматичному режимі при виконуються наступні функції:

- Автоматичний пуск ДГ;
- Автоматичне підключення генератора на шини ГРЩ.

Потім виконуються операції по управлінню частотою та розподіленням навантаження.

Під час подачі команди на зупинку ДГ в автоматичному режимі виконуються наступні дії:

- Автоматичне розвантаження і відключення автоматичного генераторного автомата;
- Автоматична зупинка генераторного агрегату.

У випадку, якщо електростанція знаходиться в режимі напівавтоматичного управління (Semi - Auto), відповідні функції виконуються по команді оператора, яка задається з дисплея оператора вибором відповідних команд в меню.

3.8.5. Функція автоматичного пуску.

Ця функція включає автоматичний пуск вибраного ДГ і контроль даного процесу. Якщо пуск відбувся, то активізується функція автоматичного включення генератора на шини ГРЩ.

Виконання функції автоматичного пуску відбувається при отриманні відповідної PMS -команди. Дана команда формується залежно від навантаження на ГРЩ і при його знеструмленні.

Активація виконання даній функції можлива також безпосередньо по команді оператора в режимі напіваавтоматичного управління електростанцією в даному режимі успішне завершення пуску також приводить до активізації функції автоматичного включення генератора на шини ГРЩ. Ручне управління генераторним автоматом системою PMS не передбачається.

Значення операторів алгоритму пуску ДГ наступне:

- A1 - команда PMS -системи на пуск дизель-генератора|;
- B1 - перевірка готовності даного ДГ до автоматичного пуску ("PMS control");
- A2 - передача команди від PMS -системи на пуск наступного в черзі ДГ;
- A3 - включення насоса маслопрокачки і запуск таймера контролю часу маслопрокачки;
- B2 - час роботи насоса маслопрокачки минув?;
- A4 - включення (відкриття) клапана пускового повітря і запуск таймера контролю часу пуску дизеля на повітрі;
- B4 – дизель-генератор вийшов на задані оберти?;
- B5 - час пуску минув?;
- A5 - відміна команди на пуск, формування команди на зупинку, зменшення числа спроб пуску на 1;
- A6 - завдання часу паузи між спробами пуску ДГ, в на протязі цього часу сигнал знімається з виходу "START", і подається на вхід "STOP";
- A7 - відміна команди зупинки;
- B3 - число спроб пуску ДГ закінчилася?;
- A8 - включення аварійної сигналізації "Пуск не відбувся";
- A9 - відміна команди на пуск (на відкриття клапана пускового повітря), завдання часу паузи;
- B6 - напруга і частота генератора в нормі?;
- A10 - включення аварійної сигналізації "Пуск не відбувся";
- A11 - передача команди від PMS - сигнали на пуск наступного в черзі ДГ;
- A12 - формування сигналу процес пуску ДГ закінчився;

A13 - формування команди на запуск процесу зупинки ДГ.

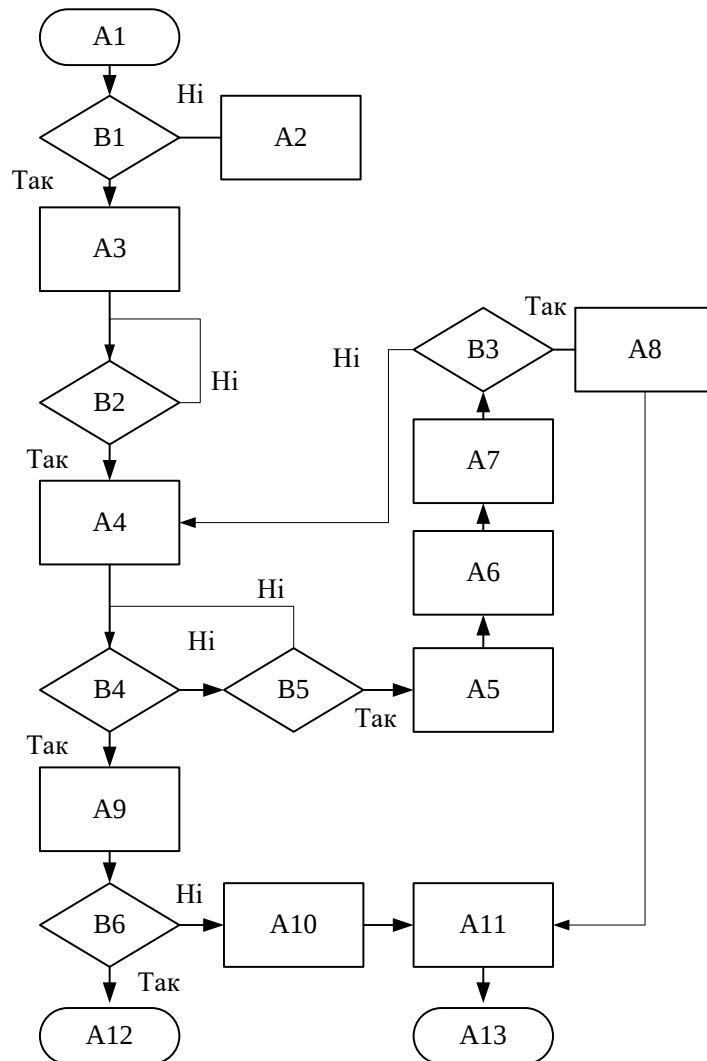


Рисунок 3.15. – Алгоритм пуску ДГ

Функція автоматичного пуску переривається негайно (знімається сигнал з виходу «START»), якщо виявлено одне з наступних подій:

- дизель-генератор вийшов на задані обороти;
- на шинах генератора встановилися номінальну напругу і частота;
- отримана PMS-команда на автоматичну зупинку ДГ;
- запущена функція аварійної зупинки дизеля;
- запущена функція блокування ДГ
- з'явився сигнал на вході «EXT. START FAILURE »(Пуск не відбувся).

Автоматичний пуск вважається завершеним якщо виконані наступні умови:

- дизель працює на заданих оборотах;
- на шинах генератора встановилися номінальну напругу і частота.

При успішному завершенні пуску значок генератора на екрані перестає мигати починає світитися зеленим.

По завершенню процесу пуску ДГ, починається процес синхронізації включення генератора на шини ГРЩ.

PMS почне автоматичну синхронізацію тільки в тому випадку, якщо буде підтверджено стан готовності генератора до автоматичної синхронізації.

Генератор знаходиться в стані готовності, якщо виконуються наступні умови:

- дизель працює на заданих оборотах;
- напруга і частота синхронного генератора відповідають заданим значенням;
- відсутні сигнали несправності.

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

Суднове електричне освітлення складається з наступних самостійних ланцюгів:

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

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

- 13 групових щитів однофазного струму з автоматами фірми AEG (показано на рисунку 3.16);
- освітлювальної апаратури;
- з'єднувальних кабелів.

Мережа основного внутрішнього освітлення отримує живлення від секції 220 В ГРЩ. Живлення від ГРЩ подається на районні секції. Світильники ламп основного освітлення отримують живлення від групових

щитів, автомати яких забезпечують підключення та захист від КЗ будь-якої групи. Освітлення кают, каюти-компанії, суднової канцелярії, спортзалу, навігаційної рубки, ЦПУ, коридорів житлової частини судна, камбузу, а також зовнішньої частини надбудови судна виконано світильниками люмінесцентних ламп по 18 Вт кожна (показано на рисунку 3.17).



Рисунок 3.16 – РЩ освітлення 220 В

Рисунок 3.17 – Світильник люмінесцентних ламп

Рисунок 3.18 – Ліхтар сигнально-розпізнавального вогню

Зовнішнє освітлення надбудови, а також спуску штурмтрапів, в тому числі лоцманських та біля рятувальних плотів, місць бункерування, швартування представлено також світильниками галогенових ламп по 400 Вт кожна (вказані на рисунку 3.19).



Рисунок 3.19 – Світильник галогенної лампи

Рисунок 3.20 – Світильник для економних ламп цоколя типу E27

Освітлення проходів головної палуби лівого та правого бортів судна представлено світильниками з економними лампами, типу E27 (показано на рисунку 3.20).

У мережі основного освітлення застосовані розподільні коробки, вимикачі, штепсельні розетки.

Мережа великого аварійного освітлення складається з:

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

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

Світильники великого аварійного освітлення входять до складу світильників мережі основного освітлення і встановлені: в навігаційній рубці, радіорубці, МВ, ЦПУ, приміщенні АДГ – тобто в тих приміщеннях, де у разі виходу з ладу СЕС не повинні перериватися роботи, а також можливе знаходження великої кількості персоналу.

Вимикання та вмикання зовнішнього трюмного освітлення проводиться централізовано з навігаційної рубки.

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

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

Сигнально-відмітні вогні передбачаються на судах для попередження зіткнень, а також для зв'язку з берегом. Число вогнів, їх конструкції і місце розташування визначаються Правилами попередження зіткнень суден у морі та Правилами Регістру.

Внаслідок важливості сигнально-відмінних вогнів, живлення на їх комутатор надходить по двом кабелям, розташованим за різними бортах судна, причому обидва кабелі можуть подавати напругу як від головного розподільного щита, так і від аварійної електростанції.

Мережа сигнально-розпізнавальних вогнів служить для живлення ходових розпізнавальних вогнів і сигнальних вогнів, які забезпечують безпеку мореплавання. Ліхтарі сигнально-розпізнавальних вогнів (рисунки 3.20) отримують живлення від секції пульта судноводіння у навігаційній рубці, який в свою чергу, отримує живлення від ГРЩ через АРЩ.

4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ

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

На рисунку 4.1 представлена суднова комп'ютерна мережа інформаційних і управляючих систем Gemar 120.

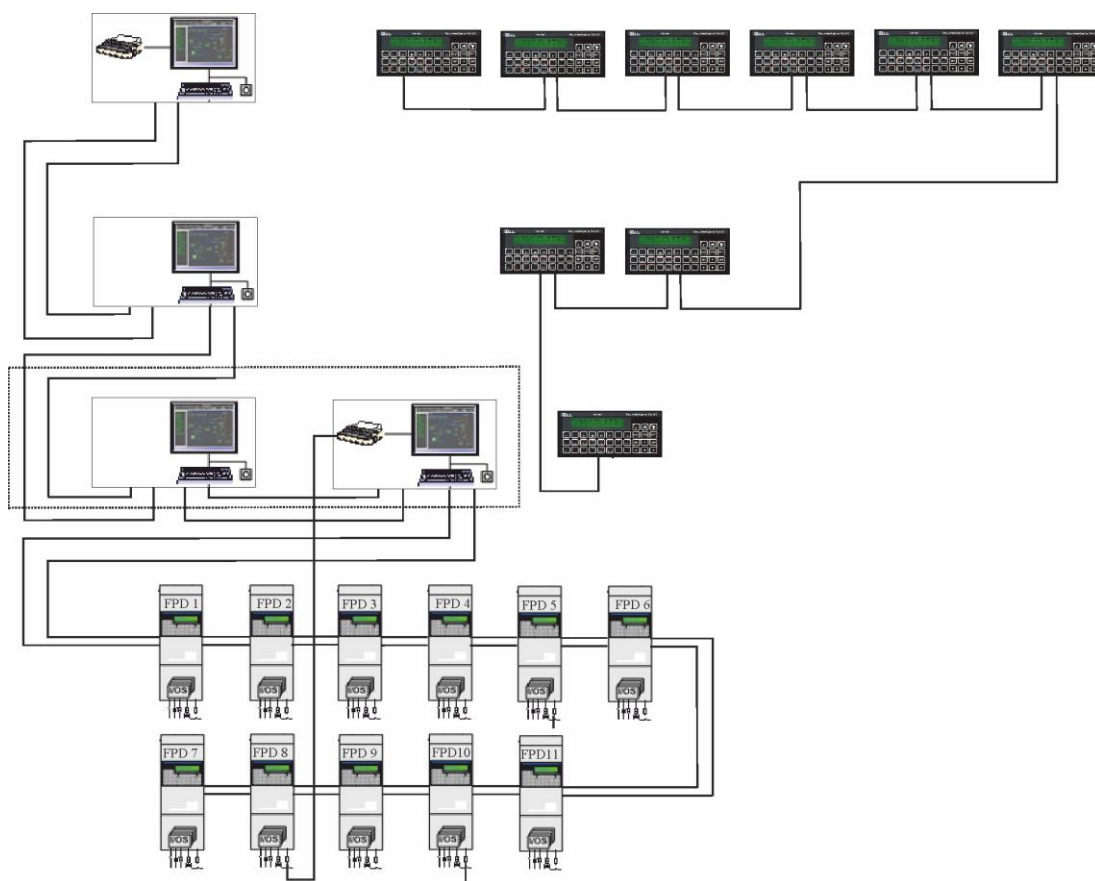


Рисунок 4.1 – Структурна схема суднової комп'ютерної мережі

Вона складається з наступних компонентів:

1) SERVER – апаратне забезпечення, виділене і / або спеціалізоване для виконання на ньому сервісного програмного забезпечення (у тому числі серверів тих чи інших завдань). Головний комп'ютер мережі.

2) ETHERNET – пакетна технологія передачі даних в локальній мережі.

3) SENSOR/ACTUATOR BUS – шина датчиків і виконавчих механізмів – мережеве рішення для розподілених входів і виходів, яке з'єднує

компоненти, такі як вакуумні насоси, генератори, манометри, клапани регулювання тиску і так далі.

4) I/O (Input/Output) – Inputs - сигнали або дані, отримані системою, Outputs - сигнали або дані, що відправляються з неї.

5) SENSORS – датчики.

6) ACTUATORS – виконавчі механізми.

7) BITBUS – інтерфейс, спеціально розроблений і оптимізований для зв'язку.

8) INTERBUS-S – промислова шина. Фізичний рівень Interbus заснований на стандарті RS-485. Мережа Interbus може працювати з пристроями як аналогового, так і цифрового введення виведення.

Структура "шина". В будь-якій шинній структурі всі пристрої приєднані до загального середовища передачі даних, або шини. На відміну від "кільця" адресат отримує свій інформаційний пакет без посередників. Процес підключення додаткових вузлів до шини не вимагає апаратних доопрацювань з боку вже працюючих вузлів мережі, як це має місце в разі топології "зірка". Проте шинна топологія вимагає жорсткої регламентації доступу до середовища передачі. Існує два методи регулювання такого доступу. Мною застосовується децентралізований контроль шини: завдяки власному інтелекту кожен пристрій сам визначає регламент доступу до шини.

Передача даних. Основними достоїнствами промислових мереж є недорогі лінії та надійність передачі даних. Дані передаються послідовно біт за бітом, як правило, поодиночі фізичному каналу (одному провідникові). Такий режим передачі не лише економить кабельне устаткування, але і дозволяє вирішувати завдання з надійної передачі даних на великі відстані. Час передачі, проте, збільшується пропорційно довжині бітового рядка.

Інтерфейс Rs-485. Цей тип інтерфейсу відповідає специфікації симетричної передачі даних, описаної в американському стандарті IEC RS-485. Цей інтерфейс придатний для високошвидкісної передачі даних. Максимальна довжина варіюється від 1,2 км. на швидкості до 90 кбод і до 200

м-коду – на швидкості до 500 кбод. Поняття "field" визначає область, пов'язану безпосередньо з виробничою зоною, де працюють контролери, датчики (тиск, температури, рівня і так далі) і виконавчі механізми (клапани, реле і так далі).

Промислові мережі повинні повністю задовольняти запитам споживачів після модульності, надійності, захисту від зовнішніх перешкод, простоти в побудові, монтажу і програмування логіки роботи.

4.2 Аналіз роботи системи управління комплексом вивантаження

Схеми керування електроприводами допоміжних механізмів відрізняються простотою і характеризуються такими особливостями:

- вони нереверсивні (за винятком електроприводів систем диферентування суден і вантажних насосів наливних суден);
- у більшості випадків не вимагають регулювання подачі;
- значна частина електроприводів допоміжних механізмів працює з незмінною навантаженням і нечастими пусками;
- не вимагають точного зупинення і тому не потребують гальмівних пристроїв;
- можуть мати тривалий або короткочасний режим роботи;
- вимагають електродвигунів з жорсткими механічними характеристиками.

Призначення

Система вивантаження балкера призначена для здійснення розвантажувального процесу в порту і перевантажувальних операцій на рейді. Гранулометричний склад вантажу - від 1 до 200мм.

Технічні характеристики

- максимальний виліт консолі (від борту) - 57м;
- максимальний кут піднесення консолі - 18град;
- максимальна продуктивність - 3500тонн / год;
- максимальний розмір елементів породи - 200мм;
- мінімальний розмір - 1мм;
- максимальна швидкість стрічки - 4м/с.

Склад системи

- два трюмних конвеєра «HOLD 1» і «HOLD 2»;
- два перевантажувальних конвеєра «CROSS 1» і «CROSS 2»;
- ліфтовий підйомник «LIFT»;
- консольний конвеєр «BOOM»;
- гідравлічна системи приводу конвеєрів «HOLD 1», «HOLD 2», «LIFT», повороту і підйому консолі;
- нерегульований електричний привід конвеєрів «CROSS 1» і «CROSS 2»;
- частотно-регульований привод конвеєра «BOOM».

Пристрій і робота

Через живильники вантажних відсіків насипний матеріал потрапляє на стрічку трюмних конвеєрів. Регульована подача вантажу здійснюється персоналом шляхом зміни просвіту живильників. Далі, за допомогою конвеєра «CROSS 1» і «CROSS 2», вантаж потрапляє на ліфтовий підйомник, а потім на конвеєр консолі «BOOM». Швидкість конвеєрів задається потенціометром на панелі управління і підтримується частотними перетворювачами. Привід конвеєра «LIFT» здійснюється від гідромоторів і підтримується на рівні швидкості конвеєра «BOOM». Швидкість конвеєра «CROSS 1» і «CROSS 2» не змінюється, тому його привід здійснюється від нерегульованих асинхронних короткозамкнених двигунів. Привід конвеєрів «HOLD 1» і «HOLD 2» здійснюється від гідромотора і підтримується на рівні 0,5 від швидкості конвеєра «LIFT». На вимірювальних ділянках конвеєра «HOLD 1» і «HOLD 2» здійснюється зважування вантажу. Ці величини, будучи помноженими на швидкість конвеєра, визначає продуктивність комплексу.

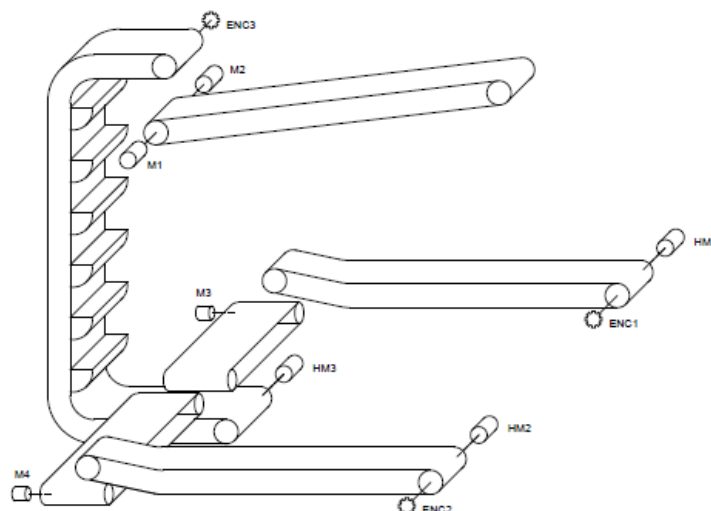


Рисунок 4.2 – Схема розташування конвеєрів системи вивантаження

Особливо актуальне використання частотно-керованого приводу для транспортних пристроїв, де необхідне регулювання продуктивності. При цьому конвеєр на малій швидкості може працювати навіть від одного дизель-генератора, що дозволяє економити паливе, зменшуючи шкідливий вплив на довкілля. Схема розташування конвеєрів системи вивантаження приведена на рис.4.1.

Сучасні системи управління технологічними процесами в судновому електроустаткуванні містять, як правило, рішення на базі програмованих логічних контролерів (PLC).

В даний час велика кількість виробників пропонують комплекси устаткування для побудови систем на PLC. Це Schneider Electric , OMRON, HITACHI, Siemens , Moeller.

Найбільшого поширення в судновому електроустаткуванні отримали PLC фірми Mitsubishi серії MELSEC. Вибираємо пристрій серії MELSEC FX3u з наступними параметрами:

- 256 керованих входів / виходів;
- 64000 програмних кроків;
- Час обробки однієї логічної команди - 0,065мкс.

Базовий блок MELSEC FX3u дозволяє підключити додаткові модулі дискретного вводу/виводу, мережеві модулі, модулі аналогового вводу/виводу, модулі позиціонування і вимірювання температури. Адаптери, розміщені безпосередньо в базовому блоці, забезпечують підтримку інтерфейсів Ethernet, RS232 і RS485. Для полегшення перезапису програми можна використовувати касету Flash EEPROM, при цьому запис програми можна здійснювати без відключення працюючого контролера. Базовий модуль оснащений шістьма високошвидкісними лічильниками, здатними обробляти сигнали з частотою до 100кГц. Програмований контролер FX3u можна використовувати в мережах AS-Interface, PROFIBUS, CC-Link, DeviceNet, CANopen і Ethernet. За допомогою мережі Ethernet можна організувати віддалене обслуговування.

Вибираємо базовий блок FX3u-48MR / ES, що має 24 входи і 24 виходу. Харчування - змінна напруга 100-240В. Тип виходу - реле.

Для зв'язку з аналоговою частиною вибираємо вхідний модуль FX3u - 4AD, який має 4 аналогових входи і вихідний модуль FX3u -4DA, який має 4 аналогових виходи.

4.2.1 Алгоритм роботи системи управління комплексом вивантаження.

Після подачі живлення на схему частотного перетворювача та отримання відповідного сигналу про її готовності, на вхід X17, при наявності сигналу від датчика температури гідравлічного масла на X20, система управління готова до запуску. Після натискання кнопки «ВКЛ» одиничний сигнал потрапляє на вхід X14. Далі проходить через логічний елемент AND (17) і зводить тригер TRIG (35), який подає сигнал на включення конвеєра BOOM (Y0). Одночасно з цим він запускає таймер TIMER (20), який через 10сек зводить тригер TRIG (36), який подає сигнал на включення конвеєра LIFT (Y1). Далі через таймер TIMER (22), через 10сек зводиться тригер TRIG (37) включення конвеєрів CROSS1 (Y2) і CROSS2 (Y3). Слідом за цим запускається таймер TIMER (24) і через 10сек зводиться тригер TRIG (38) включення конвеєрів HOLD1 (Y4) HOLD2 (Y5).

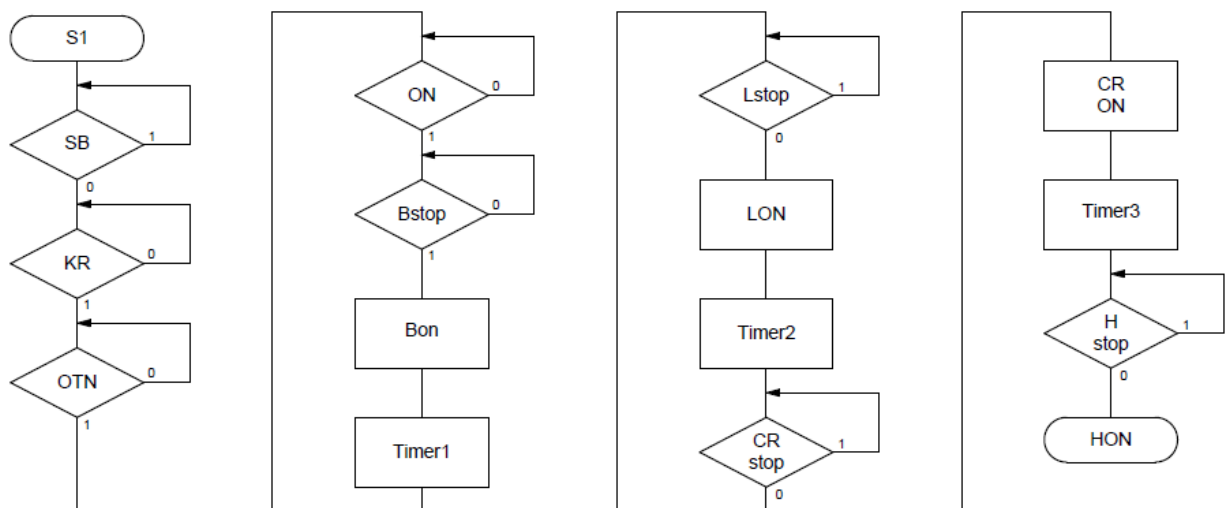


Рисунок 4.3 – Блок-схема алгоритму управління вивантажуючим комплексом

S1 - Старт

SB - Кнопка аварійного стопу

KR - Реле готовності приводу

OTN - температура мастила в нормі

ON - Кнопка вмикання комплексу

Bstop - Зупинка консольного конвеєру

Bon - Пуск консольного конвеєру

Timer1 - Витримка часу пуску ліфта

Lstop - Зупинка конвеєру ліфта

Lon - Пуск конвеєру ліфта

Timer2 - Витримка часу пуску кросових конвеєрів

CR ON - Пуск кросових конвеєрів

Timer3 - Витримка часу пуску трюмних конвеєрів

Hstop - Зупинка трюмних конвеєрів

Hon - Пуск трюмних конвеєрів

Спрацьовування аварійних кнопок, або аварійних кінцевих вимикачів, підключених до входів X0-X7, X10-X13 призводить до вимикання відповідних керуючих виходів з індикацією аварійних ділянок на виходах Y16, Y17, Y20-Y23. Аварійна установка будь-якого конвеєра тягне за собою негайну зупинку всіх попередніх конвеєрів технологічного ланцюга.

При натисканні кнопки «ВИКЛ» запускається таймер TIMER (18), який через 2мін30сек. вимикає тригер TRIG (38) конвеєрів HOLD1 і HOLD2. Далі запускається таймер TIMER (23), який через 20сек. вимикає тригер TRIG (37) конвеєрів CROSS1 і CROSS2. Слідом за цим запускається таймер TIMER (21), який через 40сек. вимикає тригер TRIG (36) конвеєра LIFT. Далі запускається таймер TIMER (19), який через 60сек. відключає тригер TRIG (35) конвеєра BOOM. Система приходить у вихідний стан і готова до нового запуску.

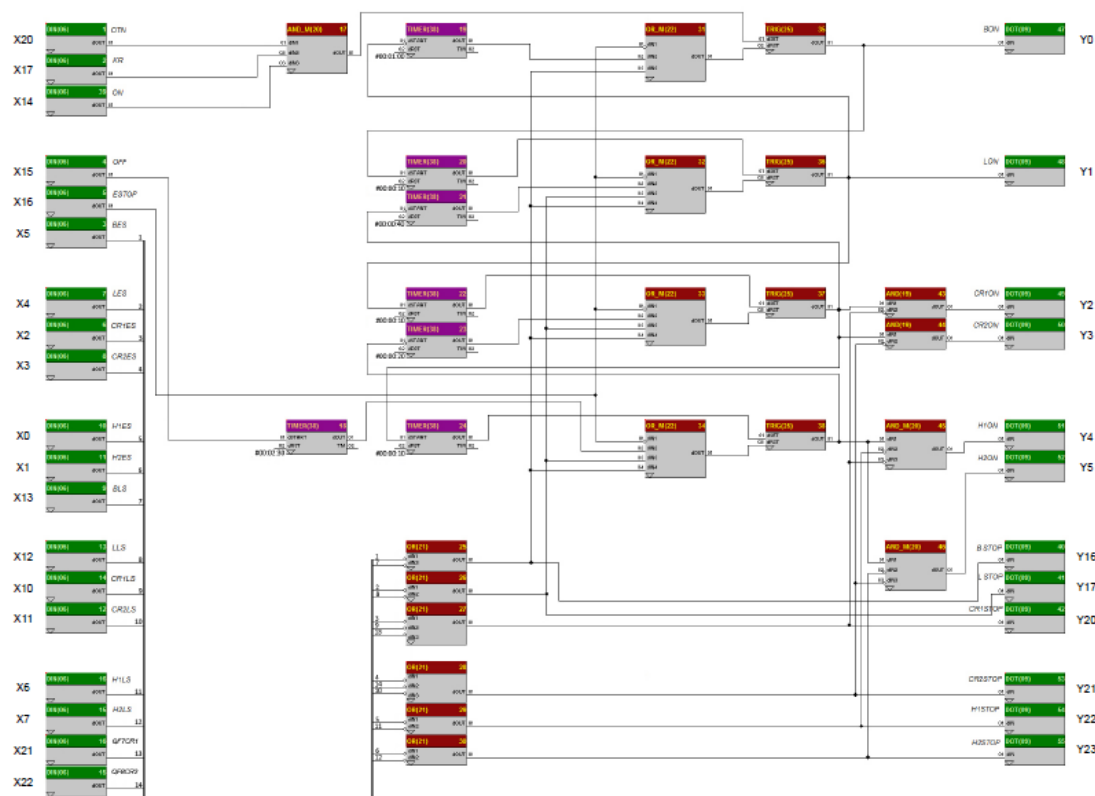


Рисунок 4.4 – Схема програмування логічного контролера методом блок-діаграм (цифрова частина)

Завдання швидкості конвеєрів здійснюється потенціометром RV, вихід якого підключений до входу завдання частотно-регульованого приводу ALTIVAR і аналоговому входу (56), який порівнюється з аналоговим сигналом від енкодера (59) зворотного зв'язку по швидкості конвеєра LIFT, який підключений на вхід швидкодіючого лічильника X002. Сигнал неузгодженості надходить на регулятор (57) і далі, через аналоговий вихід (61) до регульованого дроселя гідравлічного двигуна ліфта. Аналогічним чином відбувається регулювання швидкості конвеєрів HOLD1 і HOLD2.

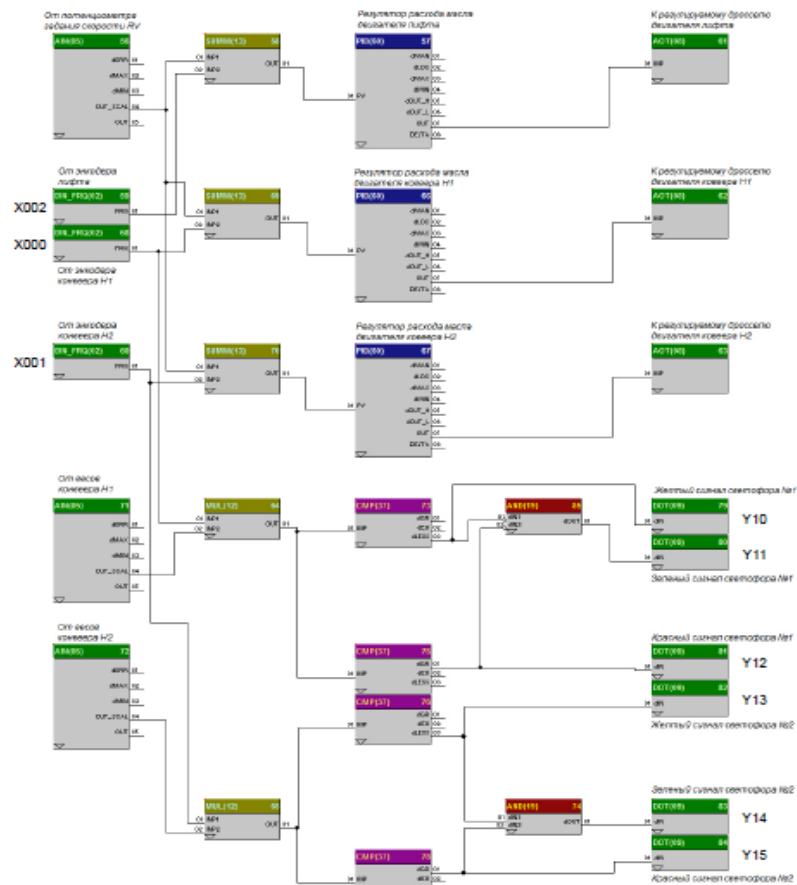


Рисунок 4.5 – Схема програмування логічного контролера методом блок-діаграм (аналогова частина)

На ділянках конвеєрів HOLD1 і HOLD2 відбувається зважування породи що відвантажується. Сигнал від цих вимірювальних пристроїв надходить на аналогові входи (71) і (72). Розглянемо роботу каналу вимірювання продуктивності конвеєра HOLD1. Сигнал, пропорційний вазі породи конвеєра HOLD1, вхід (71) аналогово множиться в MUL (64) на сигнал, пропорційний швидкості конвеєра. Результат цього перемноження надходить на вхід компараторів CMP (73), CMP (75). Рівень спрацьовування компаратора CMP (73) відповідає 85% завантаження конвеєра, а рівень спрацьовування компаратора CMP (75) відповідає 105% завантаження конвеєра. У випадку, якщо продуктивність конвеєра менше 85%, активований вихід Y10, і світиться жовтий сигнал індикатора завантаження. Якщо рівень завантаження перевищує 85%, але не більше 105%, активований вихід Y11 зеленого сигналу індикатора завантаження. Якщо завантаження перевищує 105%, активований вихід Y12 червоного сигналу індикатора завантаження. Канал вимірювання завантаження конвеєра HOLD2 працює аналогічно.

4.2.2. Принципова схема приводу консольного конвеєру.

З метою підвищення надійності приводу консольного конвеєру він виконаний на базі двох незалежних силових агрегатів, працюючих на один вал. Двигун кожного із силових агрегатів отримує живлення від свого частотного перетворювача, які працюють по схемі «провідний-ведений». Вибір режиму здійснюється перемикачем «S2».

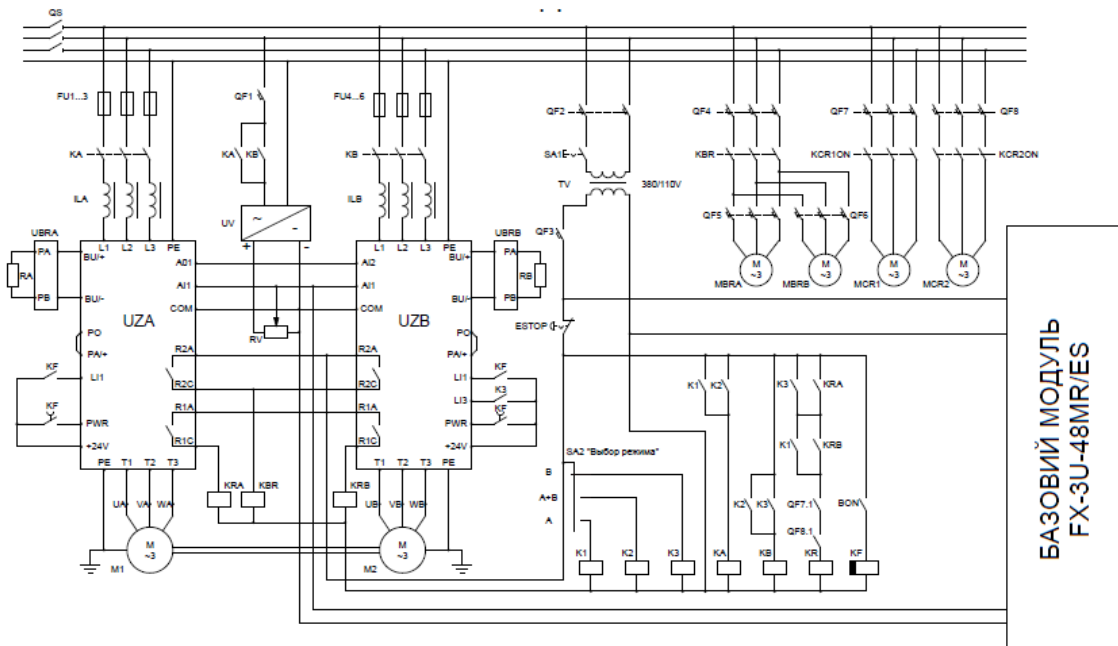


Рисунок 4.6 – Принципова схема електроприводу конвеєру

При повороті ключа перемикача «S1», трансформатор «TV» отримує живлення, та на схему управління подається напруга 110В. Нехай перемикач «S2» буде встановлений в положення «А+В». З появою живлення включиться реле «K2», яке своїми контактами дасть живлення на обмотки контакторів «KA» та «KB», після включення яких, живлення подається на частотні перетворювачі «UA» та «UB». Після включення контакторів «KA» та «KB» подається живлення на стабілізоване джерело напруги завдання UV. Після завершення внутрішнього тестування, частотні перетворювачі замикають реле готовності «KRA» та «KRB», контакти якого підготовлюють включення реле KR, яке після спрацювання живить кнопки «ON/STOP». Спрацювання реле готовності що показує лампа «HR».

Після натиснення кнопки «ON», вмикається реле «KF», яке своїми контактами подає живлення +24В на входи «PWR» та «LI1». Вхід «LI1»

запрограмований на обертання двигуна вперед у відповідності до завдання на вході «AI1», яке поступає з потенціометра «RV».

Перед початком руху, приводи формують команду на зняття гальм бистрохідного валу за допомогою контактору «KBR», який вмикає двигуни електрогідравлічних штовхачів MBRA та MBRB. Двигуни починають розганятися, при цьому виходи «AO1» частотного перетворювача «UA» запрограмований таким чином, що він видає напругу, пропорційну моменту, який розвиває двигун «M1». Частотний перетворювач (ПЧ) «UB» запрограмований таким чином, що двигун «M2» розвиває момент пропорційно вхідної напрузі на клемі «AI2». Двигуни розганяються за заданий час по S-образній характеристиці до значення, завданого потенціометром «RV».

При натисканні кнопки «STOP» випадає реле «KF», знімається напруга зі входів «LI1». Двигуни починають гальмування за заданий час, при цьому контакти «KF», випадні із затримкою часу, забезпечують цей процес подачею +24В на входи «PWR». При гальмуванні двигуни переходять у режим рекуперативного гальмування, підіймається напруга на шинах в ланцюзі постійного струму. При досягненні значення 785В, починають працювати гальмівні модулі «UBRA» та «UBRB», які підключають резистори «RA» та «RB» до шин постійного струму. Залишок енергії виділяється у вигляді тепла на цих резисторах.

При встановленні перемикача «S2» у положення «А», вмикається реле «K1» та контактор «КА». Працює тільки ПЧ «UA» як було описано вище.

При встановленні перемикача «S2» у положення «В», вмикається реле «K3» та контактор «KB». Крім того, «K3» своїм контактом подає живлення на вхід «LI3» ПЧ «UB», запрограмований таким чином, що по цій команді відбувається переключення ланцюгів завдання зі входу «AI2» на вхід «AI1». Далі ПЧ «UB» працює як було описано вище.

Контроль за роботою електрогідравлічних штовхачів здійснюється блоком контактами автоматичних вимикачів «QF7» та «QF8», які заведені у ланцюг реле «KR».

При натисканні кнопки аварійного стопу «SE», знеструмлюються контактори «КА» та «KB», накладаються гальма бистрохідного валу «MBRA» та «MBRB». Конвеєр зупиняється.

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

До основних пристроїв управління судна відносять: консоль управління головним двигуном, судновий машинний телеграф, пост управління підрулюючим пристроєм.

До систем контролю, сигналізації та внутрішнього зв'язку відносять: датчики частоти обертання, показник розвороту пера руля, безбатарейний телефонний зв'язок, цифрова телефонна станція, системи попереджувальної сигналізації.

1. Консоль управління головним двигуном складається з двох основних комп'ютерів, кожен з яких має по два набори центральних процесорів, чотирьох кольорових дисплеїв. Модель консолі управління: КАМЕWA.

2. Судновий машинний телеграф призначений для зв'язку між рульовою рубкою і машинним відділенням. При керуванні головною установкою машинний телеграф виконує наступні функції:

- передача команд судноводієм з рульової рубки в машинне відділення про зміну частоти обертання головного двигуна й напрямку упору гребних гвинтів пропульсивної установки, прийом команд вахтовим у машинному відділенні й передача в рульову рубку підтвердження про їхнє одержання (відбувається автоматично);

- звукова й світлова сигналізація при подачі й підтвердженні прийому команд;

До складу машинного телеграфу входять:

- командний машинний телеграф з рукояткою для керування й електроприводами;

- виконавчий машинний телеграф з блоком керування, що включає програмований контролер;

- пристрій звукової й світлової сигналізації для рульової рубки та для машинного відділення.

Живлення машинного телеграфу здійснюється від загальносуднової мережі по двох незалежних фідерах:

- основний фідер – змінний струм, напруга 220В, 60 Гц;

- резервний фідер – постійний струм, напруга 24В.

Візуальна інформація про видані із рульової рубки команди відображається на вахтовому машинному телеграфі у вигляді світлового сигналу заданої команди. Для підтвердження прийому управління оператор на ходовому містку або в машинному відділенні приймає на себе керування. Далі команди на ГД виконуються автоматично.

Модель машинного телеграфу: KAMEWA – показаний на рисунку 4.2.



Рисунок 4.2 – Судновий машинний телеграф



Рисунок 4.3 – Телефонний апарат в машинному відділенні

3. Датчики частоти обертання служать для визначення числа оборотів валу двигуна або гвинта за одиницю часу й застосовуються в регульованих приводних системах.

Датчики частоти обертання використовуються в тахометрах – приладах, що вимірюють частоту обертання або кутову швидкість обертючих деталей. Тахометри бувають магнітні, вібраційні, вартів інтегруючі, стробоскопічні, електронні інтегруючі, магнітно-індукційні, магнітно-електричні, частотно-імпульсні, феродинамічні й інші.

На судні встановлено тахометр валу гвинта, який складається з трансмітеру, індикатора та лічильника. При досягненні відповідного числа обертів валогенератор отримує збудження, виробляє напругу 440 В, частотою 60 Гц.

4. Суднова цифрова телефонна станція на 34 абонента служить для стаціонарного телефонного зв'язку між членами екіпажу та дозволяє проводити виклики з усіх встановлених на судні телефонних апаратів. На рисунку 4.3 показаний телефонний апарат в машинному відділенні.

5. Безбатарейний телефон використовується у випадках, коли не працює суднова телефонна станція. На судні є набір з чотирьох безбатарейних телефонів.

Модель безбатарейних телефонів: SteenHans P-4212.

6. Для визначення кута повороту пера руля використовується показник розвороту пера руля, який складається з трансмітера та індикатора.

7. На штурманському містку встановлюється станція пожежної сигналізації, за допомогою якої швидко визначається місце пожежі. Система пожежної сигналізації для виявлення пожежі обладнана датчиками-сповіщувачами ручної і автоматичної дії.

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

Ручні сповіщувачі встановлюються в коридорах житлових, службових і спільних приміщень; у вестибюлях; у машинно-котельних відділеннях; у виробничих приміщеннях; на відкритих палубах; в районі розташування вантажних люків.

У системі пожежної сигналізації повинно бути передбачено два види живлення: від суднової мережі та резервне – від акумуляторних батарей.

Система пожежної сигналізації повинна постійно перебувати в дії. Вивід з дії системи (частково або повністю) для усунення несправностей або виконання технічного обслуговування допускається з дозволу капітана й за попереднім повідомленням вахтового помічника.

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

системи. Попереджувальна сигналізація об'ємного пожежогасіння живиться від тієї ж акумуляторної батареї, що й пожежна сигналізація. Система повинна постійно перебувати в дії. На судні встановлена пожежна станція, яка має 103 датчики диму та 4 температурні датчиків. На рисунку 4.4(а) показано датчик диму.



а)



б)

Рисунок 4.4 – Датчик диму (а) и датчик рівня води в стічному колодязі трюму (б)

Модель пожежної станції: Thorn Security T881.

8. Аварійно-попереджувальна сигналізація призначена для сигналізації стану енергетичної установки, роботи допоміжних механізмів і компонується залежно від типу судна, енергетичної установки, рівня автоматизації. На автоматизованих судах застосовують узагальнену аварійно-попереджувальну сигналізацію, що подає сигнали не тільки в машинному відділенні й у ЦПУ, але і на зовнішніх об'єктах – у рульовій рубці, каютах механіків і інших місцях.

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

На судні встановлені 53 аварійні дзвінки та 9 гудків моделі Janssen LA30.

9. Сигналізація про наявність води в л'яхах і стічних колодязях трюму встановлюється в обов'язковому порядку для сигналізації рівня води. Сигналізація повинна постійно перебувати в дії, і перевірка її справності

проводиться електромеханіком – щотижня. На рисунку 4.4 (б) показано датчик рівня води в стічному колодязі трюму.

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

4.4. Технічні характеристики та конструктивні особливості електро - та радіонавігаційних пристроїв та радіозв'язку

Електро- та радіонавігаційне обладнання знаходиться на ходовому містку (рисунок 4.6), а також на навігаційній палубі.



Рисунок 4.5 – Навігаційне обладнання на ходовому містку

До електро- та радіонавігаційного обладнання відносяться наступні пристрої:

1. Лаг – прилад для вимірювання швидкості. Встановлений на судні в кількості 1, моделі JRC JLN-205. Технічні характеристики:

Принцип дії – подвійний промінь, ефект Доплера, частота – 2 МГц, діапазон вимірювань – до 40 вузлів, глибина – більше 3 метрів, точність вимірювань – до 1%, індикація – цифрова. Лаг показано на рисунку 4.6.



Рисунок 4.6 – Лаг JRC JLN-205



Рисунок 4.7 – Приймач-передавач Sailor 6301

2. РЛС – радіо-локаційна станція, кількість 2 шт., марка – Radar Pilot 1100. Призначена для відображення надводної обстановки та направлення й дистанція на вибраний об'єкт. На рисунку 4.7 показано розташування антен на компасній палубі.

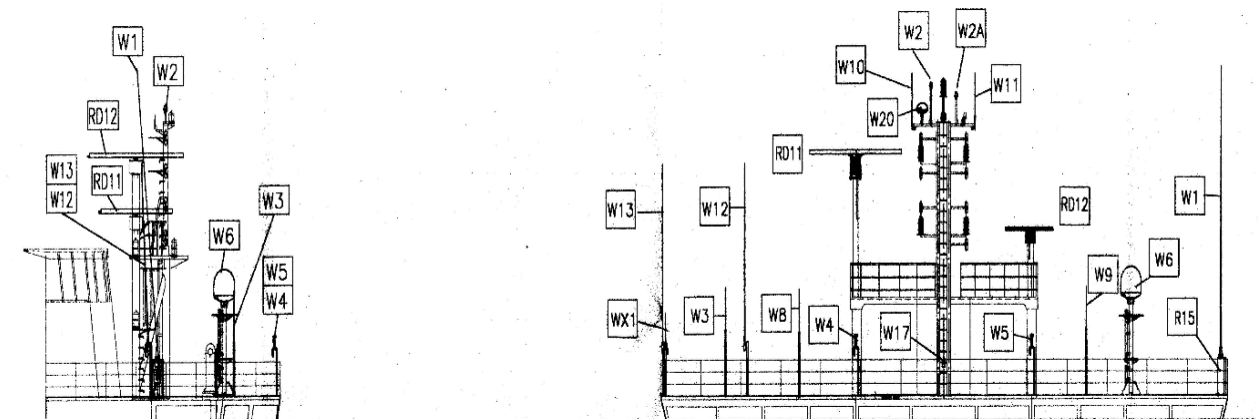


Рисунок 4.8 – Розташування антен на компасній палубі

На рисунку 4.8 в якості умовних позначень використовується:

W1 – TX Rod антена;
W2 – ІНМАРСАТ-антена;
W2A – ІНМАРСАТ-антена;
W3 – НАВТЕКС-антена;
W4 – GPS-антена;
W5 – GPS-антена;
W6 – ІНМАРСАТ-антена;
W7 – GPS-компасна антена;
W8 – VHF-2 антена;
W9 – VHF-2 антена;

W10 – VHF-1 антена;
W11 – VHF-1 антена;
W12 – HF-антена;
W13 – антена факсу погоди;
R15 – MF/HF-антена;
W17, W78 – радар-відповідач;
W20 – TV/FM-антена;
RD11 – антена діапазону X-частот;
RD12 – антена діапазону X-частот.

3. SATCOM – супутниковий зв'язок представлений короткохвильовими (КХ), середньохвильовими (СХ), довгохвильовими (ДХ) приймачами-передавачами марки Sailor 6301 (представлений на рисунку 4.8), а також ультракороткохвильовими (УКХ) приймачами-передавачами Sailor 6222.

4. Гірокомпас, кількість 1, фірма «W. Ludolph». Система дистанційної передачі показань повинна бути розрахована таким чином, щоб забезпечувалась одночасна робота власних репітерів, що встановлені в іншому навігаційному обладнанні, курсографа (якщо він є), а також передача інформації про курс в інше навігаційне обладнання.

5. Магнітний компас повинен мати нактоуз й електричне освітлення картушки, достатнє для чіткої видимості поділок картушки. Повинне бути забезпечене регулювання сили світла. Електричне освітлення картушки компаса повинно бути забезпечено від суднової електростанції й аварійного джерела живлення, яке може бути замінено живленням від акумуляторної батареї.

6. Авторульовий, кількість 1, модель Anshutz DHI 046/32S/88, «NautoPilot 5000». Авторульовий забезпечує управління судном по заданому маршруту (курсу), при цьому потребується обладнання ECDIS – електронних навігаційних карт, яке на данному судні також міститься (показана на рисунку 4.9).



Рисунок 4.9 – Електронні карти ECDIS

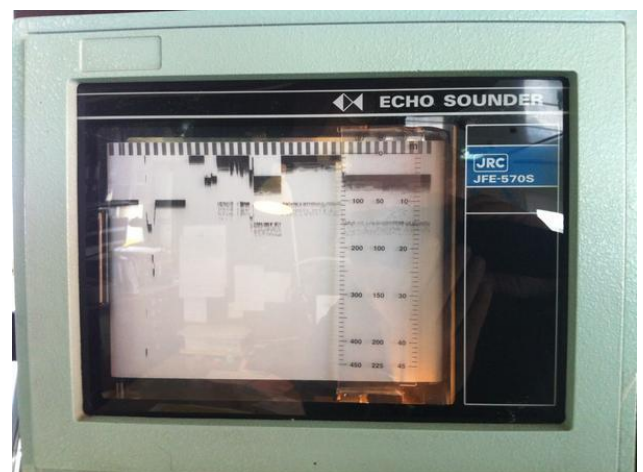


Рисунок 4.10 - Ехолот JRC-JFE570SB

Авторульовий обладнаний великим графічним дисплеєм, на якому можливе налаштування денного і нічного режимів. Управління функціями

здійснюється як за допомогою кнопок, так і через сенсорний екран. Він автоматично враховує погодні та морські умови. Робота в економному режимі знижує активність дії рульового пристрою, в результаті чого відбувається зниження витрати палива. Також авторульовий оснащений інтегрованою системою управління курсом і перекладанням штурвалу, що полегшує налаштування авторульового для більш маневреного руху судна і економії палива.

7. Ехолот JRC-JFE570SB, в кількості 1 шт. (Рисунок 4.10).

Ехолоти призначені для вимірювання глибини. Технічні характеристики: глибина обчислень – від 2 до 450 м; градуровка шкали – від 2,89 мм/м до 0,29 мм/м; інтенсивність роботи – 133 ppm; витрата паперової стрічки – до 25 мм/хв; частота роботи – 50 кГц; живлення – 220 В змінного струму, 60 Гц, 60 ВА.

64. Боротьба за живучість балкера

Балкер - спеціалізоване судно, призначене для перевезення масових вантажів (руди, добрив, зерна тощо) навалом. Для балкерів характерна надлишкова остійність, підвищена загальна поздовжня та місцева надійність, велика кількість відсіків при їх невеликому (щодо всього судна) обсязі. Також балкери нового покоління можуть по черзі (або одночасно) перевозити навалювальний та наливний вантаж (нафторудовози).

Живучість - це здатність судна в достатній мірі зберігати та відновлювати свої морехідні якості та забезпечувати безпеку людей, які знаходяться на борту і збереження вантажу при аварійних ситуаціях.

Живучість судна забезпечується:

- непотоплюваністю;
- вибухопожежобезпекою;
- живучістю суднової техніки;
- підготовленістю екіпажу до боротьби за живучість судна та діями по її підтримці і відновленню.

Непотоплюваність - це здатність судна зберігати плавучість і остійність після затоплення одного або декількох відсіків.

Вибухопожежобезпекою судна називається його здатність протистояти виникненню та поширенню вибухів і пожеж, а також їх впливу на судно і вантаж.

Живучістю суднової техніки називається її здатність зберігати і відновлювати свої властивості при аварійних обставинах і забезпечувати постійну готовність до дії за прямим призначенням.

Підготовленість екіпажу до боротьби за живучість судна - це знання та вміння членів екіпажу виконувати організовані, рішучі та кваліфіковані дії, які ліквідують аварійні обставини або зменшують їх вплив на судно, людей та вантаж який знаходиться на борту.

Комплекс попереджувальних заходів щодо забезпечення живучості судна включає в себе такі заходи, які забезпечують нормальну експлуатацію судна відповідно до його призначення.

До попереджувальних заходів належать:

- експлуатація судна, його механізмів та систем згідно з вимогами Правил технічної експлуатації;

- дотримання протипожежного режиму на судні згідно з вимогами Правил пожежної безпеки;

- завантаження судна у відповідності з діючими нормами та правилами, які регламентують посадку судна, його остійність та висоту надводного борту.

Боротьба за живучість судна - це організовані, кваліфіковані й енергійні дії суднового екіпажу при виникненні надзвичайних ситуацій з метою ліквідації або зменшення їх негативного впливу на людей, судно та вантаж, що перевозиться.

Особливості боротьби за живучість спеціалізованих судів визначаються їх конструкцією, технологією перевезень, властивостями вантажу, для якого вони призначені та методами експлуатації. Ці особливості можуть істотно змінити організацію боротьби за живучість на спеціалізованому судні в порівнянні з універсальним. Для кожного спеціалізованого судна можна визначити пріоритетно регресний ряд небезпек, взятий з статистики аварій, який характеризує особливості організації боротьби за живучість.

Ряд небезпек балкера можна представити у вигляді послідовності:

перекидання - втрата остійності та плавучості - розламування - вибух - пожежа - загазованість.

Перекидання балкера походить від зсуву вантажу як результат дії інерційних сил та зсув вантажу в разі надмірної остійності, резонансу або в результаті розрідження навалочних вантажів. Розрідження в свою чергу може бути тиксотропним як результат міграції внутрішньої вологи вантажу вгору або вниз (в залежності від напрямку градієнта температури), або як результат потрапляння забортної води в трюм, завантажений навалочним вантажем. Розрідження вантажу через потрапляння забортної води через пробоїну та його зсув взагалі не піддається розрахунку, оскільки, крім дії вільної поверхні рідини, виникає крен від зсуву вантажу, кількість і величина зсуву якого невідомі.

Всі балкери мають обмеження по верхній межі метацентричної висоти, тому що надлишкова остійність породжує інерційні сили, які здатні викликати конструктивні руйнування та зсув вантажу.

Від проникнення води всередину корпусу балкер може бути захищений подвійними бортами, а від поширення води по судну значно більшою кількістю водонепроникних перегородок, ніж універсальне судно. Однак у випадку масштабного зіткнення обидва контури обшивки (зовнішній та

внутрішній) можуть бути пошкодженими, що дасте можливість проникнути воді у відсік. У разі якщо відсік порожній, використання потужних систем осушення може істотно полегшити або навіть врятувати обставини. При наявності пробоїн використання пластиру на цих суднах не має сенсу (за винятком машинного приміщення), тому що на балкерах старого покоління осушення затопленого трюму з вантажем рудних концентратів судновими осушувальними насосами може привести до наступного:

- водно-вантажна суспензія заб'є прийомні сітки;
- тверда фракція суспензії, маючи абразивну природу, виведе з ладу осушувальні насоси.

Враховуючи велику довжину балкера та значну кількість розміщених на ньому вантажів, порушення встановленої технології вантажних операцій може привести до позамежної напруги в корпусі та як наслідок цього тріщини. Якщо на судні немає системи автоматичного контролю поздовжньої міцності, слід мати розрахунки на самі несприятливі варіанти з тим, щоб не допускати їх протягом експлуатації.

Джерелом небезпеки на балкері може бути загазованість вантажних приміщень (танків та трюмів). У танках - це пари нафтопродуктів, у трюмах - гази та пил, які виділяються з вантажу та викликають утворення вибухонебезпечних сумішей. Це потрібно враховувати при виконанні робіт з відкритим вогнем та при необхідності працювати людям в трюмі. Навіть зерно, зібране в одному місці у великій масі, небезпечно тим, що в результаті його «дихання» в атмосфері трюму концентрується вуглекислий газ, який можна видалити тільки інтенсивною примусовою вентиляцією.

11. Шкідливі та небезпечні виробничі фактори, класифікація за джерелами і властивостями

Шкідливий виробничий фактор - виробничий фактор, вплив якого на працюючого, в певних умовах, призводить до захворювання або зниження працездатності.

Небезпечний виробничий фактор - виробничий фактор, вплив якого на працюючого, в певних умовах, призводить до травми або іншого раптового погіршення здоров'я.

Шкідливий виробничий фактор, в залежності від інтенсивності та тривалості впливу, може стати небезпечним.

Під ідентифікацією розуміють процес виявлення і встановлення кількісних, тимчасових, просторових та інших характеристик, які необхідні та достатні для розробки профілактичних і оперативних заходів, спрямованих на забезпечення життєдіяльності.

У процесі ідентифікації виявляють:

- номенклатуру небезпек;
- ймовірність прояви небезпек;
- просторову локалізацію (координати) небезпек;
- можливі збитки та інші параметри.

Головним є встановлення причини прояви небезпек.

Причини характеризують сукупність обставин, завдяки яким небезпеки проявляються і викликають ті чи інші небажані наслідки (травми, захворювання, загибель, збиток, тощо).

Небезпека, причини, наслідки є основними характеристиками таких подій як нещасний випадок, надзвичайна ситуація, пожежа.

Небезпека - причини – слідства нещасний випадок, надзвичайна ситуація, пожежа.

Тріада "небезпека-причини-небажані наслідки" - це логічний процес розвитку, який реалізує потенційну небезпеку у реальний збиток (наслідки).

Одна і та ж небезпека може реалізовуватися в небажану подію через різні чинники. Поняття "небезпека" включає в себе ступінь незахищеності при наявності джерела небезпеки.

Джерело небезпеки - це явище, процес, предмет, що містить фактори, що ушкоджують.

Ушкоджує (травмує) фактор - це явище, предмет, власне заподіює пошкодження.

Приклади джерел небезпеки та факторів наведені в таблиці 5.1.

Небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються за своєю природою дії на наступні групи:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізіологічні.

Фізичні небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються на такі:

- рухомі машини та механізми;

- рухомі частини виробничого обладнання;
- пересування виробів, заготовок, матеріалів;
- руйнування конструкцій;
- обвалення гірської породи;

Таблиця 5.1

Джерело небезпеки	Небезпека (потенційний надзвичайний випадок)	Фактор який ушкоджує
ємність з газом під тиском	механічний вибух, витік з ємності	летячи осколки, токсичний газ
електроустановка	замикання на корпус	електричний струм
підйомний кран	обрив троса	вантаж який падає
нагрітий колектор	пошкодження ізоляції	підвищена температура
ядерна установка	попадання в заборонену зону, вибух	радіація
вибухонебезпечна суміш	хімічний вибух	ударна хвиля

- підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони;
- підвищена або знижена температура поверхонь обладнання, матеріалів;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищений рівень інфразвукових коливань;
- підвищений рівень ультразвуку;
- підвищений або знижений барометричний тиск у робочій зоні та його різка зміна;
- підвищена або знижена вологість повітря;
- підвищена або знижена рухомість повітря;
- підвищена або знижена іонізація повітря;
- підвищений рівень іонізуючого випромінювання у робочій зоні;

- підвищене значення напруги у електричному ланцюзі, замикання якого може

відбутися через тіло людини;

- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- підвищена напруженість електричного поля;
- підвищена напруженість магнітного поля;
- відсутність або недостатність природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена яскравість світла;
- знижена контрастність;
- прямий та відбитий блиск;
- підвищена пульсація світлового потоку;
- підвищений рівень ультрафіолетового випромінювання;
- підвищений рівень інфрачервоного випромінювання;
- гострі кромки, задирки та шорсткість на поверхнях заготовок,

інструментів та

обладнання;

- розташування робочого місця на значній висоті відносно землі (підлоги);

- невагомість.

Хімічно небезпечні та шкідливі виробничі фактори поділяються:

за характером впливу на організм людини на:

- токсичні;
- дратівливі;
- сенсibiliзуючі;
- канцерогенне;
- мутагенні;
- впливають на репродуктивну функцію;

по шляху проникнення в організм людини через:

- органи дихання;
- шлунково-кишковий тракт;
- шкірні покриви і слизові оболонки.

Біологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори включають наступні

біологічні об'єкти:

- патогенні мікроорганізми (бактерії, віруси, рикетсії, спірохети, гриби, найпростіші) та продукти їх життєдіяльності;
- мікроорганізми (рослини і тварини).

Психофізіологічні небезпечні та шкідливі виробничі фактори за характером дії

поділяються на такі:

- фізичні перевантаження;
- нервово-психічні перевантаження.

Фізичні перевантаження підрозділяються на:

- статичні;
- динамічні.

Нервово-психічні перевантаження підрозділяються на:

- розумове перенапруження;
- перенапруження аналізаторів;
- монотонність праці;
- емоційні перевантаження.

Один і той же небезпечний та шкідливий виробничий фактор за природою своєї дії може належати одночасно до різних груп.

Між шкідливими та небезпечними виробничими факторами спостерігається певний взаємозв'язок. У багатьох випадках наявність шкідливих факторів сприяє прояву травмонебезпечних факторів. Наприклад, надмірна вологість в виробничому приміщенні та наявність струмопровідного пилу (шкідливі фактори) підвищують небезпеку ураження людини електричним струмом (небезпечний фактор).

Рівні впливу на працюючих шкідливих виробничих факторів нормовані допустимими рівнями, значення яких наведені у системі стандартів безпеки праці та санітарно-гігієнічні правил.

ГДК (гранично-допустима концентрація) - встановлений безпечний рівень речовини у повітрі робочої зони (можливо у ґрунті, воді, снігу) дотримання якого дозволяє зберегти здоров'я працівника протягом робочої зміни.

ГДУ (гранично-допустимий рівень) - характеристика, що застосовується до фізичних небезпечних та шкідливих виробничих факторів (по ГОСТ 12.0.002-80) - це граничне значення величини шкідливого виробничого

фактору, вплив якого при щоденній регламентованій тривалості протягом усього трудового стажу не призводить до зниження працездатності та захворювання як в період трудової діяльності, так і наступний період життя.

Шкідливі умови праці - це умови праці, що характеризуються наявністю шкідливих виробничих факторів, що перевищують гігієнічні нормативи та погано впливають на організм працюючого та (або) його потомство.

10. Класифікація пожеж

Пожежа - це неконтрольоване горіння поза спеціальним вогнищем, що розповсюджується в часі та просторі. Слід зазначити, що пожеж безпечних не буває. Якщо вони і не створюють прямої загрози життю та здоров'ю людини (наприклад, лісові пожежі), то завдають збитків довкіллю, призводять до значних матеріальних втрат.

Під час пожежі відбуваються певні хімічні та фізичні явища:

- хімічна реакція горіння;
- виділення і передача тепла;
- виділення і поширення продуктів горіння;
- газовий обмін.

Характер і масштаби горіння під час пожежі залежать від таких чинників:

-агрегатного стану горючих матеріалів (найбільш вибухопожежонебезпечними є газоподібні горючі речовини);

- особливостей розміщення пожежного навантаження (розосереджене в приміщенні та займає більшу частину площі, зосереджене в одній або декількох ділянках приміщення та займає меншу частину площі);

- об'ємно-планувальних особливостей об'єкта пожежі;
- метеорологічних умов.

Вищезазначені чинники спричиняють особливості газового обміну та димоутворення, температурний режим та види теплообміну.

Газообмін на пожежах може бути вільним, розвиненим або обмеженим, а теплообмін - здійснюватися конвекцією, випромінюванням та теплопередачею. Характер газового та теплового обмінів суттєво залежить від об'ємно-планувальних особливостей об'єкта пожежі. Виходячи з такого твердження, пожежі за умовами газового та теплового обмінів, а також об'ємно-планувальними особливостями підрозділяються на групи та підгрупи (рис. 9.1).

Пожежі за місцем виникнення підрозділяються на дві групи:

- пожежі на відкритому просторі (наприклад, лісові, степові, на хлібних полях);
- пожежі в огорожах, які виникають та розвиваються всередині будівель та споруд.

Пожежі I групи

На відкритому просторі, характеризуються розвиненим газообміном, переважає теплообмін конвекцією та випромінюванням.

Нерозповсюджувані (локальні) пожежі підгрупи 1а мають незмінні розміри. Вони являють собою окремий випадок пожеж, коли не відбувається загоряння навколишніх об'єктів унаслідок променистого тепла.

Розповсюджувані пожежі підгрупи 1б характеризуються геометричними параметрами, які збільшуються у часі. Розповсюдження пожеж на великому просторі відбувається за різними напрямками та з різною швидкістю залежно від умов теплообміну, величини відстаней між об'єктами, напрямку та сили вітру, інших чинників. Пожежі цієї групи характерні для складів лісоматеріалів, будівель у районах старої міської забудови з вузькими вулицями, на хлібних полях тощо.

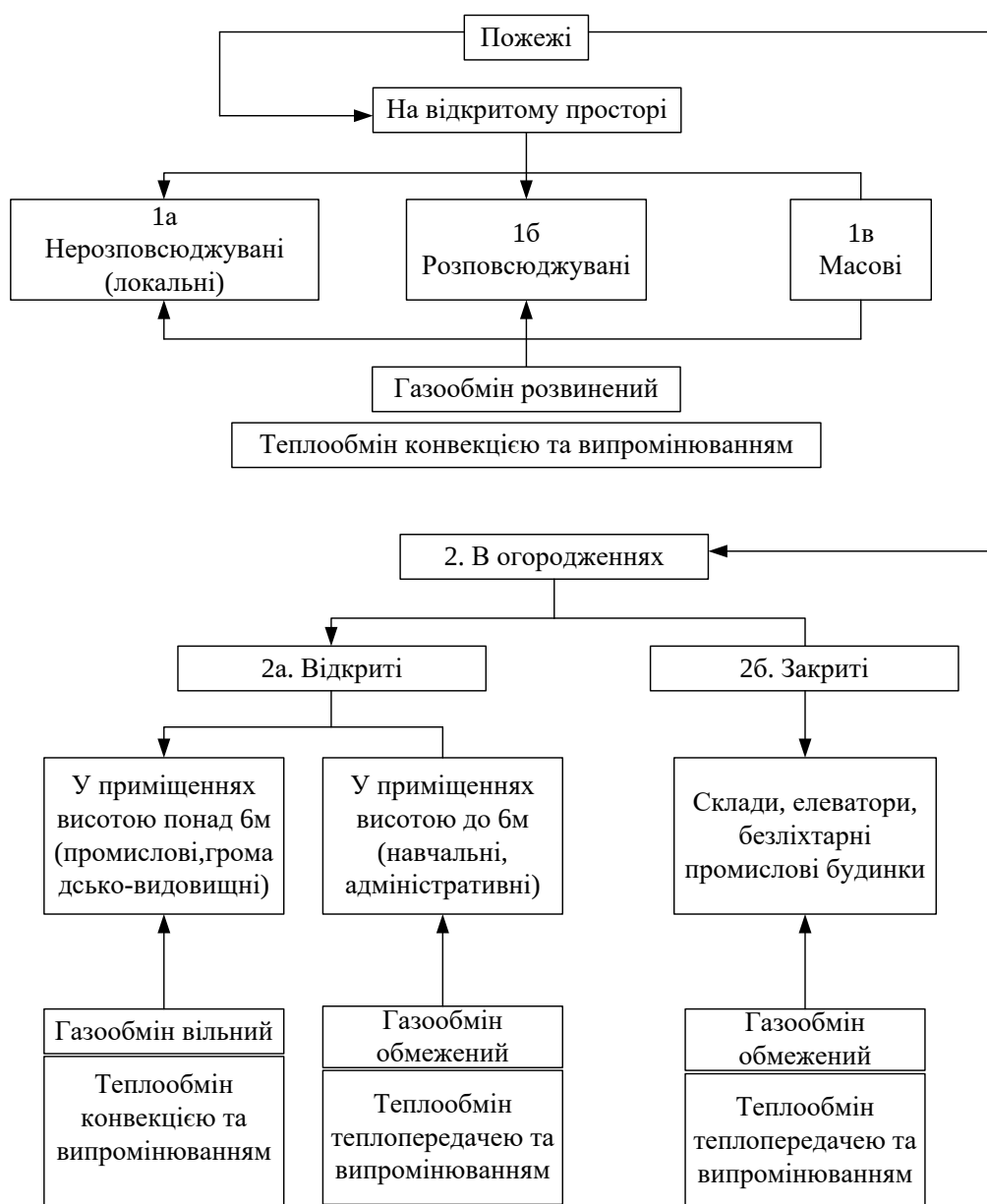


Рисунок 9.1 – Розподіл пожеж на групи та підгрупи за умовами газового та теплового обмінів, а також об'ємне-планувальними особливостями об'єкта пожежі

Масова пожежа підгрупи 1в - це сукупність суцільних та окремих пожеж у будинках або різноманітних горючих матеріалів на відкритих складах. Утворюється загальна зона газифікації палаючих будівель та споруд за умови невеликого вітру або штилю. Окремі пожежі утворюють єдиний турбулентний факел полум'я з потужною конвективною колонкою.

Пожежі II групи

Такі пожежі в огороженнях поділяються на відкриті та закриті. Залежно від об'ємне-планувальних особливостей та наявності отворів пожежі цієї групи характеризуються вільним або обмеженим газообміном. Теплообмін відбувається конвекцією, випромінюванням або теплопередачою.

Відкриті пожежі підгрупи 2а (наприклад, у адміністративних приміщеннях) розвиваються за умови повністю або частково відкритих отворів. Горіння швидко поширюється, переважно в бік відчинених отворів.

Газообмін може здійснюватися у межах висоти віконних отворів, які розташовані на одному рівні в приміщеннях шкіл, лікарень, побутових та адміністративних приміщень, висотою до 6 м, через загальний еквівалентний отвір.

Для приміщень висотою понад 6 м, у яких отвори в огороженнях розташовані на різних рівнях, існують значні відстані між центрами припливних та витяжних отворів, характерні значні перепади тиску за висотою. Тому газові потоки переміщуються вільно із значними швидкостями, відповідно швидше вигорає пожежне навантаження.

Закриті пожежі підгрупи 2б (наприклад, у складах) відбуваються за умови повністю зачинених отворів у огорожувальних конструкціях. Має місце обмежений газообмін унаслідок інфільтрації повітря та газів, що виділяються із зони горіння, через нещільності в огороженнях, притворах дверей, віконних рам, а також витяжну вентиляцію (за наявністю).

Простір, у якому розвивається пожежа, умовно поділяють на три основні зони (рисунок 9.2): горіння, теплової дії та задимлення.

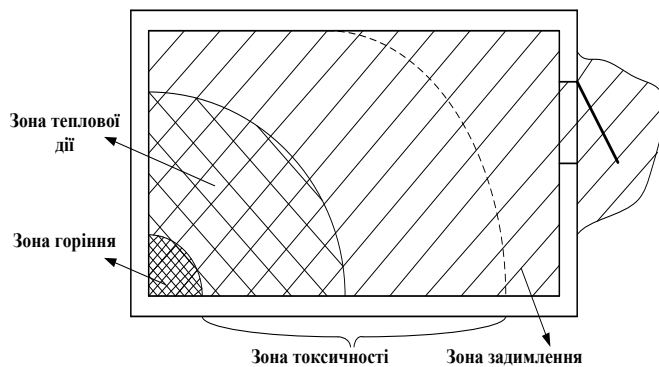


Рисунок 9.2 – Зони пожежі

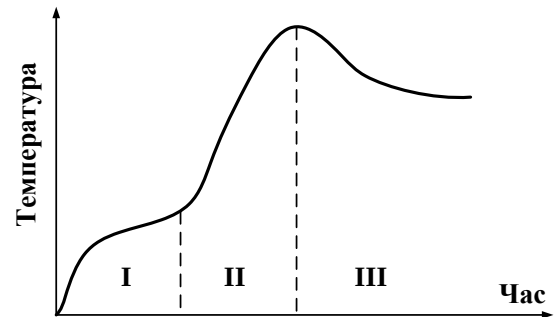


Рисунок 9.3 – Основні фази розвитку пожежі в приміщенні: I - початкова; II - основна; III - кінцева

Зона горіння - це активна частина простору пожежі, в якій безпосередньо відбувається горіння. Вона може обмежуватися огорожувальними конструкціями будівлі (приміщення), стінками технологічного устаткування. Ця зона розвивається за рахунок зони теплової дії, в якій формуються умови для подальшого поширення полум'я.

Зона теплової дії - це прилеглий до зони горіння простір, в якому проходить тепловий обмін між зоною горіння та навколишнім середовищем, конструкціями та матеріалами. Межі такої зони визначаються гранично допустимими значеннями теплових потоків і температур для людей, конструкцій та горючих матеріалів.

Зона задимлення - це прилеглий до зони горіння простір, заповнений димовими газами у таких концентраціях, що створюють загрозу для життя та здоров'я людей або ускладнюють дії пожежних підрозділів. Ця зона включає в себе зону теплової дії та за розмірами перевищує її. Зовнішніми межами зони задимлення вважаються місця, де видимість предметів становить 6-12 метрів, концентрація кисню в задимленому середовищі не менше 16 %, токсичність газів не є небезпечною для людей, що знаходяться без засобів захисту органів дихання.

Чим ближче до зони горіння, тим вищою є концентрація димових газів. Тому іноді виділяють ще й зону токсичності - частину зони задимлення, в якій концентрація токсичних продуктів горіння є небезпечною для життя людей, котрі не мають засобів захисту органів дихання.

Якщо пожежа відбувається в приміщенні, то можна виділити три основні фази її розвитку: початкову, основну та кінцеву. Основні фази розвитку пожежі в приміщенні показано на рисунку 9.3

У початковій фазі полум'я поширюється по площі приміщення від осередку займання. Температура в приміщенні при цьому поступово підвищується. Тривалість початкової фази становить від 2 до 30% загального часу пожежі. Наприкінці цієї фази починає різко підвищуватися температура в зоні горіння, а полум'я поширюється на більшу частину горючих матеріалів і конструкцій.

Під час основної фази розвитку пожежі вигорає 80-90% пожежного навантаження, що знаходиться в приміщенні. У цей період середньо об'ємна температура в приміщенні підвищується до максимуму, а небезпечні чинники пожежі набувають найбільших значень. Саме в цей період створюються умови для досягнення межі вогнестійкості будівельних конструкцій, що може призвести до їх руйнування. В основній фазі розвитку пожежі найважче проводити процес гасіння, тому доцільно не допускати переходу до цієї фази.

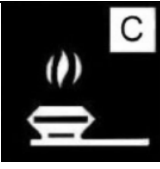
У кінцевій фазі відбувається догорання матеріалу, а горіння волокнистих матеріалів переходить у тління. Температура починає поступово знижуватися.

Про розвиток та особливості протікання пожежі в будівлях і спорудах можна судити за певними зовнішніми ознаками пожежі. Так, різке падіння висоти полум'я з вікон будівлі, що горить, свідчить про обвалювання огорожувальних конструкцій у будівлі; поступове зниження висоти полум'я з вікон - про закінчення вигорання внутрішньої начинки будівлі; різке зростання висоти полум'я з вікон - про надходження свіжого повітря в зону горіння; велика кількість густого диму з вікон - про недостатню кількість повітря в зоні горіння.

Відповідно до міжнародного стандарту ISO № 3941-77 та ГОСТ 27331-87, залежно від характеристики горючих речовин та матеріалів або об'єкта, що горить, пожежі підрозділяються на п'ять класів: А, В, С, D, Е (таблиця 9.1). Кожному класу пожежі (крім Е) відповідає свій графічний символ.

Таблиця 9.1 – Класифікація пожеж

Клас пожежі	Символ класу пожежі	Характеристика горючих речовин та матеріалів або об'єкта що горить
-------------	---------------------	--

A		Тверді речовини, переважно органічного походження, горіння яких супроводжується тлінням (деревина, текстиль, папір та інші.)
B		Легкозаймисті та горючі рідини, а також тверді речовини які розтоплюються (нафтопродукти, спирти, стеарин, каучук, деякі синтетичні матеріали та інші.)
C		Горючі гази (водень, ацетилен, вуглеводні та інше)
D		Метали та їх сплави (калій, натрій, алюміній, магній тощо).
E		Електроустановки під напругою

61. Призначення та зміст плану управління енергоефективності судна.

В останні роки все більше фактів свідчать про істотні зміни у поглядах і підходах до вирішення проблем в електроенергетичному комплексі. Зазначена тенденція базується на еволюційному розвитку технологій в силовій електроніці, нових високопродуктивних накопичувачах енергії та все більшому застосуванню альтернативних джерел електроенергії.

Ефективність використання енергії в контексті морського транспорту, як того вимагає Міжнародна морська організація (ІМО), оцінюється Індексом розрахунку енергоефективності (EEDI) і Операційним показником енергоефективності (EEOI), аналіз яких дозволяє застосувати системний підхід до вирішення енергоекологічних завдань і сформулювати шляхи зниження цих коефіцієнтів [1].

На цей час пропонується кілька методів подальшого підвищення ефективності використання палива на судах з електрорухом [2]:

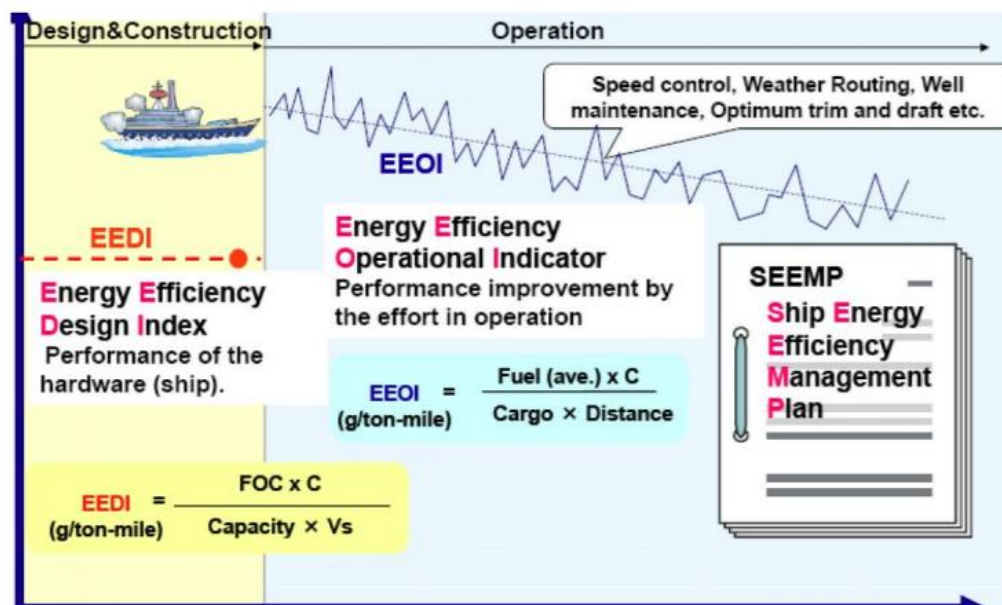
- інтеграція систем накопичення енергії;
- впровадження розподілу постійного струму;
- оптимальне управління розподілом і використанням енергії;
- вдосконалення методів експлуатації на існуючих звичайних судах.

Дослідники енергетичних проблем в морській індустрії звертають увагу на переваги впровадження на судах, поряд з «класичними» мережами змінного струму, також мереж постійного струму. До таких переваг слід віднести

можливість відмовитися від громіздких та дорогих трансформаторів напруги, як обов'язкових елементів мережі, за рахунок застосування потужних високочастотних напівпровідникових перетворювачів постійного струму, що відкриває нові шляхи підвищення енергетичної ефективності судів [3,4]. Особливості мережі змінного струму також перешкоджають підвищенню живучості суднової енергосистеми і якості електроенергії.

Відповідно до Резолюції IMO MERC.203 (62) з 1 січня 2013 року введено поправки до Додатку VI Міжнародної конвенції щодо запобігання забрудненню із суден МАРПОЛ і встановлені дві основні вимоги з управління енергоефективністю судна (рис.1):

- для кожного нового судна валовою місткістю 400 тонн і більше, повинні бути визначені необхідний і досягнутий конструктивні коефіцієнти енергоефективності (EEDI);
- на кожному новому або існуючому судні валовою місткістю 400 тонн і більше, повинен бути і виконуватися Судновий план управління енергоефективністю судна (SEEMP).



Судновий план управління енергоефективністю судна розробляється компанією для кожного судна з використанням експлуатаційного коефіцієнта енергетичної ефективності (EEOI). Аналіз коефіцієнтів EEDI і EEOI дозволяє застосувати системний підхід до вирішення енергоекологічного завдання та сформулювати шляхи зниження цих коефіцієнтів. Резолюція МЕРС.213 (63) наводить приклад методів підвищення енергоефективності, до яких належать [1, 2]:

- планування рейсу;
- погодні планування;
- часове планування;
- оптимізація швидкості судна;
- оптимізація потужності головного двигуна, що розвивається;
- оптимальне керування судном;
- обслуговування корпусу;

- оптимізація роботи суднової енергетичної установки;
- обслуговування суднової енергетичної установки;
- утилізація теплоти;
- поліпшення управління судном;
- оптимізація вантажних операцій;
- управління електроенергією;
- використання альтернативних видів палива.

Підвищення енергоефективності системи електропостачання судна направлено на пошук технічних рішень і можливих способів зниження втрат, які впливають на весь процес - від генерації до споживання енергії. Одним з таких способів є поліпшення якості енергії (КЕ), яке визначається амплітудою, частотою і наявністю спотворення форми сигналу, що йде від системи електропостачання. Форма хвилі (напруги або струму) спотворюється споживачами, оскільки в даний час більшість типових навантажень на судах є нелінійними, наприклад, пристрої плавного пуску, частотне-регульований електропривод, тощо.

5. ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1 Цивільний захист

5.1.1. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

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

Круїзне судно «Seabourn Sojourn» стоїть біля пасажирського причалу № 1 порту Ріо-де-Жанейро (Бразилія). Отримано повідомлення про інцидент зі зрідженим газом на території спеціалізованого перевантажувального комплексу для хімічних і наливних вантажів: внаслідок пошкодження запірної арматури залізничної цистерни стався витік хлору, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Кількість розлився СДОР - 0,25 т, характер розливу - «вільно». Метеорологічні умови на момент аварії: час доби - день, 9.00, температура повітря 200, швидкість вітру 2 м / с, вітер - зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії - 2 км. Характер місцевості - міських (промислова) забудова.

Виконати оперативний прогноз хімічної обстановки на час через 1 годину після аварії. Запропонувати заходи по зменшенню можливих втрат серед екіпажу та пасажирів судна.

Оцінка масштабів хімічного зараження території.

Виконання розрахунків ведеться за допомогою формул і таблиць, наведених у методиці прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту.

а) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря.

За заданими метеорологічними умовами (час доби - день, швидкість вітру 2 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по таблиці 5.1 ступень вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

Таблиця 5.1 – Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

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

б) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі.

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

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

$$Q_{\Sigma 1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^I \cdot Q_0 = 0,18 \cdot 1 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 0,25 = 0,01035 \text{ т} \quad (5.1)$$

де: $K_1 = 0,18$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 5.2);

$K_3 = 1$ – коефіцієнт (таблиця 5.2);

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

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

$Q_0 = 0,25$ – кількість хлору, що розлився при аварії, т.

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

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

Площа розливу S_p (м²) хлору дорівнює:

$$S_P = \frac{V_P}{h} = \frac{Q_0/\rho}{h} = \frac{0,25/0,0062}{0,05} = 806,45 \text{ м}^2, \quad (5.2)$$

де V_P – об'єм хлору, що розлився, м^3 ;

$\rho = 0,0062$ – щільність хлору, т/м^3 (таблиця 5.2);

$h = 0,05$ – товщина шару хлору (для характеру розливу – «вільно»), м.

Таблиця 5.2 – Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування	СДОР	Щільність СДОР, т/ м³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
		Газ	Рідина			К1	К2	К3	К7 для температури повітря (°С)				
									-40	-20	0	20	40
ХЛО Р	0,006 2	1,558	-34,1	0,6	0,18	0,052	1,0	<u>0</u> 0,9	<u>0,3</u> 1	<u>0,6</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1,4</u> 1	

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

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (год.) хлору:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{\text{II}}} + \frac{1}{K_M \cdot v_{\text{п}}} = \frac{0,05 \cdot 0,0062}{0,052 \cdot 1,33 \cdot 1} + \frac{1}{0,2 \cdot 12} = 0,424 \text{ год} \quad (5.3)$$

де: $K_2 = 0,052$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей хлору (таблиця 5.2);

$K_4 = 1,33$ – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (таблиця 5.3);

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

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

$v_{\text{п}} = 12$ – швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря, км/год. (таблиця 5.5).

Таблиця 5.3 – Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

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

Таблиця 5.4 – Значення коефіцієнту K_m залежно від впливу характеру місцевості

Рельєф місцевості, вид рослинності і забудови	Вертикальна стійкість повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
Територія порту	0,2	0,2	0,3

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

Ступень вертикальної стійкості повітря	Швидкість вітру (u), м/с									
	1≤	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ізотермія	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59

Розраховуємо еквівалентну кількість хлору Q_{e2} (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{e2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{II} \cdot \frac{Q_0}{h \cdot \rho} = (1 - 0,18) \cdot 0,052 \cdot 1,0 \cdot 1,33 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{0,25}{0,05 \cdot 0,0062} = 10,519 \text{ т.} \quad (5.4)$$

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

г) Визначення глибини і площі зони зараження.

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

Таблиця 5.6 – Глибина (км) зони зараження

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДОР, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20

2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,8 3	16,4 4
---	------	------	------	------	------	------	------	-----------	-----------

Для визначення глибини зони зараження хмарою хлору побудуємо графік залежності глибини зони зараження (км) від еквівалентної кількості СДОР (т) при швидкості вітру 2 м/с.

Для $Q_{\Sigma 1} = 0,01035$ т та швидкості вітру $u = 2$ м/с визначаємо глибину зони зараження первинною хмарою хлору: $\Gamma_1 = 0,26$ км.

Для $Q_{\Sigma 2} = 0,41$ т та швидкості вітру $u = 2$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою хлору: $\Gamma_2 = 11$ км.

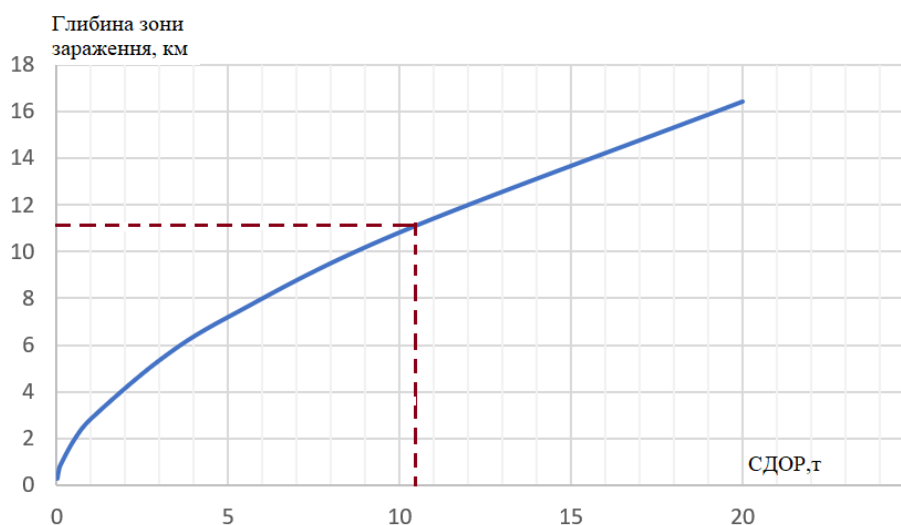


Рис.5.1

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 11 + 0,5 \cdot 0,26 = 11,13 \text{ км} \quad (5.5)$$

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

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

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 12 = 12 \text{ км} \quad (5.6)$$

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 11,13 \text{ км.} \quad (5.7)$$

Визначаємо площу зони можливого зараження S_v (км²) хмарою хлору:

$$S_v = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^\circ = 2,31 \cdot 11,13^2 \cdot 90^\circ / 360^\circ = 97,24 \text{ км}^2 \quad (5.8)$$

де $\Gamma = 11,13$ - розрахункова глибина зони зараження, км; $\varphi = 90^\circ$ - кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 5.7).

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

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

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_f (км²):

$$S_f = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 11,13^2 \cdot 1^{0,2} = 16,48 \text{ км}^2 \quad (5.9)$$

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

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 90^\circ$ (таблиця 5.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 11,13$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження – місцем розливу хлору. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_L (км):

$$\Gamma_L = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_L} \right)^\Psi = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{10,529}{6} \right)^{0,58} = 0,64 \text{ км.} \quad (5.10)$$

де $\lambda = 2,31$; $\Psi = 0,580$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 5.8);

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,01035 + 10,519 = 10,529$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т; $D_L = 6$ – летальна токсодоза для хлору, мг·хв/л.

Таблиця 5.8 – Коефіцієнти λ і ψ , що залежать від швидкості вітру

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

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

$$\Gamma_{0,4L} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_e}{D_{0,4L}} \right)^\psi = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{10,529}{2,4} \right)^{0,58} = 1,09 \text{ км.} \quad (5.11)$$

де: $D_{0,4L} = 0,4 \cdot D_L = 0,4 \cdot 6 = 2,4$ – значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

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

$$\Gamma_{0,2L} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_e}{D_{0,2L}} \right)^\psi = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{10,529}{1,2} \right)^{0,58} = 1,63 \text{ км,} \quad (5.12)$$

де: $D_{0,2L} = 0,2 \cdot D_L = 0,2 \cdot 6 = 1,2$ – значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахункової глибини зони зараження $\Gamma = 11,13$ км.

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

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

$$t = \frac{x}{K_M \cdot v_{\Pi}} = \frac{2}{0,2 \cdot 12} = 0,83 \text{ год.} = 49 \text{ хв.} 48 \text{ сек.} \quad (5.13)$$

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



Рис.5.2

5.1.2. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті аварійного розливу хлористого водню показала, що хмара зараженого повітря досягне межі судна, де знаходиться екіпаж, через 49 хв. 48 сек. В результаті утворення хмари зараженого повітря при розливі хлористого водню судно, де може знаходитися екіпаж, потрапляють в зону легких уражень, що у свою чергу є загрозою для здоров'я моряків.

Для зменшення людських втрат пропонується виконати наступні заходи:

- якнайскоріше прибрати усіх людей з палуби всередину надбудови судна;
- обмежити вихід членів екіпажу на палубу судна;
- по можливості максимально герметизувати усі приміщення в надбудові судна;
- контролювати напрямок переміщення хмари зараженого повітря та концентрацію хлористого водню в повітрі;
- встановити контроль концентрації СДОР на відкритому повітрі і в повітрі приміщень судна.

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі було розглянуто електроенергетичну систему балкера водотоннажністю 36000 тон. Розрахунок суднової електроенергетичної станції виконувався табличним методом. Під час розрахунку було обрано 3 дизель-генератори CATERPILLAR, потужністю 730 кВт кожен. Також, було обрано один аварійний генератор фірми CATERPILLAR потужністю 200 кВт, підібрані генераторні автомати, прораховані струми КЗ та розроблена однолінійна схема ГРЩ та АРЩ. Розглянуто система збудження NISHISHIBA ELECTRIC.

В роботі було проведено аналіз вимог до приводу пожарного насосу, обрано електропривод, розглянута система автоматизованого керування, що повністю відповідає Регістру України. Після розрахунків потрібної потужності, було обрано двигун фірми ABB типу M3AA225SMC4 потужністю 55 кВт, було обрано захисно-комутаційну апаратуру та модернізовано схему управління порівняно від попередньої використанням пристрою плавного пуску ABB PSE105-600-70.

Було виконано аналіз системи автоматизації вивантажувального комплексу на базі програмованого логічного контролеру MITSUBISHI серії FX3U.

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

Розглянуті питання безпеки та виживання на морі та охоронні заходи та цивільна оборона на судні.

Впродовж виконання дипломної роботи велика увага була приділена до розгляду нормативних документів Міжнародної Морської організації (ІМО) та кваліфікаційних спільнот, таких як Регістр Морського Судноплавства України та Правила Технічної Експлуатації як електрообладнання зокрема, так і всього суднового устаткування в цілому.

Крім того, була використана технічна документація пристроїв, узятя з діючого судна та Інтернету. Це дозволило користуватися описом новітніх досягнень у плані проектування суднових електроенергетичних станцій. Також в роботі було використано сервіси іменитих фірм виробників суднового електроустаткування.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Москаленко В.В. Электрический привод: учебник для студ.высш.учеб. заведений/ В.В.Москаленко.-М.: Издательский центр «Академия», 2007.-368с.
2. Осипов О.И. Частотно-регулируемый асинхронный электропривод: Учебное пособие по курсу «Типовые решения и техника современного электропривода» -М.: Издательство МЭИ, 2004.-80с.
3. Теория электропривода, ч.1: учебное пособие / Сост.: А.Б.Зеленов – Алчевск, ДонГТУ, 2005. – 382 с.
4. Ключев В.И. Теория электропривода: учебник для студентов ВУЗов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и по специальности "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов" - М.:Энергоатомиздат, 2001.
5. Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Теория электропривода: Учебник для вузов.- Санкт-Петербургское отделение, 1994.-496с.: ил.
6. Локарев В.И. Судовые автоматизированные электроприводы: Учеб.пособие.- Николаев: УГМТУ,2002.-160с.
7. Иванов В.И. и др. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Справочник/ В.И.Иванов, А.И.Аксёнов, А.М.Юшин-2-е изд.,переработанное и дополненное.-М.:Энергоатомиздат,1988.-448с.: ил.
8. Усатенко С.Т., Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. - М.: Издательство стандартов, 1989. - 325с.
9. Власенко А.А., Стражмейстер В.П., Судовая электроавтоматика. - М.: Транспорт. 1983. - 367с.
10. Правила Регистра Украины для морских и речных судов. Киев: 2003.
11. Правила технической эксплуатации судовых технических средств. - М.: В/О Мортехинформреклама, 1984. - 388с.
12. Правила техники безопасности на судах морского флота. РД31.81.10-75. - М «Мортехинформреклама», 2004.-300с.
13. Піпченко О.М. Розрахунок суднових електроенергетичних систем. - М.: Мортехінформреклама, 1988- 39 с.

14. Яковлев Г.С. Суднові електроенергетичні системи,- Л.; Суднобудування, 1987.- 272 с.
15. Толстов А.А. Устройство и эксплуатация судовых синхронных генераторов: Учеб.пособие.- Одеська нац. морська академія. – Одеса, 2006.
16. Толстов А.А. Автоматические выключатели: Учеб.пособие.- Одеська нац. морська академія. – Одеса, 2012.
17. Воскобович Ю. В. и др. Электроэнергетические установки и силовая электроника транспортных судов. – СПб: Элмор, 2001.
18. Иванов Б.Н., Колегаев М.А., Касилов Ю.И., Иванов А.И. Основы охраны труда на морском транспорте – Одесса: Компас, 2003.
19. Колегаев М.О., Иванов Б.М., Басанець М.Г. Під редакцією В.В. Пономаренка. Безпека життєдіяльності і виживання на морі. Навч. посібн. Друге видання – перероблене та доповнене./ Одеська нац. морська академія. – Одеса, 2008. – 416 с.
20. Інтернет ресурс, сайти: www.mitsubishiautomation.ru, www.deif.com, www.abb.com, www.hyundai.com