

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

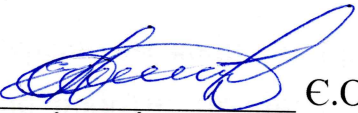
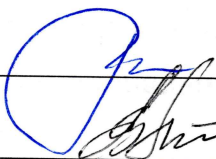
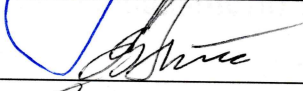
Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки
(заочне відділення)

Кафедра електричної інженерії та електроніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

на тему:

«ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ, ЕЛЕКТРОННА АПАРАТУРА І СИСТЕМИ
УПРАВЛІННЯ БАЛКЕРА ВОДОТОННАЖНІСТЮ 52000 ТОН»

Виконавець		Є.О. Денисюк
Завідувач кафедри	25.01.21 	М.Й. Муха
Керівник		О.В. Глазева
Рецензент		В. Рецензент
Нормоконтроль		Ю.С. Шевцов

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

Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки
(заочне відділення)

Кафедра електричної інженерії та електроніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ЕІ та Е

 М.Й. Муха

«___» _____ 202_ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу бакалавра

Денисюка Євгена Олександровича

Тема бакалаврської роботи

1. «Електрообладнання, електронна апаратура і системи управління балкера водотоннажністю 52000 тон» затверджена наказом ректора академії від «22» грудня 2020 р. № 1960

2. Термін здачі курсантом закінченої роботи до 25.01.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: технічна документація судна NORD WHALE - балкера водотоннажністю 52000 т.

1. Змістовна частина розділів дипломної роботи освітньо-кваліфікаційного рівня «бакалавр» за спеціальністю 271 «Річковий та морський транспорт» як зазначено нижче:

1.1. Технічно-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна:

- опис корпусу судна та рушія, головної енергетичної установки, вантажно-підйомного комплексу, допоміжних механізмів і систем;
- вибір та обґрунтування основних параметрів СЕЕС та вибір її типу;

1.2. Судновий електропривод (ЕП) та система управління (суднова електро-механічна система, СЕМС):

- 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 електроприводу із СЕЕС;
- розробка інструкції з експлуатації суднового електроприводу, який розраховувався.

1.3. Суднова електроенергетична система (СЕЕС):

- 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;
- вибір системи збудження синхронних генераторів (СГ);
- 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.

1.4. 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;

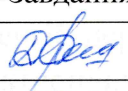
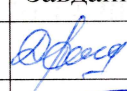
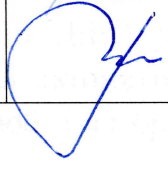
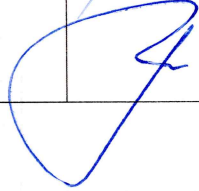
- ГМЗСБ і навігація (технічні характеристики та конструктивні особливості електро-, радіо-, навігаційних пристроїв та радіозв'язку).

1.5. Питання цивільного захисту та охорони праці.

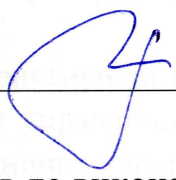
2. Перелік графічного матеріалу:

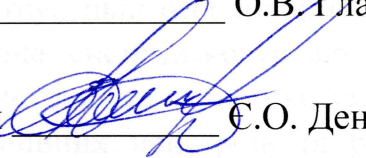
- принципова схема силової частини електроприводу та схема його системи управління;
- однолінійна схема ГРЩ і АРЩ;
- система збудження СГ;
- структурна або функціональна схема АСУ СЕЕС, алгоритм управління;
- принципова або структурна схема системи управління технічного об'єкту, граф-схема алгоритму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

3. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис і дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Безпека та виживання на морі	кафедра БЖ		
Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	кафедра МТ		

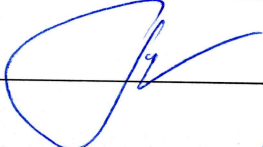
Дата видачі завдання: 09.10.2020 р.

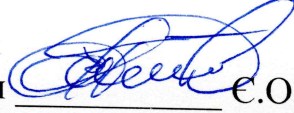
Керівник  О.В. Глазева

Завдання прийняв до виконання  С.О. Денисюк

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання	Прим.
1.	Розрахунок режимів роботи електропривода автоматичної швартової лебідки. Вибір двигуна. Перевірка двигуна за нагрівом. Розрахунок статичних та динамічних характеристик приводу. Спосіб пуску двигуна. Розробка схеми живлення та управління (комплектний електропривод) на підставі знаку автоматизації судна.	09.10.20 – 15.11.20	всес
2.	Розрахунок суднової електроенергетичної системи (СЕЕС). Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції (табличний метод); вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ; вибір генераторних автоматів. Вибір системи збудження генераторів. Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії; перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги. Вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, розробка алгоритмів управління СЕЕС.	16.11.20- 20.12.20	всес
3.	Аналіз систем та пристроїв управління судном. Засоби автоматизації СЕЕС. Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю та сигналізації; технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв та радіозв'язку. Розробка структурної схеми суднової комп'ютерної мережі інформаційних та управляючих систем та засобу автоматизації.	21.12.20- 04.01.21	всес
4.	Технологія та інструкція по експлуатації суднового електрообладнання і засобів автоматизації.	05.01.21- 11.01.21	всес
5.	Підготовка розділів: цивільний захист та охорона праці	12.01.21- 14.01.21	всес
6.	Оформлення дипломної роботи бакалавра	19.01.21 – 20.01.21	всес

Керівник  О.В. Глазева

Завдання прийняв до виконання  Є.О. Денисюк

РЕФЕРАТ

Електрообладнання, електронна апаратура и системи управління балкера водотоннажністю 52000 т.

У дипломній роботі було розглянуто судно типу балкер водотоннажністю 52000 т. Були описані техніко-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна.

Зроблено розрахунок режимів роботи та вибір електропривод автоматичної швартової лебідки. Розроблено граф-схему алгоритму автоматизації електропривода, а також принципову схему системи управління електропривода.

Виконаний розрахунок суднової електроенергетичної системи. Табличним методом була розрахована потужність і зроблений вибір числа дизель генераторів суднової електростанції. Описані безщітковий синхронний генератор HYUNDAI і його система збудження з автоматичним регулятором напруги THYRIPART 6GA 2491. Розроблені однолінійна схеми головного і аварійного розподільних щитів. Описана схема розподілу електроенергії по судну. Обрані засоби автоматизації СЕЕС на базі контролерів Synpol[®]D, розроблена принципова-функціональна схема автоматизованої системи управління дизель-генератора, проведено розробку алгоритмів управління СЕЕС для характерних режимів роботи.

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

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

СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД, СУДНОВА ЕЛЕКТРОСТАНЦІЯ, ГОЛОВНИЙ СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОРОЗПОДІЛЬНИЙ ЩИТ, ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, АЛГОРИТМ УПРАВЛІННЯ, ДИСТАНЦІЙНЕ АВТОМАТИЗОВАНЕ КЕРУВАННЯ.

ABSTRACT

Electrical, Electronics and System Management bulk carrier deadweight 52000 t.

The bulk carrier vessel with deadweight 52000 metric tones was considered in the diploma work. Technical-operating descriptions and structural features of ship were described.

The calculation of operating conditions and choice of automoorings winch electric motor is executed. Was designed a graph-scheme of algorithm for electric motor automatic control, as well as the schematic diagram for control system.

The calculation of ship power system is executed. By a tabular method power was expected and the choice of number diesel-generators for ship power-station is done. A brushless synchronous generator HYUNDAI and his excitation system with automatic voltage regulator THYRIPART 6GA 2491 are described. Single-line diagram main and emergency switchboards were developed. The diagram of distributing of electric power on a ship is described. Was chosen the automation of SPS based on Synpol[®]D controllers, developed functional diagram of automatic control system (ACS) SPS, done the development algorithms of control system of SPS for typical operating mode.

The analysis of control system of ships power plant and navigational equipment was made.

The questions of maintenance of ships electric equipment and automation, as well as the civil defense and labor protection are lighted up.

SHIP'S ELECTRIC DRIVE, SHIPPING POWER PLANT, SHIP'S MAIN POWER DISTRIBUTION BOARD, INTEGRATED CONTROL SYSTEM, CONTROL ALGORITHM, REMOTE AUTOMATED CONTROL.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АВ – Автоматичний вимикач
АД – Асинхронний двигун
АДГ – Аварійний дизель – генератор
АКБ – Акумуляторні батареї
АПС (AMS) – Аварійно-попереджувальна сигналізація
АРЩ – Аварійний розподільний щит
АРН – Автоматичний регулятор напруги
АШЛ – Автоматична швартовна лебідка
ГД – Головний двигун
ГА – Генераторні агрегати
ГМЗЛБ – Глобальна морська система зв'язку та забезпечення безпеки
ГРЩ – Головний розподільний щит
ГСП – Групова стартерна панель
ДАУ – Дистанційне автоматизоване управління
ДГ – Дизель-генератор
ЕЗА – Електричні засоби автоматизації
КВП – Контрольно вимірювальний прилад
КЗ – Коротке замикання
КК – Командоконтролер
КН – Коректор напруги
МВ – Машинне відділення
ПТЕ – Правила технічної експлуатації
РЩ – Розподільний щит
СДОР – Сильнодіюча отруйна речовина
СЕС – Суднова електростанція
СП – Стартерна панель
СТЗ – Суднові технічні засоби
СУП (RMS) – Система управління потужністю
ТО – Технічне обслуговування
ТП – Термінальна плата
ФП – Фідерна панель
ЦПУ – Центральний пост управління
ЩБЖ – Щит берегового живлення

ЗМІСТ

ВСТУП	12
1. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА.....	14
2. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДА АШЛ	16
2.1. Розрахунок потужності електродвигуна АШЛ.....	16
2.2. Розрахунок і вибір комутаційно-захисної апаратури	19
2.3. Вибір та аналіз системи управління	21
3. РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ (СЕЕС)	26
3.1. Розрахунок потужності і вибір кількості генераторів суднової електростанції	26
3.2. Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка конструкції і однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ.....	30
3.3. Вибір комутаційно-захисної апаратури ГРЩ, вибір генераторних автоматів	37
3.4. Розрахунок струмів короткого замикання.....	46
3.5. Розрахунок провалу напруги при пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії	48
3.6. Перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги	50
3.7. Вибір системи збудження синхронних генераторів.....	52
3.8. Вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної схеми автоматизованої системи управління, розробка алгоритмів управління СЕЕС	57
3.8.1. Система автоматизації СЕЕС Synpol®D фірми АВВ.....	57
3.8.2. Система управління потужністю.	62
4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ БАЛКЕРОМ.....	67
4.1. Структурно-функціональна схема автоматизованої системи управління дизель-генератором та аналіз суднової комп'ютерної мережі.....	67
4.2. Технічні характеристики і конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації.....	69
4.3. ГМЗЛБ і навігація. Технічні характеристики та конструктивні	70

особливості електро-радіо- навігаційних пристроїв та радіозв'язку.	
5.ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ СУДНОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ, ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ І КОМПЛЕКСІВ	76
5.1. Загальні вимоги до технічної експлуатації.	76
5.2. Експлуатація електрообладнання і засобів автоматизації дизель-генератора.	79
6.ЦІВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ	88
ВИСНОВКИ	110
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	111
ДОДАТОК А: Схема автоматичного управління електроприводом автоматичної швартової лебідки та алгоритм роботи.	
ДОДАТОК Б: Таблиця навантажень СЕЕС балкера.	
ДОДАТОК В: Технічні данні генераторів HYUNDAI.	
ДОДАТОК Г: Однолінійна схема ГРЩ та АРЩ.	
ДОДАТОК Д: Технічні данні генераторних автоматів АВВ серії SACE Emax 2.	
ДОДАТОК Е: Принципова схема системи збудження безщітного генератора з АРН THYRIPART 6G-2491.	
ДОДАТОК Є: Допоміжні модулі Synpol D: СМА 131, СМА 132, СМА 133, СМА 135.	
ДОДАТОК Ж: Структурно функціональна схема дистанційного автоматичного управління дизель-генератором.	

ВСТУП

Зміни що відбуваються в нашій країні, припускають корінну перебудову усіх сфер суспільного і виробничого життя, вихід на якісно новий рівень техніки що відповідають умовам теперішнього часу. Важливою особливістю розвитку сучасного суднобудування є широке впровадження комп'ютерних технологій, що дозволяють здійснювати комплексну автоматизацію суднових технічних засобів.

Судна транспортного флоту обладнуються великою кількістю різних електрифікованих механізмів, схемами енергоустаткування та автоматики, які відрізняються значною різноманітністю систем керування. Сучасні технології дозволяють застосовувати різноманітні технічні засоби збору, перетворення, передачі й відображення інформації, формування, передачі й реалізації керуючих впливів на технічні об'єкти.

Сучасні комп'ютерні технології відкривають перед розробниками суднових систем управління багато нових можливостей. Висока продуктивність мікропроцесорної техніки в поєднанні з малими габаритами і вартістю дають можливість використовувати на судні управляючі комп'ютерні мережі для обробки інформації про стан суднових об'єктів і управління складними системами. Такі управляючі комплекси забезпечують нормальне протікання технологічних процесів в керованих об'єктах, підтримують безаварійне та безпечне їх функціонування і дають можливість управляти рухом судна і всіма необхідними для цього технічними засобами без безпосередньої участі обслуговуючого персоналу.

Економія електроенергії визнана найважливішим напрямком енергетичної політики в Україні. Особливе значення має використання раціональних, що забезпечують мінімальне споживання електроенергії, способів керування технологічними процесами. Кардинальне поліпшення енергетичної ситуації шляхом рішення проблем енергозбереження пов'язано з ефективним, на погляд високого рівня виробництва, використанням електроенергії в перетвореному виді. На сьогоднішній день комплексна механізація й автоматизація виробництва вимагають широкого впровадження регульованого електропривода. 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 короткозамкнутих двигунів очевидні, але великий пусковий струм (6-7 I_n) перекреслює всі переваги. В початковий момент відбувається просів напруги, який приводить до збоїв електроустаткування,

підключених до 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. Налагодження 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.

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

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

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

1. ТЕХНІЧНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА, ГОЛОВНОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ, ДОПОМІЖНИХ МЕХАНІЗМІВ І СИСТЕМ

Архітектурно - конструктивний тип судна: однопалубне, із баком, надбудовою, з палубними кранами та бульбоподібним носом.

Загальні характеристики:

довжина найбільша: $L_{нб} = 189,8$ м;

ширина: $B = 32,26$ м;

найбільша висота: $D = 30,5$ м;

осадка порожнем: $d_0 = 5,41$ м;

найбільша осадка у вантажу: $d = 11,92$ м;

висота надводного борту: $5,00$ м;

дедвейт (літній, найбільша осадка): $DWT (SUMMER) = 52000$ т;

швидкість у повному вантажу: $V = 15,5$ вузла;

район плавання: необмежений;

кількість трюмів: 5.

Енергетична установка

Головний двигун

Тип: дизель.

Марка: «KAWASAKI – MAN B&W 6S50MC-C».

Потужність: 8090 кВт.

Частота обертання вала: $n = 127$ 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: 4.

Діаметр: 5,8 м.

Матеріал: Ni – Al – Bronze (KIBC3) .

Електростанція

Рід струму: змінний.

Частота струму: 60 Гц

Напруга силової мережі: 440 В.

Напруга мережі освітлення: 230 В.

Тип привідних двигунів генераторних агрегатів: дизель, 900 об/хв.

Кількість генераторів: 3.

Потужність: 3 * 480 кВт.

Рульова машина

Тип: електро-гідравлічна

Марка: Mitsubishi SFC-80.

Обертаючий момент: 844 кН·м.

Аварійне обладнання

Аварійний дизель – генератор: 80 кВт, 1800 об/хв.

Аварійний пожежний насос: 72 м³/год.

Судно призначене для транспортування насипних вантажів таких як зерно, сахар і. т. п., а також навалювальних вантажів. Дальність плавання – 14000 миль. Район плавання – необмежений, швидкість судна в повному вантажі при 90% експлуатаційної потужності ГД – 15,5 вузлів.

Судно - одногвинтове, однопалубне, з коротким баком, кормовим розташуванням машинного відділення і житлової надбудови. Форштевень із невеликим бульбом. Корпус судна зварний, спроектований за змішаною системою набору. На судні є каюти для розміщення 25 членів екіпажу.

Головним двигуном на судні встановлено дизель типу «KAWASAKI-MAN B&W 6S50MC-C» потужністю 8090 кВт. Двіжитель – бронзовий, суцільно-литий, весловий, чотирьохлопасний гвинт.

Рятувальні пристрої судна складаються з двох моторних рятувальних шлюпок закритого типу місткістю по 25 осіб, розташованих з обох бортів з корпусом із пластика та двох рятувальних плотів місткістю по 25 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 електричні комбіновані брашпили, два якорі Холлу, дві електричні швартовні лебідки, електрогідравлічну кермову машину і кермо напівбалансирного типу.

2. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ ТА ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДА АВТОМАТИЧНОЇ ШВАРТОВНОЇ ЛЕБІДКИ

2.1. Розрахунок потужності електродвигуна автоматичної швартовної лебідки.

Сучасний електропривод, в першу чергу автоматизований, є складною електромеханічною системою. Проектування такої системи вимагає врахування великої кількості різноманітних факторів і критеріїв, до числа яких відносяться умови функціонування електроприводу і його елементів, надійність і економічність його роботи, безпека для обслуговуючого персоналу та навколишнього середовища, сумісність електроприводу з іншими електротехнічними установками.

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.

Згідно правилам Регістру [7] до швартовних електроприводів висувуються наступні вимоги:

- привід швартовного механізму повинен забезпечувати безперервне вибирання швартового канату при номінальному тяговому зусиллі з номінальною швидкістю на протязі не менше 30 хв. Швидкість вибору при цьому не повинна перевищувати 0,3 м/с;
- привід швартовного механізму має бути здатний розвивати коротко-тимчасово (на протязі близько 15 с) зусилля в канаті, яке було б не менше подвійного номінального і не вище за чотирикратне номінальне;
- гальмо швартовного механізму нормально замкнутого типу повинне забезпечувати гальмівний момент, що перешкоджає розвороту механізму при зусиллі, рівному 150 % номінального;
- у якірно-швартовних шпилів, брашпилів і лебідок на ступенях швидкостей, призначених тільки для швартовних операцій, має бути передбачений відповідний захист від перевантаження електроприводу (наприклад, автоматичне перемикання із ступеня, призначеного для швартовної операції, на ступінь, призначений для підйому якоря);
- стоянка під струмом при номінальній напрузі для електродвигунів швартовних механізмів повинна складати не менше 15 с. після 30 хв. роботи при номінальному навантаженні;

- в режимі роботи з малою швидкістю привід повинен забезпечувати роботу протягом 5 хв. при зусиллі, що становить 75 % номінального;
- в режимі роботи з підвищеною швидкістю привід повинен забезпечувати роботу протягом 10 хв при тяговому зусиллі, що становить 10-20 % від номінальної.

Технічні дані та склад автоматичної швартовної лебідки:

- швартовний барабан: 2 шт, діаметр – 0,53 м, зусилля – 98 кН, при швидкості вибирання 0,25 м/с;
- швидкість вибирання ненавантаженого канату 0,75 м/с;
- турачка: 2 шт, 78,5 кН, при швидкості вибирання 0,25 м/с;
- швартовний канат: діаметр 0,06 м, довжина 220 м, матеріал – поліпропілен.

За наступною формулою [4] визначаємо необхідну потужність електродвигуна автоматичної швартовної лебідки:

$$P = \frac{F \cdot v}{\eta} = \frac{98000 \cdot 0,25}{0,77} = 31,82 \text{ кВт}$$

де: F - номінальне тягове зусилля в швартовному канаті;

v - швидкість вибирання каната, м/с;

η – ККД механізму (для механізмів із зубчатими редукторами $\eta = 0,77$).

Помилки у бік заниження необхідної потужності електроприводу знижують надійність його роботи і за несприятливих умов викликають прискорений знос ізоляції і вихід двигунів з ладу. Однак помилки в бік запасу також тягнуть за собою витрати, пов'язані з нераціональним використанням дорогого устаткування, погіршенням енергетичних показників недовантажених двигунів і збільшенням динамічних навантажень механізмів. Тому від правильності вибору двигунів при проектуванні істотно залежить продуктивність, надійність і економічність машин що приводяться в рух.

Тип двигуна вибирають у залежності від роду струму на судні і типу насоса. На розглянутому судні застосовується трифазне живлення 440 В, змінного струму частотою 60 Гц.

Вибираємо двигун фірми АВВ типу МЗВР 180 МLC4 потужністю 34 кВт. Паспортні дані електродвигуна приведені в таблиці 2.1.

Верхня межа швидкості вибирання швартовного канату згідно технічним даним механізму лебідки 0,75 м/с, номінальна – 0,25 м/с. Для електромашинного регулювання швидкості вибирання можливі наступні співвідношення ступенів швидкості 1 : 2 : 6, 1 : 3 : 6, 1 : 2 : 4 [4]. Отже, згідно вихідних умов мала швидкість вибирання канату буде складати 0,12 м/с, що задовольняє співвідношенню 1 : 2 : 6. Це співвідношення є рекомендованим. Так як електропривод буде керуватися частотним перетворювачем, то для цього співвідношення синхронні швидкості обертання електродвигуна будуть наступними: мала – 300 об/хв, номінальна – 600

об/хв, підвищена – 1800 об/хв. Номінальний обертальний момент в цьому діапазоні швидкостей буде незмінним.

Таблиця 2.1 – Паспортні дані електродвигуна автоматичної швартовної лебідки.

Тип двигуна	Асинхронний короткозамкнутий, морського виконання з електромагнітним тормозом
Виробник	ABB
Модель двигуна	M3BP 180 MLC4
Мережа живлення	440 В, 60 Гц
Номінальна потужність	34 кВт
Номінальна частота обертання	1776 об/хв
Номінальний ККД	93,05 %
Номінальний $\cos(\varphi)$	0,84
Номінальний обертальний момент	161 Нм
Тормозний момент тормозу	250 Нм
Номінальний струм I_n	50,3 А
Струм при 150% перевантаження (1500 об/хв)	75,5 А
Оберт. момент при 150% перевантаження (1500 об/хв)	239 Нм
Кратність пускового струму I_p/I_n	7,7
Номінальний режим роботи	S2 (30 хв)
Клас ізоляції	F
Захищеність	IP - 55
Маса	235 кг

Визначимо передаточне число механізму згідно рівняння:

$$i \leq \frac{0,9 \cdot \pi \cdot (D + 2 \cdot s \cdot d) \cdot n}{60 \cdot v} = \frac{0,9 \cdot 3,14 \cdot (0,53 + 2 \cdot 5 \cdot 0,06) \cdot 600}{60 \cdot 0,25} = 127$$

де: D – діаметр швартовного барабану, м;

s – кількість слоїв канату на барабані;

d – діаметр швартовного канату, м;

n – синхронна частота обертання електродвигуна при номінальному моменті.

Вибраний електродвигун перевіряється по обертальному моменту та умовам міцності швартовного канату та номінальних умов швартовки за наступним нерівністю:

$$\frac{80 \cdot F \cdot (D + 2 \cdot s \cdot d)}{i \cdot \eta} \leq M < \frac{40 \cdot F_p \cdot (D + d)}{i \cdot \eta};$$

де: F_p - зусилля швартовного канату на розрив.

Так як на судні використовуються поліпропіленові швартовні канати, то згідно правилам Регістру загальне зусилля на розрив визначається за виразом:

$$F_p = 0,0742 \sigma_{cp} F_T^{8/9} = 791,5 \text{ кН};$$

де: F_T – мінімальне зусилля швартовного тросу на розрив згідно таблиць постачання суден в Регістрі (618 кН);

σ_{cp} - середнє відносне подовження поліпропіленового канату при розриві (35%).

Значення нерівності буде: $91 \leq 161 < 191$. Отже обраний електродвигун по тяговим характеристикам задовольняє вимогам.

2.2. Розрахунок і вибір комутаційної та захисної апаратури

Вибір автоматичного вимикача, для електродвигуна автоматичної швартовної лебідки здійснюється по номінальному струму двигуна та напрузі живлення.

Для підключення електродвигуна швартовної лебідки в середині щита управління, потужністю 34 кВт, напругою 440 В, та струму 75,5 А, при 150% перевантаженні в режимі керування частотним перетворювачем, використовуємо трифазний автоматичний вимикач АВВ ХТ4Н 160 ТМА 80-800 3р FF, який має максимально допустимий струм 80 А, напруга живлення до 690 В. Він забезпечує захист від перевантаження, та струмів короткого замикання.

Для управління електродвигуном вибираємо частотний привід АВВ ACS880–01–065А–5 з опцією +N5100 (програмне забезпечення для лебідок), загальний вигляд якого представлений на рисунку 2.1. Він дозволяє плавно змінювати частоту обертання асинхронних електродвигунів та має наступні технічні дані [13]:

- Напруга живлення 3 фази 380 - 500 В;
- Частота живлячої мережі 48 - 63 Гц;
- Коефіцієнт потужності $\cos(\varphi)=0,98$;
- ККД - 0,98;

- Максимальний струм на виході 104 А;
- Максимальна потужність 37 кВт;
- Регулювання частоти 0 ± 598 Гц.



Рисунок 2.1 – Загальний вигляд частотного приводу ABB ACS880–01–065A–5.

Привід забезпечує захист електродвигуна від перевантаження, при цьому струм спрацьовування захисту встановлюється програмно, рівним номінальному струму електродвигуна 50,3 А, при налаштуванні приводу.

Максимальна швидкість обертання також встановлюється при налаштуванні програмно, рівною 1800 об/хв, що є номінальною.

Мінімально стійка частота обертання швартовної лебідки визначається технічними даними судна, які відповідають вимогам Регістру. Значення частоти обертання вноситься до пам'яті ПЛС приводу як граничне.

Установка додаткового контактора для відключення електродвигуна від мережі не потрібно, цю функцію виконує інверторний блок приводу, відключаючи керований випрямляч та запираючи вихідні IGBT – транзистори. Але в цьому випадку зберігається гальванічний зв'язок обмотки електродвигуна із мережею, що треба враховувати при обслуговуванні.

Привід має функцію плавного запуску, обмежуючи пусковий струм двигуна не більш двократного, тому установки додаткового струмообмежувального обладнання для запуску непотрібно.

2.3. Вибір та аналіз системи управління судновим автоматизованим приводом.

Управління швидкістю обертання двигуна.

Технологічні режими багатьох виробничих механізмів на різних етапах роботи вимагають руху виконавчого органу з різною швидкістю, щоб забезпечувати або механічним шляхом, або шляхом електричного регулювання швидкості електропривода. Механічні способи регулювання реалізуються за допомогою ступеневої або плавної зміни передаточного числа системи. Вони вимагають введення в кінематичне коло приводу коробок передач, механічних варіаторів та інших пристроїв, що ускладнюють механічну частину електроприводу, знижують його надійність і ускладнюють автоматизацію технологічного процесу. Цих недоліків позбавлений другий шлях – електричне регулювання швидкості електропривода, тому розробці різних способів його реалізації за час розвитку електроприводу приділяється багато уваги. У більшості випадків регулювання швидкості механізму забезпечується завданням різної швидкості двигуна, підтримкою її на заданому рівні, зміною у часі за необхідними законами з певною точністю.

Швартові операції через свою специфіку повинні знаходитися під безперервним контролем (окрім операцій по контролю натягнення швартовного канату, які мають бути автоматизовані). У зв'язку з цим усі системи управління швартовними механізмами повинні передбачати контроль оператором швидкості підтягування і послаблення канату, а також основних режимів роботи. Елементи автоматизації цих механізмів є доповненням до основного принципу контролерного управління.

Завдання регулювання частоти обертання лебідки полягає у виборі оптимального режиму його роботи, відповідного режиму роботи системи. Це може бути досягнуто різними способами. Частоту обертання електродвигуна змінного струму можна регулювати змінами частоти мережі живлення, напругою на затискачах статора і застосуванням багато швидкісних двигунів. На розглянутому на судні встановлений багатошвидкісний двигун з двома окремими обмотками. Регулювання швидкості виконувалося зміною кількості полюсів за рахунок перемикання обмоток статора силовими контакторами. Тобто запуск електродвигуна та зміна його швидкості здійснювались ступенево без забезпечення плавного пуску. Принципова силова схема цього електрприводу та схема підключення обмоток статора представлена на рисунку 2.2. При швартових операціях частота включення і відключення електроприводу дуже велика саме

тому слід розглянути модернізацію системи управління електроприводом, для того щоб отримати вищі показники енергоефективності при його експлуатації.

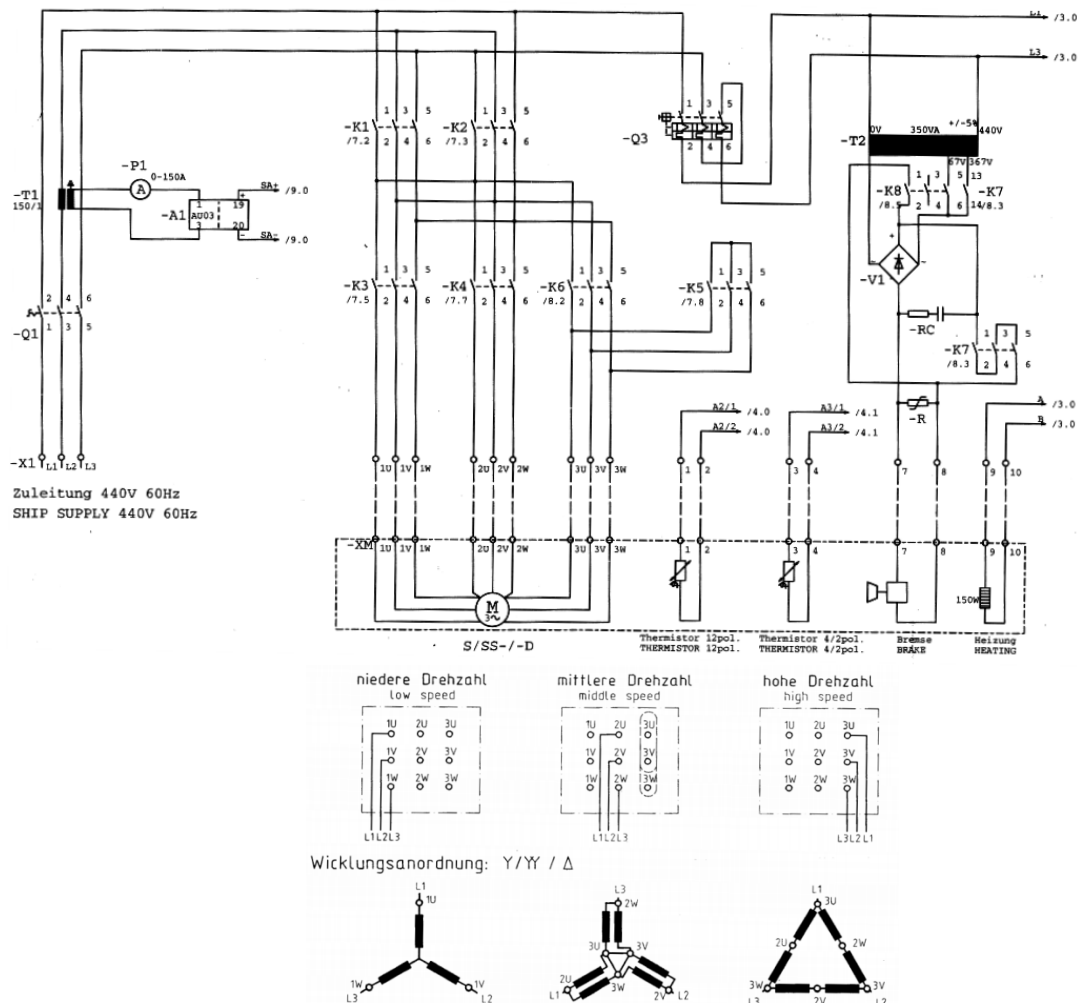


Рисунок 2.2 – Принципова силова схема попереднього електроприводу та схема підключення обмоток статора.

Особливо актуальне використання частото-керованого приводу для автоматичної швартовної лебідки, оскільки при швартовних операціях необхідна різна швидкість вибирання канату. Використання частото-керованого приводу дозволяє раціонально використовувати електроенергію.

Можливість зміни швидкості асинхронного двигуна (АД) при регулюванні частоти f_1 виходить безпосередньо з виразу:

$$\omega_o = 2\pi f_1 / p.$$

З якого видно, що синхронна швидкість АД прямо пропорційна частоті живлячої напруги. При регулюванні частоти виникає також необхідність регулювання напруги джерела живлення. Дійсно, ЕРС обмотки статора АД пропорційна частоті та потоку:

$$E_1 = k\Phi f_1.$$

З приведенного виразу виходить, що при незмінній напрузі джерела живлення U_1 і регулюванні його частоти змінюється магнітний потік АД. Зокрема,

зменшення частоти f_1 приводить до зростання потоку i , як наслідок, до насичення машини і збільшення струму намагнічення, що пов'язане з погіршенням енергетичних показників двигуна, а у ряді випадків і до його неприпустимого нагріву. Збільшення частоти f_1 призводить до зниження потоку двигуна, що при постійному моменті навантаження на валу у відповідності з виразом:

$$M = k\Phi I_2 \cos\varphi_2 ;$$

приводить до зростання струму ротора, тобто до перевантаження його обмоток по струму при недовикористаній потужності. Крім того, з цим пов'язано зниження максимального моменту і перевантажувальної здатності двигуна.

Для якнайкращого використання АД при регулюванні швидкості зміною частоти необхідно регулювати напругу, одночасно у функції частоти і навантаження.

Зазвичай при регулюванні вище основної швидкості частота джерела живлення перевищує номінальну не більше ніж в 1,5 - 2 рази. Вказане обмеження обумовлене перш за все міцністю кріплення обмотки ротора.

Регулювання швидкості вниз від основної, як правило, здійснюється в діапазоні $10 \div 15$. Нижня межа частоти обмежена складністю реалізації джерела живлення з низькою частотою, можливістю нерівномірності обертання та інших чинників. Таким чином, частотне регулювання швидкості АД може здійснюватися в діапазоні $20 \div 30$. Зі всього різноманіття залежностей $M_c(\omega)$ зазвичай використовуються три найбільш поширених типу статичних навантажень і закону частотного регулювання (рис. 2.3):

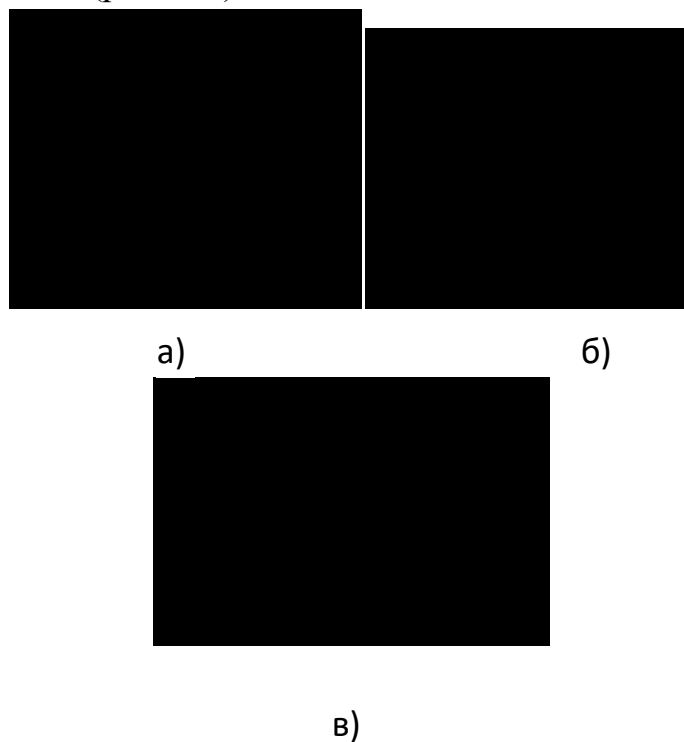


Рисунок 2.3 – Механічні характеристики АД а) при $M_c = \text{const}$; б) при $P_c = \text{const}$; в) при вентиляторному навантаженні.

1) момент статичного навантаження не залежить від швидкості

$$M_c = \text{const}; \text{ закон } - \frac{U_1}{f_1} = \text{const}$$

2) при регулюванні швидкості потужність на валу залишається постійною

$$P_c = \text{const}; \text{ закон } - \frac{U_1}{\sqrt{f_1}} = \text{const}$$

3) ідеалізоване вентиляторне навантаження

$$\frac{U_1}{f_1^2} = \text{const}.$$

Принципова схема автоматичного управління електроприводом та алгоритм роботи представлена в Додатку А.

Управління електродвигуном здійснюється в двох режимах: ручний та автоматичний.

У ручному режимі з двох постів управління (командоконтролерів – КК), які розташовані на швартовній палубі по різних бортам судна. Загальний вигляд комплектного електроприводу представлений на рисунку 2.4. Завдання швидкості обертання і напрямку руху здійснюється за допомогою рухомої рукоятки командоконтролера, три положення швидкості вперед (вибирати швартовний канат), та три положення швидкості назад (травити). На панелі КК знаходяться світлові сигналізації про дозвіл роботи, аварію та роботу в автоматичному режимі, для безпеки роботи встановлена кнопка аварійної зупинки фіксованого типу.

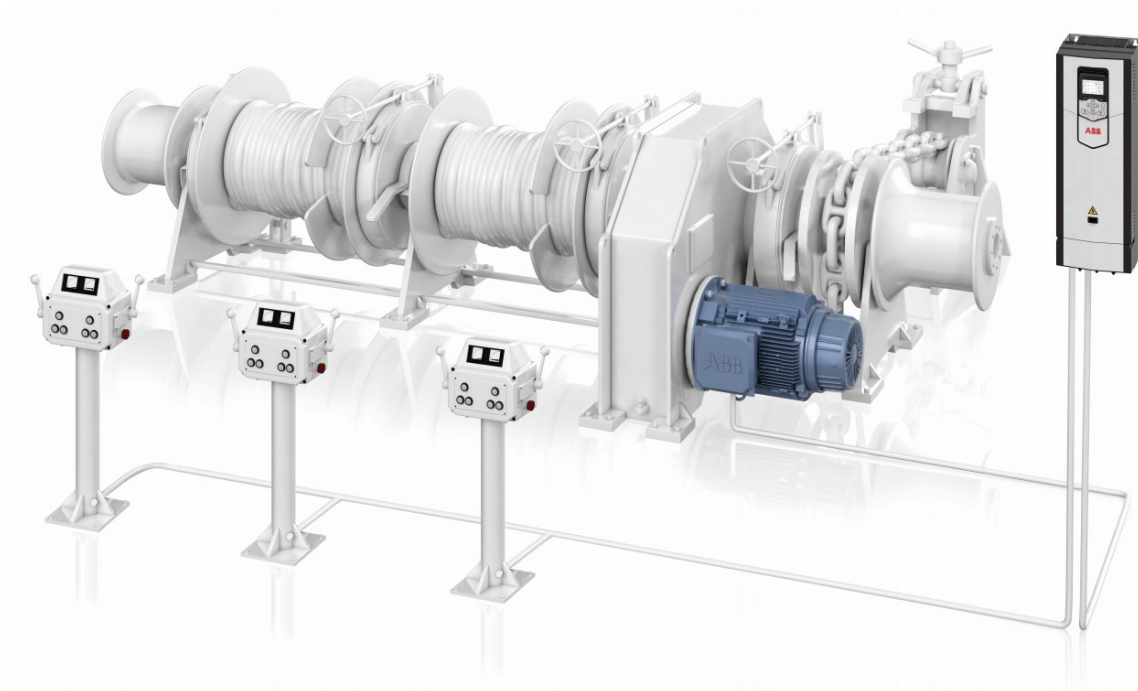


Рисунок 2.4 – Загальний вигляд комплектного електроприводу.

У автоматичному режимі управління швартовною лебідкою керування електроприводом здійснюється частотним приводом відповідно до алгоритму, який запрограмований в пам'яті пристрою. Зворотнім зв'язком для точного

управління електродвигуном є тензорезистор, який встановлений на механічній частині лебідки. Сигналом про стан напруження швартовного канату є аналоговим та складає 4-20 мА. Для активації автоматичного режиму на панелі КК знаходиться двопозиційний перемикач – Ручний/Автомат.

Перед початком роботи зі швартовною лебідкою оператор має обрати необхідний КК та натиснути кнопку дозволу роботи, при цьому необхідною умовою є віджимання кнопок аварійної зупинки на обох КК. Після натискання кнопки дозволу управління S3 (рухома рукоятка S4 має бути тільки в нульовому положенні) подається сигнал до частотного приводу на канал електричного блокування через нормально розімкнутий контакт реле K2, який в свою чергу дає команду через контакт реле K10 на вмикання світлової сигналізації на КК «Готовий». Після цього можливо керувати швартовною лебідкою в ручному режимі або переключити в автоматичний.

При повороті рукоятки КК оператором в положення першого ступеню швидкості вперед спрацьовують реле K3 і K4, а при виборі руху назад спрацьовують реле K3 і K5. Через відповідні контакти цих реле подаються сигнали управляючої напруги на цифрові входи запуску електродвигуна та вибору напрямку руху. При цьому одночасно із запуском двигуна через контакти реле K3 відключається підігрів обмоток статора, а частотний привід через цифровий вихід подає напругу на реле K13, яке в свою чергу через свої контакти подає напругу постійного струму на електромеханічне гальмо і електродвигун вивільняється з під його дії.

Вибір швидкості обертання виконується подачею напруги постійного струму 2-4 В на аналоговий вхід частотного приводу через контакт K3. При повертанні рукоятки на другу ступінь швидкості на аналоговий вхід через контакти реле K6 подається вища управляюча напруга 4-9 В на аналоговий вхід частотного приводу. При максимальній швидкості обертання спрацьовує реле K7, через контакти якого на аналоговий вхід подається напруга 10 В, яка відповідає максимальній швидкості.

Для переведення швартовної лебідки в автоматичний режим необхідно повернути перемикач S5 в положення «Авто». При цьому на панелі КК зникає світлова сигналізація «Готовий» та з'являється «Авто», через контакти реле K11. Переведення в автоматичний режим можливий тільки при нульовому положенні рухомої рукоятки КК. Про це свідчить наявність нормально замкнутого контакту в колі активації автоматичного режиму. В свою чергу в автоматичному режимі неможливо керувати лебідкою в ручному (знеструмлення кола реле K2).

Для безпеки та попередження несанкціонованого запуску на панелі КК встановлена кнопка аварійної зупинки фіксованого типу S2. При її натисканні спрацьовує реле K1, яке своїми контактами розмикає коло катушки силового контактору K14 коло управляючої напруги всієї системи а також коло роз'єму XSTO частотного приводу.

3. РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ (СЕЕС)

3.1 Розрахунок потужності і вибір кількості генераторів суднової електростанції

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. При цьому істотне значення мають кількість і вид вантажу, що перевозиться, швидкість руху, 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 (середнє завантаження);
- 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 $\cos(\varphi)$ і 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 масляного насоса, наведено в таблиці 3.1. Аналогічно проводиться розрахунок для решти споживачів електроенергії на судні. Повна таблиця навантажень приведена в додатку Б.

У графах 1 - 10 таблиці вказані номінальні параметри приймачів електроенергії та їх кількість.

Номінальна споживана потужність $P_{\text{нп}}$ (колонка 9) розраховується шляхом поділу потужності двигуна на його ККД:

$$P_{\text{нс}} = P_{\text{нп}} / \eta$$

У графі 11 вказані умовні позначення графіків роботи приймачів електроенергії в даному режимі експлуатації судна (ходовий).

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

Безперервно працюючими є приймачі, що одноразово включаються, час роботи яких складає 70—100% від тривалості режиму експлуатації судна. Якщо

Таблиця 3.1 – Розрахунок для одного із споживачів в ходовому режимі.

№	Назва механізму	Кількість, n	Номинальні параметри							Ходовий режим						
			P _{нп} , кВт	I, А при U=440 В	cos (φ), %	η, %	Сумарна потужність			Графік роботи	K _з	cos (φ), %	К-сть одноч. прац. m	Сумарна потужність		
							P _{нп} , кВт	Q, кВАр	S, кВА					P _ф , кВт	Q, кВАр	S, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	Головний масляний насос	2	55	88,9	87	93,2	59	33,4	67,8	БП	85	82	1	50,2	35	61,2

тривалість режиму обчислюється цілодобово, то безперервно працюючими є приймачі, час роботи яких складає 17—24 год. на добу.

Періодично працюючими є приймачі, що багато разів включаються, сумарний час роботи яких складає 15—70 % від тривалості режиму, тобто в межах 3,5—17 год. на добу.

Епізодично працюючими є приймачі, які одноразово або багато разів включаються, сумарний час роботи яких менше 15 % від тривалості режиму, тобто менше 3,5 год. на добу.

Потім в кожному режимі по кожному працюючому приймачу в графах 12, 13, 14 розраховуються значення коефіцієнтів завантаження K_з, коефіцієнтів потужності cos φ і вказується 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 називається відношення його фактичної споживаної потужності в даному режимі до номінальної споживаної потужності, вказаної в графі 12, тобто

$$K_z = P_f / P_{np}$$

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

Значення коефіцієнта потужності режиму в графі 13 визначають на підставі кривої рис. 3.1 залежно від коефіцієнта завантаження по графі 12.

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

$$P = P_{np} \cdot K_z \cdot m ;$$

де: P_{нп} – номінальна споживана потужність (графа 9), кВт;

K_з – коефіцієнт завантаження (графа 12);

m – кількість одночасно працюючих споживачів (графа 14).

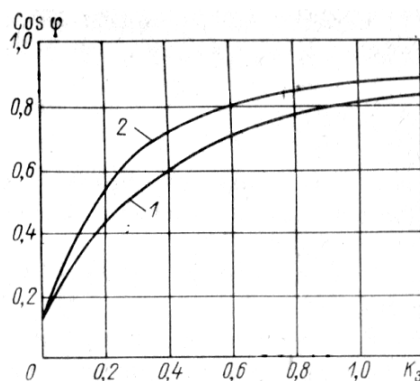


Рисунок 3.1 – Зміна коефіцієнта потужності АД в залежності від коефіцієнта його завантаження. 1, 2 для двигунів потужністю до та більше 10 кВт відповідно.

Значення споживаної реактивної потужності Q (графа 9 і 16) визначають по формулі, кВА:

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

де: P — активна споживана потужність (графа 15), кВт;

$\operatorname{tg} \varphi$ — визначається відповідно до значення $\cos \varphi$ (графа 5 и 13).

Значення повної потужності, кВА, (графа 10 и 17) визначаємо по формулі:

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

де P и Q визначаємо по графах 8, 9 и 15, 16 відповідно.

Після заповнення таблиці шляхом арифметичного складання чисельних значень, вказаних в графах 15 і 16, визначаємо сумарні значення активної P_c і реактивної Q_c потужностей, споживаних приймачами з графіком роботи БП ($P_{\text{бп}}$, $Q_{\text{бп}}$) і з графіком роботи ПП ($P_{\text{пп}}$, $Q_{\text{пп}}$):

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

$$Q_c = Q_{\text{бп}} + Q_{\text{пп}}.$$

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

При визначенні навантаження аварійних генераторів всі приймачі, підключені до АРЩ, згідно Правилам Регістра, вважаються безперервно працюючими з коефіцієнтами завантаження і різночасності, рівними 1,0. Тому сумарна потужність, споживана приймачами, розрахована по графі 15 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 і вірогідність спільної їх роботи в даному експлуатаційному режимі, залежно від співвідношення потужності безперервно і періодично працюючих приймачів, а саме:

- при $P_{\text{бп}} > P_{\text{пп}}$ $K_p = 1,0 - 0,8$;
- при $P_{\text{бп}} = P_{\text{пп}}$ $K_p = 0,8 - 0,7$;
- при $P_{\text{бп}} \ll P_{\text{пп}}$ $K_p = 0,7 - 0,6$.

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

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

$$P_{\text{нз}} = P_p \cdot K_p \cdot K_n$$

$$Q_{\text{нз}} = Q_c \cdot K_p$$

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

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

де K_n — коефіцієнт, що враховує втрату потужності в мережі. Приймаємо рівним 1,04.

Потужність генераторів вибираємо залежно від середньозваженого 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 (маневровий) вона може бути понижена до 50 - 60%.

Попередній вибір генераторів виробляється по навантаженню без урахування епізодичного навантаження. 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 484 кВт фірми HYUNDAI ТИПА HFC7 454-8 (з урахуванням періодично працюючих споживачів).

Як аварійний генератор виберемо генератор потужністю 94 кВт фірми HYUNDAI типу HFC7 280-4.

Технічні дані генераторів HYUNDAI приведені в додатку В.

Нижче приведені таблиці споживаної потужності в різних режимах і кількість обраних генераторів:

Таблиця 3.2 – Режими роботи СЕЕС

Режими роботи судна	Споживана потужність кВт	Генератори	
		У роботі	У резерві
Стоянка з вантажними операціями	792,69	2 основних	1 основний
Маневровий	556,56	2 основних	1 основний
Ходовий	363,49	1 основний	2 основних
Аварійний	73,37	1 аварійний	3 основних

Таблиця 3.3 – Паспортні дані вибраних генераторів

К-ть	Генератор	Тип	Полюси	Потужність кВт	Потужність кВА	Частота обертання об/хв	Напруга В	Струм А	Частота Hz	Cos(φ)
3	Основний	HFC7 454-8	8	484	605	900	450	860	60,0	0,8
1	Аварійний	HFC7 280-4	4	94,4	118	1800	450	167	60,0	0,8

Вибрані 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 Регістру.

3.2 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 (простота конструкції, менші маса, габарити, висока надійність) в порівнянні з постійним струмом. Досвід проектування показує, що для великих транспортних суден (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 постійна 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 [7] розробляємо схему ГРЩ і АРЩ.

ГРЩ складається з наступних секцій:

- секція управління;
- генераторна секція;
- фідерні секції;
- 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 генераторні панелі справа, третя – зліва від секції управління. Там розташовані прилади управління і захисту генераторів, та прилади індикації основних параметрів.

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 фідерну панель 220 В. 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-груповою система розподілу електроенергії. Найвідповідальніші і могутніші споживачі одержують живлення від ГРЩ, а не відповідальні від групових розподільних пристроїв, які живляться 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 (СП №1)

1. №1 Підкачувальний насос палива, 1,5 кВт
2. №1 Циркуляційний насос палива, 3,7 кВт;
3. №1 Головний масляний насос, 55 кВт;

4. №1 Масляний насос дейдвуда, 0,75 кВт;
5. №1 Масляний насос ДГ№1, 0,9 кВт;
6. №1 Масляний насос ДГ№3, 0,9 кВт;
7. №1 Насос охолодження прісною водою, 11 кВт;
8. Допоміжний насос охолодження забортною водою, 15 кВт;
9. №1 Пожежний насос, 30 кВт;
10. №1 Живлячий насос котла водою, 5,5 кВт;
11. №1 Нагнітач повітря ГД, 35,5 кВт;
12. Витяжний вентилятор сепараторної, 0,2 кВт;

№1 ФІДЕРНА ПАНЕЛЬ (ФП №1)

1. Групова стартерна панель (ГСП) №1, сепаратори;
2. Групова стартерна панель (ГСП) №3, нижня палуба МВ правий борт;
3. Групова стартерна панель (ГСП) №5, механізми МВ;
4. Групова стартерна панель (ГСП) №7, провізійна рефустановка;
5. Групова стартерна панель (ГСП) №9, вентиляція надбудови;
6. Групова стартерна панель (ГСП) №11, механізми носової палуби;
7. №1 Основний сервісний трансформатор, 45 кВА, 450/230;
8. Розподільчий щит (РЩ) №1, котел;
9. Розподільчий щит (РЩ) №3, баластний насос (резервний насос охолодження забортною водою), 55 кВт;
10. Розподільчий щит (РЩ) №5, палубний кран №1, 125 кВт;
11. Розподільчий щит (РЩ) №7, палубний кран №3, 125 кВт.
12. Аварійний розподільчий щит (АРЩ);

№2 ФІДЕРНА ПАНЕЛЬ (ФП №2)

1. Групова стартерна панель (ГСП) №2, сепаратори;
2. Групова стартерна панель (ГСП) №4, нижня палуба МВ правий борт;
3. Групова стартерна панель (ГСП) №6, друга лівий МВ;
4. Групова стартерна панель (ГСП) №8, механізми кормової палуби;
5. №2 Основний сервісний трансформатор, 45 кВА, 450/230.
6. Розподільчий щит (РЩ) №2, камбузне устаткування 440 В;
7. Розподільчий щит (РЩ) №4, майстерня МВ;
8. Розподільчий щит (РЩ) №6, установка кондиціювання;
9. Розподільчий щит (РЩ) №8, №2 баластний насос, 55 кВт;
10. Розподільчий щит (РЩ) №10, №2 рульова машина, 11 кВт;
11. Розподільчий щит (РЩ) №12, палубний кран №2, 125 кВт;
12. Розподільчий щит (РЩ) №14, палубний кран №4, 125 кВт;

№2 СТАРТЕРНА ПАНЕЛЬ (СП №2)

1. №2 Підкачувальний насос палива, 1,5 кВт;
2. №2 Циркуляційний насос палива, 3,7 кВт;
3. №2 Масляний насос дейдвуда, 0,75 кВт;

4. №2 Головний масляний насос, 55 кВт;
5. №2 Масляний насос ДГ№2, 0,9 кВт;
6. Підкачувальний насос палива котла, 0,4 кВт;
7. №2 Насос охолодження прісною водою, 11 кВт;
8. Головний насос охолодження забортною водою, 37 кВт;
9. №2 Пожежний насос, 30 кВт;
10. №2 Живлячий насос котла водою, 5,5 кВт;
11. №2 Нагнітач повітря ГД, 35,5 кВт;
12. №2 Вентиляція машинного відділення, 11 кВт;
13. №2 Компресор пускового повітря, 37 кВт.

З фідерної панелі 440 В ГРЩ через знижувальні трансформатори №1 або №2 450/230, 45 кВА, одержують живлення:

1. Розподільний щит (РЩ220) №1, освітлення МВ;
2. Розподільний щит (РЩ220) № 2, освітлення МВ;
3. Розподільний щит (РЩ220) №3, освітлення на баку та кормі;
4. Розподільний щит (РЩ220) №4, освітлення головної палуби;
5. Розподільний щит (РЩ220) №5, освітлення палуби А;
6. Розподільний щит (РЩ220) №6, освітлення палуби В;
7. Розподільний щит (РЩ220) №7, освітлення палуби С;
8. Розподільний щит (РЩ220) №8, освітлення палубних кранів;
9. Розподільний щит (РЩ220) №9, камбузне устаткування;
10. Розподільний щит (РЩ220) №10, устаткування пральні;
11. Консоль ЦПУ ;
12. ГРЩ;
13. Навігаційне устаткування;
14. 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. Автомати оснащені максимальними роз'єднувачами струму для захисту від перевантаження, відключаючою котушкою для дистанційного керування автоматом, реле зворотної потужності. Сигнальні лампи сигналізують про положення автомата генератора, вимірювальні трансформатори струму і напруги забезпечують роботу контрольно-вимірювальних приладів. На панелях встановлені кнопки управління приводом серводвигуна для управління частотою і навантаженням генераторів, амперметри з перемикачами на 3 положення для контролю фазних струмів, вольтметри, частотоміри з додатковими пристроями, ватметри для контролю навантаження генераторів, амперметри і вольтметри постійного струму для контролю

параметрів збудження, плата із запобіжниками для захисту контрольно-вимірювальної апаратури і апаратури управління.

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.

Нижче приведений список споживачів, підключених до групових стартерних панелей, розподільчих щитів та щитів управління:

ГСП №1, 440В

- 1.1. №1 Сепаратор палива, 5,5 кВт;
- 1.2. Перекачувальний насос палива, 11 кВт;
- 1.3. Сепаратор масла, 5,5 кВт;
- 1.4. Живлячий насос сепаратора масла, 0,75 кВт;
- 1.5. Насос зміни масла, 2,2 кВт.

ГСП №2, 440В

- 2.1. №2 Сепаратор палива, 5,5 кВт;
- 2.2. Перекачувальний насос дизельного палива, 2,2 кВт;
- 2.3. Сепаратор масла ДГ, 1,5 кВт;
- 2.4. Живлячий насос сепаратора масла ДГ, 0,75 кВт.

ГСП №3, 440В

- 3.1. Насос хімічної очистки охолодженого повітря, 2,2 кВт;
- 3.2. Перекачувальний насос масла, 2,2 кВт;
- 3.3. Насос дистильованої води, 0,8 кВт;
- 3.4. Ежекторний насос опріснювача, 5,5 кВт.

ГСП №4, 440В

- 4.1. Осушний насос, 1,5 кВт;
- 4.2. Шламовий насос, 1,5 кВт;
- 4.3. Валоповоротний пристрій, 2,2 кВт;
- 4.4. Вакуумна фекальна машина, 2,3 кВт.

ГСП №5, 440В

- 5.1. Інсеніратор, 3,7 кВт;
- 5.2. Кондиціонер ЦПУ, 3,7 кВт;
- 5.3. Кондиціонер ЦПУ, 0,8 кВт;
- 5.4. Вентиляція румпельного приміщення, 0,2 кВт.

ГСП №6, 440В

- 6.1. №1 Насос гідрофора, 3,7 кВт;
- 6.2. №2 Насос гідрофора, 3,7 кВт;
- 6.3. Насос питної води, 3,7 кВт;
- 6.4. Циркуляційний насос гарячої води, 0,4 кВт.

ГСП №7, 440В

- 7.1. №1 Провізійний рефкомпресор, 3,7 кВт;
- 7.2. №2 Провізійний рефкомпресор, 3,7 кВт;
- 7.3. Вентилятор провізійної рефустановки, 3х0,05 кВт.

ГСП №8, 440В

- 8.1 Щит управління (ЩУ) №2 Брашпіль №2, 45 кВт;
- 8.2 Щит управління (ЩУ) №2 Швартовна лебідка №2, 34 кВт.

ГСП №9, 440В

- 9.1. №1 Вентиляція камбузу, 0,4 кВт;
- 9.2. №2 Вентиляція камбузу, 0,75 кВт;
- 9.3. №3 Вентиляція камбузу, 0,2 кВт;
- 9.4. Вентиляція провізійної кладової, 0,2 кВт;
- 9.5. Електричний нагрівач, 2 кВт;
- 9.6. Кондиціонер камбузу, 3,7 кВт;
- 9.7. Трапова лебідка (лівий борт), 1,5 кВт;
- 9.8. Трапова лебідка (правий борт), 1,5 кВт;
- 9.9. Лебідка рятувального катеру, 18 кВт;
- 9.10. Лебідка рятувальної шлюпки, 3,7 кВт;
- 9.11 Провізійна кран-балка, 5,5 кВт;
- 9.12 Провізійна кран-балка (допоміжна), 1,5 кВт.

ГСП №11, 440В

- 11.1 №1 Гідравлічний насос трюмних кришок, 22 кВт;
- 11.2 №2 Гідравлічний насос трюмних кришок, 22 кВт;
- 11.3 №1 Брашпіль, 45 кВт;
- 11.4 №1 Швартовна лебідка, 34 кВт;

РІЦ №1, 440В

- 1.1 Топочний пристрій котла, 2,2 кВт;
- 1.2 Нагрівач палива котла, 4 кВт.

РІЦ №2, 440В

- 2.1 Подрібнювач відходів, 2,2 кВт;
- 2.2 Електрична плита, 23 кВт;
- 2.3 Електричний бойлер, 5 кВт.

РІЦ №4, 440В

- 4.1 Токарний станок, 2,2 кВт;
- 4.2 Шліфувальний станок, 0,75 кВт;

- 4.3 Кран машинного відділення, 2,2 кВт;
 - 4.4 Шліфувальний станок, 0,8 кВт;
 - 4.5 Електрозварювальний апарат, 15 кВт.
- РЩ №6, 440В
- 6.1 Компресор кондиціонера, 22 кВт;
 - 6.2 Вентилятор кондиціонера, 11 кВт.

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 підключаючими 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[7]:

440 В АВАРІЙНА ФІДЕРНА ПАНЕЛЬ (АРЩ)

1. №2 Рульова машина, 11 кВт;
2. №2 Компресор пускового повітря, 30 кВт;
3. Аварійний пожежний насос, 30 кВт;
4. №2 Вентиляція МВ, 11 кВт;
5. Підкачувальний насос ДП, 1,5 кВт;
6. №1 Аварійний трансформатор 450/230 В, 35 кВА;
7. №2 Аварійний трансформатор 450/230В, 35 кВА;
8. Аварійна розподільча панель та зарядний пристрій акумуляторних батарей 24 В;

220 В АВАРІЙНА ФІДЕРНА ПАНЕЛЬ (АРЩ)

1. Навігаційне устаткування;
2. Устаткування радіозв'язку;
3. Навігаційні вогні;
4. Аварійне освітлення ;
5. Автоматика МВ;
6. Система попередження та сигналізації (AMS) МВ;
7. Головна консоль ЦПУ МВ;
8. Система пожежної і авральної тривоги;
9. Система виявлення пожежі;

Аварійна розподільча панель на судні знаходиться на палубі навігаційного мостика. Вона отримує живлення від акумуляторних батарей при аварійному випадку (знеструмлення судна). При нормальних режимах роботи судна вона одержує живлення від зарядного пристрою, який отримує живлення безпосередньо від фідерної панелі АРЩ 440 В. Споживачі, що отримують живлення від цієї панелі приведені нижче:

1. Навігаційне і устаткування радіозв'язку;
2. Навігаційні і відмітні вогні;
3. Автоматика МВ
4. Система попередження та сигналізації (AMS) МВ
5. Автоматика ГРЩ і АРЩ;
6. Мале аварійне освітлення;
7. Системи суднового зв'язку;
8. Система авральної тривоги;
9. Система виявлення пожежі;

Згідно вимогам Регістра [7] ємність 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 якій 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 розподільчі 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, групових СП (GSP) і груповим РЩ (DB). Групові СП та РЩ здійснюють розподіл електроенергії серед групи однакових або близьких за призначенням споживачів. Фідери призначені для передачі електроенергії між двома будь-якими розподільчими щитами або між розподільчим 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 розташовуються якомога ближче до приймачів електроенергії.

Основні траси кабелів прокладаються по бортах судна з переходом по перегородках і підволоку 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 кріпляться 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 вибирати найкоротші шляхи, по можливості, прямолінійні і доступні для огляду.

Передача електроенергії споживачам здійснюється по трипровідної системі з ізольованою нейтраллю, оскільки вона більш безпечна. З'єднання фази на корпус судна не є коротким замиканням. Параметри генераторних автоматів приведені в додатку Д

На підставі номінального струму генераторів як генераторні вимикачі **B1, B2, B3** обираємо автоматичні вимикачі ABB серії SACE Emax2 (E1.2B 1000 Ekip Dip LSIG 3p WMP) з номінальним струмом автомата 1000 А, номінальним струмом комбінованого роз'єднувача 1000 А і гранично допустимим ударним струмом КЗ 42 кА.

Для аварійного генератора як генераторний автомат вибираємо автоматичний вимикач ABB серії SACE Emax2 (E1.2N 250 Ekip Dip LSIG 3p WMP) з номінальним струмом автомата 250 А, номінальним струмом комбінованого роз'єднувача 250 А і гранично допустимим ударним струмом КЗ 50 кА. Зовнішній вигляд генераторного автомата SACE Emax2 E1.2 представлений на рисунку 3.2.

Таблиця 3.4 – Таблиця вибраних генераторних автоматів.

Генератор	Автоматичний вимикач	Ном. Струм $I_{\text{ном}}, \text{А}$	Струм $K.3 I_{\text{к.з.}}, \text{А}$
Г1	SACE Emax2 E1.2 B 1000	1000	42000
Г2	SACE Emax2 E1.2 B 1000	1000	42000
Г3	SACE Emax2 E1.2 B 1000	1000	42000
АДГ	SACE Emax2 E1.2 N 250	250	50000

Для захисту СЕЕС та 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.



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд генераторного автомата SACE Emax2 E1.2. (AOR-1S-AS)

Дана модель автомату є викатного типу, для можливості періодичного технічного обслуговування. Вона оснащена роз'єднувачами захисту типу Екір Dір, інтерфейс якого виконаний у вигляді діп-перемикачів на передній панелі автомата. Також автомат оснащений функціями самодіагностики та тестування. Зовнішній вигляд переднього інтерфейсу представлений на рисунку 3.3.

Функція захисту L забезпечує захист від перевантажень, функція S – селективний захист від короткого замикання (з короткочасною витримкою), функція I – миттєвий захист від короткого замикання, функція G – захист від короткого замикання на землю.

Для дистанційного керування і моніторингу автомату по мережі RS-485, він додатково оснащується модулями Ekip Com та Ekip Com Actuator. Зв'язок здійснюється по протоколам промислових мереж.

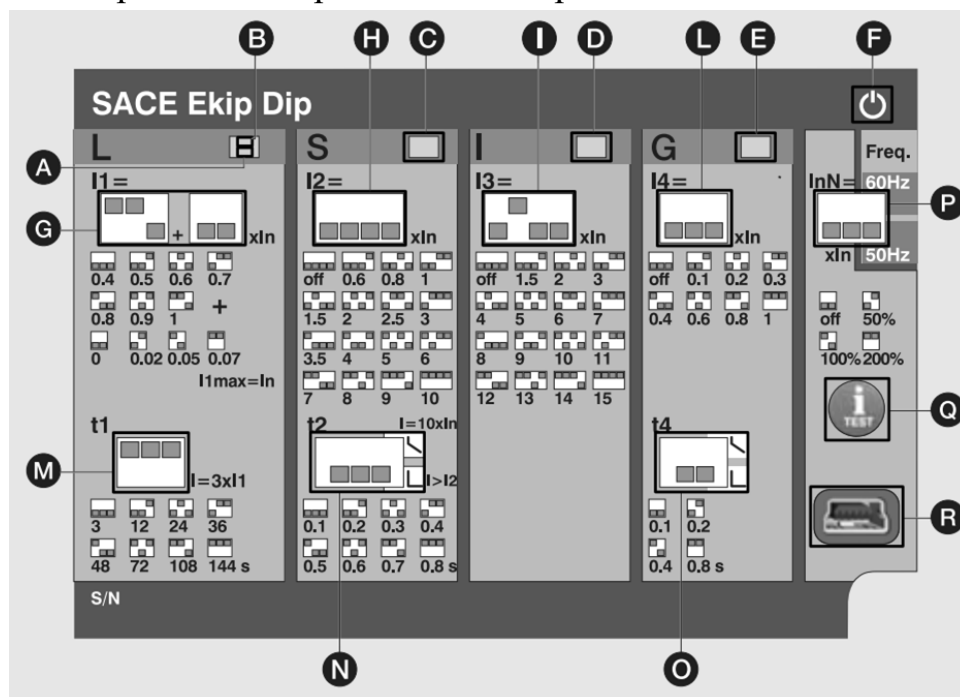


Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд переднього інтерфейсу генераторного автомату.

Світлова індикація: А-аварійний стан функції захисту L; В-передаварійний стан функції захисту L; С-аварійний стан функції захисту S; D-аварійний стан функції захисту I; Е-аварійний стан функції захисту G; F-індикатор живлення. Органи управління визначення уставок: G-захисту L; Н-захисту I; I-захисту I; L-захисту G; Органи управління визначення затримки часу: М-захисту L; N-захисту S; О-захисту G. Р-визначення нейтралі та частоти. Q–тестова кнопка. R–тестовий роз'єм.

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

Суднові електричні кабелі типу 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 жил: від 1 до 10;
- номінальний перетин жили: від 1,5 до 300 мм² ;

- номінальна напруга: 0,6/1 кВ;
- максимальна температура: 90°C.

Кабель ТРҮС(У) застосовується для передачі електроенергії в суднових силових ланцюгах напругою 0,6/1кВ при закріпленій прокладці в приміщеннях і на відкритих палубах суден 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 статорну обмотку основного генератора потужністю 484 кВт та номінальною напругою 450 В з ГРЩ, розрахунковий струм визначають по формулі:

$$I_{GN} = \frac{P_{GN} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{GN} \cdot \cos \varphi_N};$$

$$I_{GN} = \frac{484 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 450 \cdot 0,8} = 777,14 \text{ A.}$$

Для кабелів, які з'єднують окремі споживачі з РЩ

$$I = \frac{P \cdot k_z}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \eta \cdot \cos \varphi};$$

де k_z - коефіцієнт завантаження споживача.

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

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

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

$\Sigma I_p = I_{p1} + I_{p2} + \dots + I_{pn}$ - сумарний реактивний струм.

Робочий струм кабелю генератора приймаємо рівним номінальному струму генераторного автомата (1000 А).

Вибираємо кабелі марки ТРПС (Y) 3*100 (200 А на кабель) – всі кабелі з'єднуємо паралельно, отримаємо 5 кабелів. Загальний перетин 5 кабелів буде рівне 500 мм².

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, які з'єднують генератори з ГРЩ або АРЩ - 1 %;
- між збірними шинами ГРЩ або АРЩ та будь-якою точкою - 6 %;
- для споживачів, які отримують живлення від батарей до 50 В -10 %.

Втрата напруги в лінії визначається за наступним виразом:

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

де L – довжина кабелю, км;

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

$L = 27 \text{ м} = 0,027 \text{ км}$;

$I = I_{\text{га}} = 1600 \text{ А}$;

$\cos\varphi = 0,8$; $\sin\varphi = 0,6$; $r = 0,196 \text{ Ом/км}$; $x = 0,0922 \text{ Ом/км}$;

Враховуючи, що кабелі з'єднані паралельно $n = 5$ одержимо:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 1000 \cdot 0,027 \cdot (0,196 \cdot 0,8 + 0,0922 \cdot 0,6)}{450 \cdot 5} \cdot 100 = 0,441\%;$$

Втрата напруги генератора лежить в межах допустимих норм.

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:

$$U_n \geq U_{\text{роб}}, I_n \geq I_{\text{роб}};$$

де $U_n, U_{\text{роб}}, I_n, I_{\text{роб}}$ – номінальні і робочі для даної схеми включення значення напруги і струму.

Автоматичні вимикачі вибираємо по струмах, які розраховуємо по формулі:

$$I_{ab} \geq k_0 \cdot \sum I_i + k \cdot I_n;$$

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

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 розподільчих 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;
- враховуються 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, паралельно працюючих в даному режимі.

Розрахунок виконується по методиці визначення періодичної складової струму короткого замикання в залежності від усього опору кола 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.3.5.

Початкові дані для розрахунку:

3 генератори G1, G2, G3 з однаковими технічними даними:

$$S_{H1}=605 \text{ кВА}; U_H=450 \text{ В}; I_H=860; x_d'' = 0,11 \text{ Ом}; r_a = 0,013 \text{ Ом};$$

Складаємо розрахункову схему (рис.3.4) 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:

$$S_6 = 3 \cdot 605 = 1815 \text{ кВА}; U_6 = 450 \text{ В};$$

$$I_6 = (1000 \cdot 1815) / (\sqrt{3} \cdot 450) = 2331,41 \text{ А}.$$

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

Активні:

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_a \cdot \frac{S_6 \cdot 1000}{U_6^2} = 0,013 \cdot \frac{1815 \cdot 1000}{450^2} = 0,117 \text{ Ом};$$

Реактивні:

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_d'' \cdot \frac{S_6}{S_H} = 0,11 \cdot \frac{1815}{605} = 0,33 \text{ Ом};$$

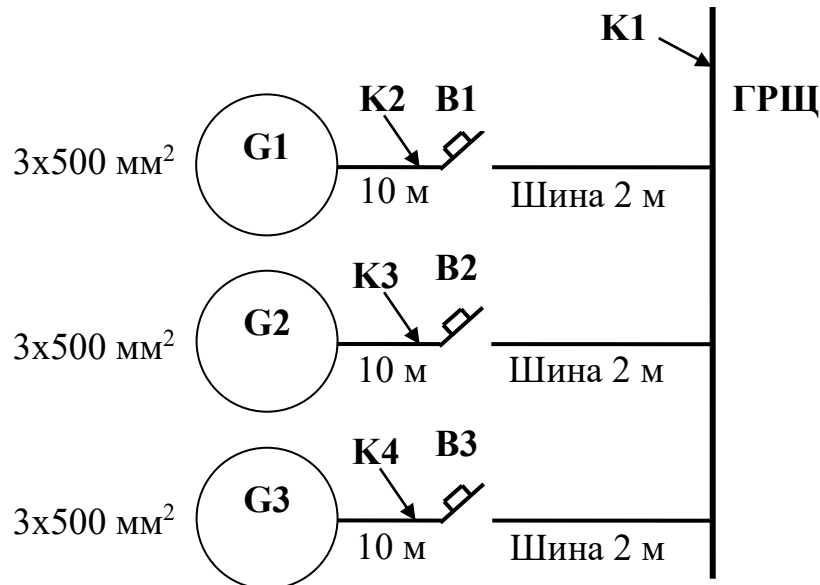


Рисунок 3.4 – Розрахунок струмів короткого замикання генераторів.

Опори кабелю ТРҮС(Y) -100 (3x100) складають: активне $r = 0,196 \text{ Ом/км}$, індуктивне $x = 0,0922 \text{ Ом/км}$. Опори 5-ти паралельно прокладених кабелів завдовжки 10 м (приймається точка короткого замикання на відстані 10 м від ГРЩ) рівні:

активний :

$$r_k = \frac{0,196}{1000} \cdot 10 \cdot \frac{1}{5} = 3,92 \cdot 10^{-4} \text{ Ом};$$

індуктивний:

$$x_k = \frac{0,0922}{1000} \cdot 10 \cdot \frac{1}{5} = 1,844 \cdot 10^{-4} \text{ Ом}.$$

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

Тоді загальний опір кабелю і шин буде:

$$r_5 = (3,92 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4}) \cdot \frac{1815 \cdot 1000}{450^2} = 0,0053 \text{ Ом};$$

$$x_5 = (1,844 \cdot 10^{-4} + 1 \cdot 10^{-4}) \cdot \frac{1815 \cdot 1000}{450^2} = 0,0026 \text{ Ом};$$

Загальний опір трьох однакових генераторних променів

$$r_6 = r_1 + r_5 = 0,117 + 0,0053 = 0,122 \text{ Ом};$$

$$x_6 = x_1 + x_5 = 0,33 + 0,0026 = 0,333 \text{ Ом};$$

Опори решти двух променів будуть рівні першому.

Для визначення еквівалентного опору трьох генераторних променів скористаємося комплексною формою їх запису:

$$Z_6 = r_6 + jx_6 = 0,122 + j0,333 \text{ Ом};$$

$$Z_7 = r_7 + jx_7 = 0,122 + j0,333 \text{ Ом};$$

$$Z_8 = r_8 + jx_8 = 0,122 + j0,333 \text{ Ом};$$

$$Z_9 = \frac{Z_6 Z_7 Z_8}{Z_6 Z_7 + Z_7 Z_8 + Z_6 Z_8} = \frac{-0,039 - j0,022}{-0,288 + j0,243} = 0,041 + j0,111 \text{ Ом};$$

Звільнилося від комплексного числа в знаменнику множенням дробу на зв'язаний комплекс знаменника.

$$r_9 = 0,041 \text{ Ом}; \quad x_9 = 0,111 \text{ Ом};$$

$$Z_9 = \sqrt{r_9^2 + x_9^2} = 0,118 \text{ Ом};$$

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 $Z_{10} = 0,118$ визначаємо: $I_0 = 6,2$; $I_{0,01} = 5,2$; $I_{0,25} = 3,7$; $I_\infty = 3,5$.

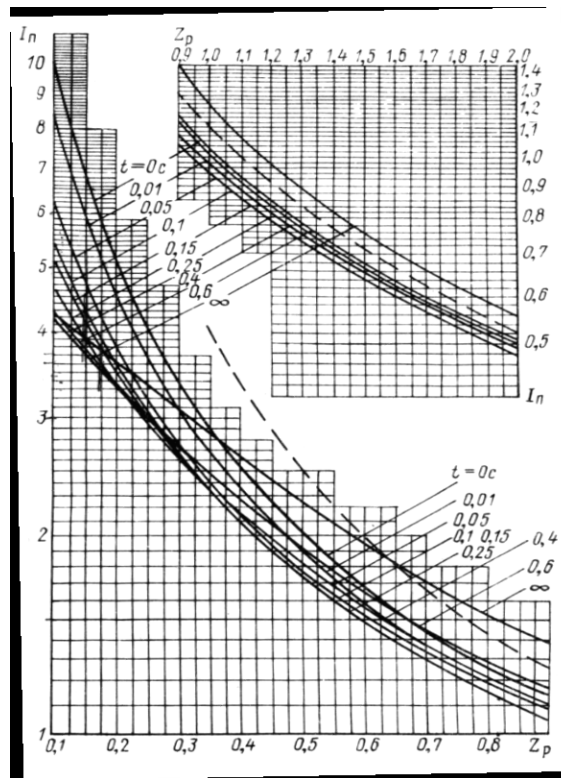


Рисунок 3.5 – Розрахункові криві для визначення періодичної складової струму КЗ СЕЕС залежно від результуючого опору кола КЗ і часу.

Відношенню $x_9/r_9 = 0,111 / 0,041 = 2,7$ відповідає ударний коефіцієнт $K_{уд} = 1,3$ (Рис. 3.6) (рисунок 9.4, [7]):

$$I_{уд.г} = \sqrt{2} \cdot I_6 \cdot (I_{0,01} + I_0 \cdot [K_{уд} - 1]) = 23208,25 \text{ А};$$

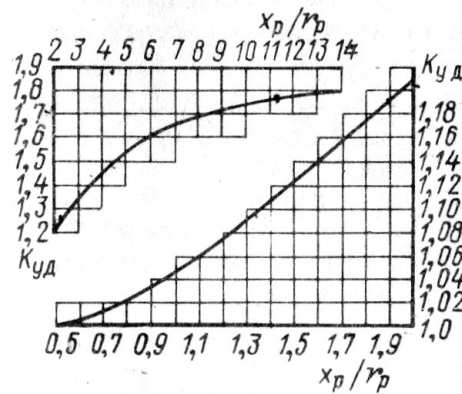


Рисунок 3.6 – Залежність ударного коефіцієнта $K_{уд}$ відношення x_{10}/r_{10} .

При короткому замиканні в точці К1, $\Delta U = 0$. Тоді додатковий струм, створюваний електродвигунами в точці К3 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:

$$Z_d = \frac{1}{5} \cdot \frac{S_6}{S_H} = 0,2 \cdot \frac{1815}{0,75 \cdot 1815} = 0,266 \text{ Ом};$$

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

Струм підживлення двигунів:

$$i_{уд.д} = \sqrt{2} \cdot I_6 \cdot I_d = \sqrt{2} \cdot 2331,41 \cdot 3,38 = 11144,24 \text{ А};$$

Ударний струм в точці К1 буде рівний сумі:

$$i_{уд} = i_{уд.д} + i_{уд.г} = 23208,25 + 11144,24 = 34352,5 \text{ А}.$$

На підставі набутого значення ударного струму К3 можна зробити попередні висновки про те, наскільки всі фідерні автоматичні вимикачі, встановлені на ГРЩ, задовольняють вимогам по динамічній стійкості. По одержаному струму К3 в точці К1 повинні бути перевірені на динамічну стійкість збірні шини ГРЩ.

Для перевірки генераторних автоматичних вимикачів В1, В2, В3 і В4 необхідно визначити струми К3 в точках К2, К3, К4. Орієнтовно ударні струми К3 в точках рівні:

$$i_{удг} = i_{уд} \cdot \frac{S_Г}{I_6} + i_{уд.д} = 34352,5 \cdot \frac{605}{2331,41} + 11144,24 = 20058,7 \text{ А};$$

Що менше струмів динамічної стійкості вимикачів В1, В2, В3.

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 К3.

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

$$I_{розр} = \sum P_{гi} / 2\sqrt{3} U_H \cos \varphi_H ;$$

$$I_{розр} = (1000 \cdot 3 \cdot 484)/(2 \cdot \sqrt{3} \cdot 450 \cdot 0,8) = 1165,7 \text{ А}.$$

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 0,5 с. Допустиму напругу для мідних шин при динамічних загрузках приймають рівним 14000 Н/см², а максимально допустиму (короткочасну) температуру - 300° С.

Вибираємо мідні шини перетином 60×8 мм з робочим струмом 1273 А кожна. Встановлюємо шини на відстані 100 мм.

$$h = 60 \text{ мм} = 6,0 \text{ см}, \quad b = 8 \text{ мм} = 0,8 \text{ см}, \quad a = 100 \text{ мм} = 10 \text{ см}.$$

Визначаємо значення виразів:

$$\frac{a-b}{h+b} = \frac{100-8}{60+8} = 1,35 \quad \frac{b}{h} = \frac{8}{60} = 0,13$$

На підставі кривих рисунок 3.7 (рисунок 7.4 [14]) визначаємо значення коефіцієнта форми $K_\phi = 0,94$.

Момент опору шин прямокутного перетину визначаємо по формулі:

$$W = \frac{b^2 \cdot h}{6} = \frac{0,8^2 \cdot 6}{6} = 0,64 \text{ см}^3;$$

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

$$f = K \cdot K_\phi \cdot i_{\text{КЗ}}^2 \cdot \frac{1}{a} \cdot 10^{-7} = 1,76 \cdot 0,94 \cdot 34352,5^2 \cdot \frac{1}{10} \cdot 10^{-7} = 19,52 \text{ Н/см}$$

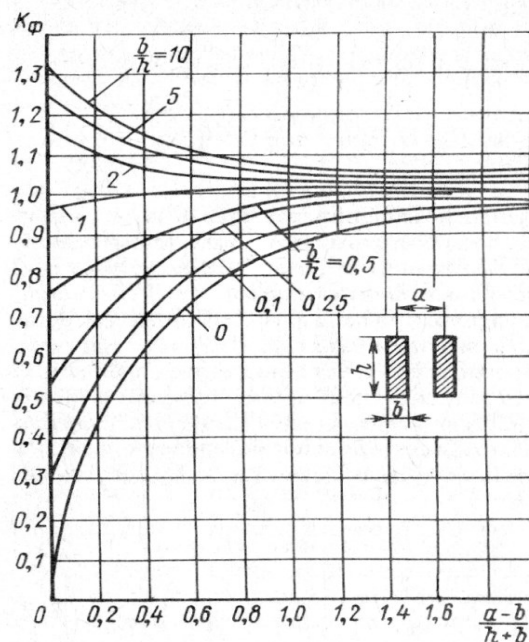


Рисунок 3.7 – Криві для визначення коефіцієнта форми.

Найбільше допустиме значення прольоту між опорами шин:

$$l_{\text{max}} = \sqrt{\frac{10 \cdot \sigma_{\text{доп}} \cdot W}{f}} = 67,75 \text{ см};$$

Приймаємо 50 см.

При довжині секції ГРЩ 50 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 $A_n=1,7 \cdot 10^4$.

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

$$A_k = A_n + \frac{I_{K3}^2}{S^2} \cdot t_{\phi}$$

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

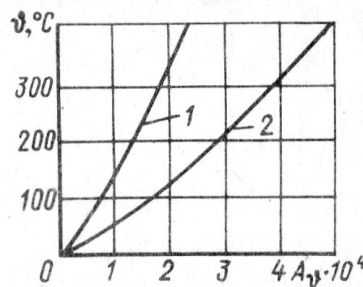


Рисунок 3.8 – Криві для визначення температури нагрівання струмопроводів.
1- для алюмінію, 2 – для міді.

$$A_k = 1,7 \cdot 10^4 + \frac{34352,5^2}{(60 \cdot 8)^2} \cdot 2 = 2,724 \cdot 10^4$$

$$A_k = 1,7 \cdot 10^4 + \frac{40101,04^2}{(100 \cdot 16)^2} \cdot 2 = 1,826 \cdot 10^4$$

Згідно кривим на рисунку 3.8 значенню $A_n=1,826 \cdot 10^4$ відповідає температура приблизно рівна 200°C , що менше 300°C . У зв'язку з цим вважаємо що шини задовольняють термічній стійкості з 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 короткозамкнутих двигунів. Відсутність колектору дає можливість запускати їх без пускових реостатів, використовуючи прості схеми пуску. Проте, пусковий струм в процесі розгону таких двигунів в 5-7 разів перевищує номінальний. Якщо потужність електродвигуна складає, наприклад 30%, від потужності синхронного генератора, то у момент пуску струм двигуна до номінального струму генератора складатиме 150-200%. При накиданні 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 гідравлічного насосу палубного крану:

- Потужність: 125 кВт;
- $\cos \varphi$: 0,86
- Повна потужність: 145 кВА
- ККД: 0,92
- Номінальний струм: 207 А
- Кратність пускового струму (номінальна): 6,7
- Метод пуску: переключення зірка-трикутник, кратність пускового струму

знижується до 3,5.

Генератор:

- Потужність 605 кВА
- $\cos \varphi$: 0,8
- Номінальний струм: 860 А
- Надперехідний індуктивний опір обмотки статора синхронного генератора по поздовжній осі: $x_d'' = 0,11$
- Перехідний індуктивний опір обмотки статора синхронного генератора по поздовжній осі: $x_d' = 0,21$
- Синхронний індуктивний опір обмотки статора синхронного генератора по поздовжній осі: $x_d = 0,98$
- Постійна часу обмотки ротора при розімкненій обмотці статора: $\tau_{d0}' = 1,7$

Спочатку розрахуємо потужність, споживану при пуску даного двигуна:

$$P_n = \sqrt{3} \cdot \frac{U}{1000} \cdot I_n \cdot K_n \cdot \cos \varphi;$$

де: U – напруга двигуна;

I_n – номінальний струм;

K_n – кратність пускового струму двигуна.

$$P_n = \sqrt{3} \cdot \frac{450}{1000} \cdot 207 \cdot 3,5 \cdot 0,86 = 486 \text{ кВт}$$

Оскільки потужність при пуску такого насоса більше потужності одного генератора то для роботи палубними кранами необхідно запускати не менше двох генераторів одночасно ($2 \times 484 = 968$ кВт). Розрахунок провалу напруги виконаємо при двох працюючих однакових генераторах. Тоді їх загальні опори будуть рівні:

$$x_d'' = 0,055, \quad x_d' = 0,105, \quad x_d = 0,49, \quad \tau_{d0}' = 0,85.$$

Визначимо реактивний опір двигуна:

$$x_d = \frac{S_{ng}}{K_n \cdot S_{nd}} \left(\frac{U_{nd}}{U_{ng}} \right)^2 ;$$

де: S_{ng}, U_{ng} - номінальні потужність і напруга генератора;

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

K_n – кратність пускового струму двигуна.

$$x_d = \frac{1210}{3,5 \cdot 145} \left(\frac{450}{450} \right)^2 = 2,38;$$

Початкова напруга:

$$U_{поч} = \frac{x_d}{x_d + x'_d} = \frac{2,38}{2,38 + 0,105} = 0,96;$$

Става напруга:

$$U_{уст} = \frac{x_d}{x_d + x_d} = \frac{2,38}{2,38 + 0,49} = 0,83;$$

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

$$\tau'_d = \tau'_{d0} \cdot \frac{x_d + x'_d}{x_d + x_d} = 0,85 \cdot \frac{2,38 + 0,105}{2,38 + 0,49} = 0,74;$$

Час досягнення мінімального значення напруги для генераторів з самозбудженням:

$$t_{min} = \tau'_d \cdot 2,3 \cdot \ln \left(\frac{U_{поч} - U_{уст}}{K_2 \cdot K \cdot \tau'_d} + 1 \right)$$

$$t_{min} = 1,702 \cdot \ln \left(\frac{0,96 - 0,83}{0,83 \cdot 20 \cdot 0,74} + 1 \right) = 0,018 \text{ с.}$$

Значення мінімальної напруги:

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

$$U_{min} = 0,83 + 0,127 + 0,83 \cdot 20 \cdot 0,00024 = 0,961.$$

Максимальний провал напруги:

$$\Delta U_{max} = (1 - U_{min}) \cdot 100\% = (1 - 0,961) \cdot 100 = 3,9\%.$$

Як бачимо, падіння напруги невелике 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:

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

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

$k_{п}$ - поправочний коефіцієнт, враховуючий кількість жил в кабелю;

$k_{реж}$ - поправочний коефіцієнт, враховуючий режим роботи живленого споживача електроенергії;

$k_{т^{\circ}}$ - поправочний коефіцієнт, враховуючий температуру навколишнього середовища; $k_{пр}$ - 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, $k_{п}=0,7$ для трьохжильного кабелю, $k_{реж}=1,3$ для ПВ 40% при $I_1=59$ А, $k_{т}=1$ для температури 45°C $k_{пр}=0,85$ для випадку коли доступ повітря утруднений, у нашому випадку прокладка кабелю проходить у кабельній трасі:

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

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

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

де: ΔU падіння напруги, %;

l - довжина лінії, м.;

$I_{розр}$ - розрахунковий струм споживача, А;

$\gamma = 48$ м/(Ом-мм²), питома провідність міді ;

U_n - номінальна напруга кола, В;

s - переріз струмопровідних жил, мм².

Визначимо падіння напруги для вибраного кабелю.: $s=45$ мм², $U_n=450$ В, $I_{роз.}= 85,085$ А, $l=270$ 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 6%.

3.7 Вибір системи збудження синхронних генераторів.

Для обраних генераторів вибираємо систему збудження THYRIPART. Даними системами збудження оснащуються генератори HYUNDAI серійного виготовлення починаючи з моделей типорозміру 300 та вище. Типорозмір обраного генератора в дипломній роботі 454. Існує три модифікації систем збудження THYRIPART – 6 GA 2490, 6GA 2491 та 6GA 2492. Обираємо модель 6GA 2491, яка буде встановлюватися в генераторній панелі ГРЩ. Вона відрізняється від моделі 2492 тільки тим, що в останій моделі силовий модуль об'єднаний з основним, і АРН призначений тільки для встановлення на генераторі, у верхній його частині. Загальний вигляд АРН 6GA 2491 представлений на рисунку 3.9.

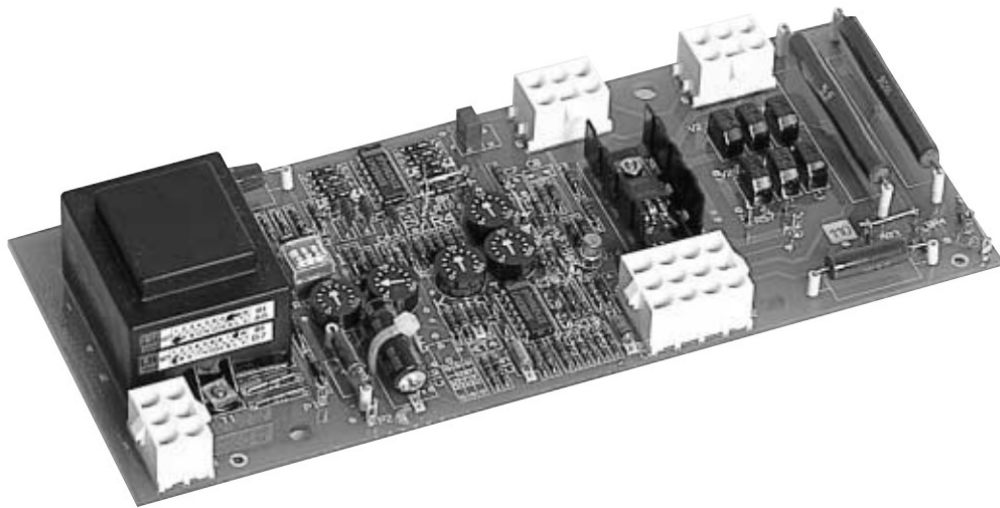


Рисунок 3.9 – Загальний вигляд АРН 6GA 2491.

Автоматичний регулятор THYRIPART є тиристорним. Блок-схема даного АРН разом із підключеним до неї силовим модулем представлена на рисунку 3.10.

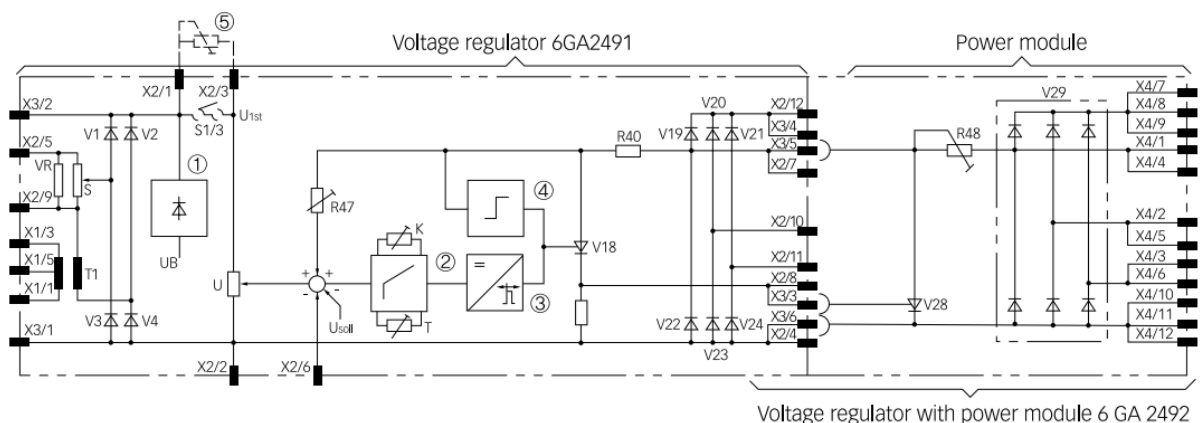


Рисунок 3.10 – Блок-схема автоматичного регулятора THYRIPART 6GA 2491.

Автоматичний регулятор складається з наступних елементів:

- Потенціометр уставки номінальної напруги генератора – U ;
- Компаратор – U_{soll} ;
- Потенціометр уставки часового інтервалу – T ;
- Потенціометр регулювання реактивної потужності при паралельній роботі – S ;
- Потенціометр коефіцієнту підсилення – K ;
- Потенціометр лінії зворотнього зв'язку із компаратором – $R47$;
- Силовий випрямляч обмотки збудження збуджувача – $V29$;
- Силовий тиристор управління колом збудження – $V28$;
- Трансформатор напруги живлення регулятора – $T1$;
- Діодний міст живлення – 1 ;
- Підсилювач керуючої напруги – 2 ;
- Блок формування імпульсів – 3 ;
- Блок захисту перевищення напруги – 4 ;
- Зовнішній потенціометр коректування напруги збудження – 5 ;

Тиристорний регулятор, через понижувальний трансформатор напруги $T9$, отримує напругу від синхронного генератора через роз'єми $X1/1$ і $X1/3$. Ця напруга понижується трансформатором $T1$ і випрямляється на діодному мосту $V1$ - $V4$. В колі випрямлення знаходиться потенціометр уставки номінальної напруги U . Ця випрямлена напруга забезпечує регулятор живленням діодний міст 1 (рис. 3.10), також вона є сигналом номінальної напруги для компаратора U_{soll} . Якщо до роз'ємів $X2/1$ та $X2/3$ АРН підключений зовнішній коректор напруги 5 , то дільник $S1/3$ на регуляторі ставиться в положення вимкнено. Опір потенціометру $КН$ має бути $4,7$ кОм, потужність більше ніж 1 Вт.

Після компаратора сигнал поступає на вхід підсилювача керуючої напруги 2 , в якому коефіцієнт підсилення корегується потенціометром K , і далі до блоку формування імпульсів, який здійснює управління кутом відкриття тиристорів $V18$ та $V28$. Інтервал формування імпульсів корегується потенціометром T . Потенціометром $R47$, встановленим в лінію прямого зв'язку із колом збудження та компаратором, корегуються значення напруги в динамічному режимі роботи генератора. Таким чином при повертанні регуляторів потенціометрів K та $R47$ у бік зменшення значень, а регулятора потенціометра T у бік збільшення значень, забезпечується стабілізація управляючої напруги та зменшення ступеня регулювання номінальної напруги.

вторична обмотка якого з'єднана із вторичними обмотками трансформаторів струму. Ці трансформатори розроблені таким чином, щоб отримати струм збудження, необхідний генератору для вироблення номінальної напруги на холостому ходу і під навантаженням. Вторичні обмотки трансформаторів напруги та струму мають фіксовані виводи. Ці виводи призначені для генераторів різної потужності та забезпечення різних струмів збудження. Принципова схема збудження генератора в цілому представлена в додадку Е.

Реактор змінного струму L1 під'єднується на фазні клеми паралельно обмотці статора генератора і призначений для зміщення вектора струму холостого ходу відносно напруги генератора на кут, рівний приблизно 90° у бік відставання.

Конденсатори C1, C2, C3, які ретельно підібрані для виникнення резонансу в колі реактора змінного струму. При цих умовах на струм збудження в генераторі практично не впливають зміни значень опору при підвищенні температури в ланцюзі збудження.

При паралельній роботі генераторів використовується компенсація реактивної потужності за допомогою подачі напруги від трансформатора току T4 до навантажувального резистора VR через роз'єми X2/5 та X2/9 регулятора. В цьому випадку сигналом номінальної напруги для компаратора є компонований сигнал від вторичної обмотки трансформатора T1 та навантажувального резистора. Принципова схема підключення АРН паралельно працюючих генераторів представлена на рисунку 3.12.

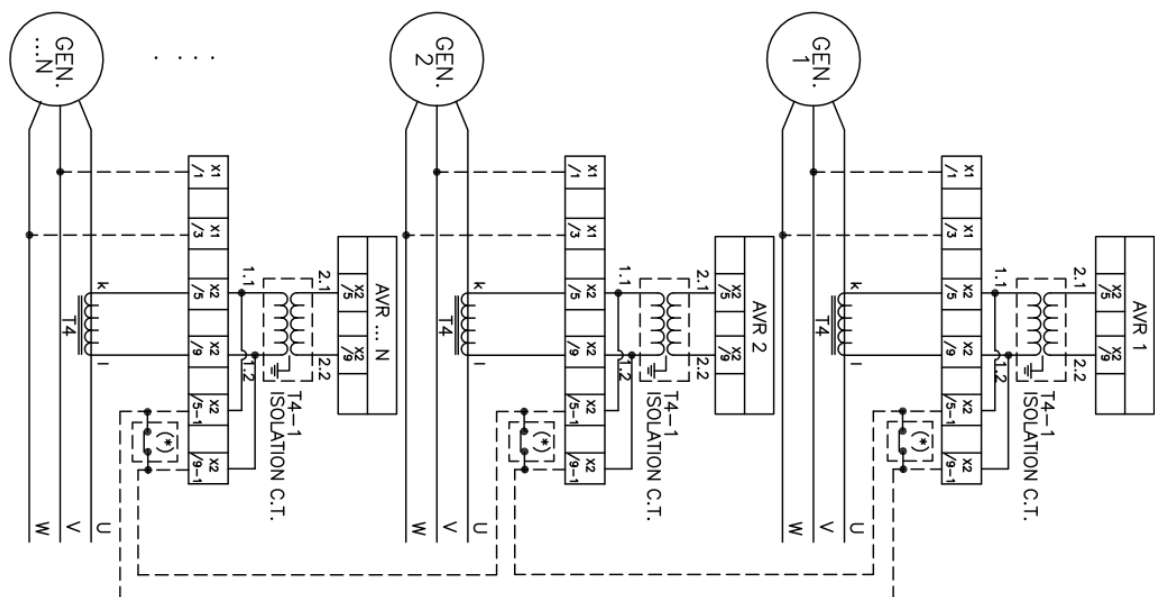


Рисунок 3.12 – Принципова схема підключення АРН паралельно працюючих генераторів.

Нормально замкнутий контакт підключений до роз'ємів X2/5-1 та X2/9-1 – це контакт генераторного автомату, який розмикається при підключенні генератора

на шини ГРЩ. Паралельне з'єднання ланцюгів паралельної роботи забезпечує рівномірний розподіл реактивного навантаження і зменшує напругу генератора в прямій пропорції до збільшення реактивного струму.

Активна потужність генератора регулюється за рахунок регулювання швидкості обертання первинного двигуна. Швидкісна характеристика первинного двигуна має бути лінійною і статизм повинен складати від 3% до 5% при напрузі холостого ходу генератора та номінальному навантаженні.

Реактивну потужність, вимірювану трансформатором струму Т4 в ланцюзі паралельної роботи, можна регулювати за допомогою потенціометра S контролера так, щоб номінальна напруга генератора не змінювалась при $\cos \varphi = 1$, а при $\cos \varphi = 0$ змінювалась до 4 % (рис.3.13). Відповідна зміна напруги при номінальному $\cos \varphi = 0,8$ складатиме 2,4 %. При одиночній роботі генератора в колі компенсації реактивної потужності немає необхідності.

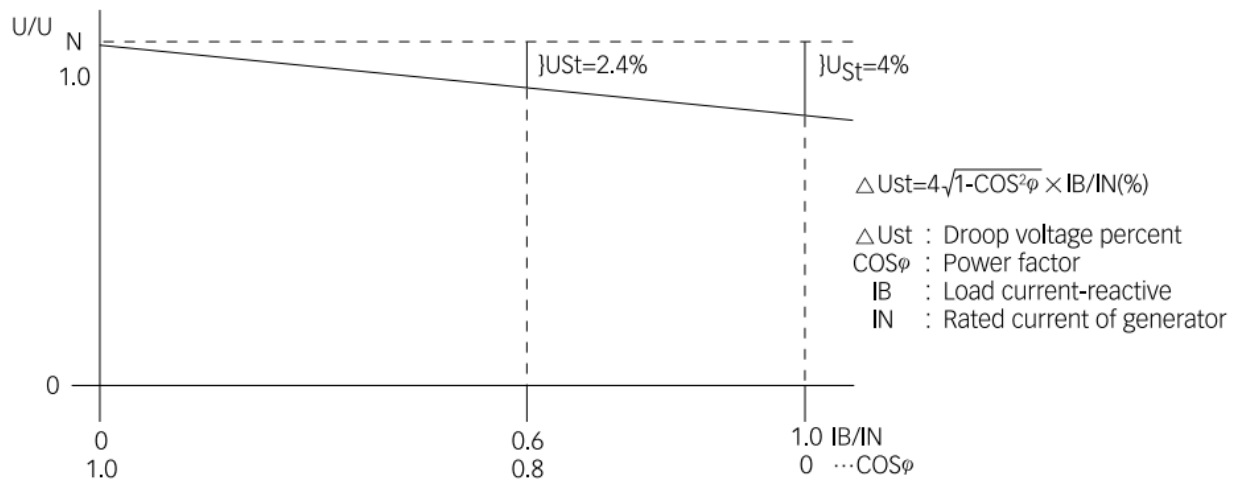


Рисунок 3.13 – Крива падіння номінальної напруги при регулюванні реактивної потужності потенціометром S при паралельній роботі генераторів.

Система збудження і автоматичного регулювання напруги THYRIPART безщіткових синхронних генераторів HYUNDAI забезпечує точність регулювання приблизно $\pm 1\%$. Проте, для паралельної роботи з метою підвищення стабільності при розподілі реактивного навантаження, генератори відрегульовані так, щоб напруга не могла знизитися на $\pm 2,4\%$ при номінальних значеннях навантаження і коефіцієнті потужності $\cos \varphi = 0,8$ за наявності ланцюга паралельної роботи в схемі АРН.

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

3.8.1 Система автоматизації СЕЕС «Synpol D» фірми «ABB»

Synpol D є компактним пристроєм автоматичного управління і контролю дизель – генераторних (ДГ) агрегатів [14]. Для управління електроенергетичною системою в цілому, в ньому передбачена система управління потужністю (СУП, PMS-Power Management System), що забезпечує автоматичне підключення і відключення резерву потужності. Система пристроїв Synpol D в СЕЕС будується за модульним типом і не вимагає управління від центральної системи вищого рівня. Кожна генераторна панель обладнується одним контролером, тобто усі панелі обладнуються ідентично. Усі пристрої Synpol D зв'язуються між собою інформаційною шиною (CAN - BUS). При виході з ладу одного з контролерів інші продовжують працювати. Усі основні функції СУП закладені в кожному пристрої Synpol D. Таким чином, подібна система дозволяє незалежну від інших паралельно включених агрегатів роботу джерел живлення із збереженням управління і контролю (модульно – незалежна система).

На фронтальній стороні кожної генераторної панелі встановлюється системний процесорний блок Synpol D, який виконує функції управління ДГ. На передній панелі цього блоку розташовані елементи цифрової індикації для усіх найбільш важливих параметрів, які реалізовані на великих семи-сегментних індикаторах зеленого кольору (рис. 3.13). Контролюються при цьому напруга, струм, потужність, частота і коефіцієнт потужності генератора.

Додатково здійснюються аналогова індикація струму і потужності за допомогою лінійних шкал, що вказують поточне значення контрольованих параметрів зеленим кольором при зміні в межах 100% номінальних величин і червоним кольором – при перевищенні 100%-ої відмітки. Нижче розташований великий буквено-цифровий дисплей, на який виводиться розширена інформація, що включає:

- 1) статус агрегату;
- 2) вимірювальні дані генератора;
- 3) індикацію несправностей при перевищенні установок;
- 4) індикацію стану електроенергетичної установки при роботі СУП;
- 5) індикацію параметрів, що вводяться, і уставок в режимі програмування;
- 6) індикацію статусу внутрішнього обчислення.

Крім того на фронтальній панелі знаходиться кнопкове поле, за допомогою якого можуть бути введені усі дані. Деякі кнопки служать для управління ДГ.



Рисунок 3.13 – Передня панель системного блоку Synpol D.

Пристрій Synpol D побудований на базі декількох мікроконтролерів, які взаємно контролюють роботу один одного. Контроль найбільш важливих функцій здійснюється за двоканальним принципом, причому другий канал працює незалежно від програмного управління. Захист від КЗ працює паралельно з мікроконтролером і продовжує функціонувати навіть при зникненні живлення приладу. На задній стороні системного блоку Synpol D розташовані штирьові роз'єми, які є інтерфейсом для підключення термінальних плат (ТП). Екранований кабель, який з'єднує ТП з системним блоком, повинен заземлятися з двох сторін. ТП монтуються в генераторній панелі ГРЩ, і через клемні колодки з'єднуються із системою управління.

Використовуються наступні ТП:

- 1) СМА 131 - ТП підключення генератора;
- 2) СМА 132 - ТП допоміжних реле для підключення генератора;
- 3) СМА 133 - ТП дифференціального захисту і КЗ на корпус;
- 4) СМА 134 - ТП набору резисторів;
- 5) СМА 135 - ТП управління і контролю дизеля;
- 6) СМА 136 - ТП послідовного інтерфейсу (комунікаційна ТП);
- 7) СМА 137 - ТП додаткових функцій;
- 8) СМА 138 - ТП спеціального управління.

Розглянемо найбільш важливі функції Synpol D:

- Захист від КЗ, функціонує також при зникненні напруги живлення приладу;
- Селективне відключення несправного генератора;

- Триступінчатий захист від перевантаження шляхом визначення струму перевантаження;
- Захист від зворотної потужності;
- Трьохступеневе відключення другорядних споживачів при перевантаженні, зниженій частоті і перевищенні допустимої величини струму;
- Синхронізація генератора при включенні на шини ГРЩ;
- Автоматична підгонка частоти дизель-генератора до частоти на шинах;
- Контроль підвищеної і зниженої напруги;
- Контроль підвищеної і зниженої частоти;
- Контроль на обрив ланцюга трансформаторів струму;
- Захист від асиметричності струмів;
- Захист від асиметричності напруги;
- Вимір реактивної і повної потужності;
- Виведення усіх основних параметрів у вигляді нормованих сигналів ($\pm 10\text{В}$, 4-20мА, $\pm 20\text{мА}$);
- Безперервне запам'ятовування і індикація усіх відмикаючих функцій;
- Живлення котушки мінімальної напруги роз'єднувача генераторного автомата (постійного струму) з утриманням її при провалах напруги.
- Диференціальний захист з адаптованою по струму лінією спрацьовування і контроль мінімальної різниці при роботі генератора на холостому ходу;
- Контроль замикання на корпус з виявленням несправної фази і контролем мінімальної різниці при роботі генератора на холостому ходу;
- Лічильники для наступних величин:
 - а) час роботи агрегату в годинах;
 - б) активної енергії в кВт·год;
 - с) реактивної енергії КВАр·год;
 - д) число пусків ДГ;
 - е) число включень автоматичного вимикача генератора (АВГ).
- Розподіл активного навантаження з регулюванням частоти декількох мереж (при роботі з секційними вимикачами);
- Регулювання коефіцієнта потужності в комбінації з регулюванням напруги декількох мереж (при використанні секційних вимикачів);
- Зниження навантаження генератора перед його вимкненням;

- Асиметричний розподіл навантаження із заданим коефіцієнтом пропорційності (наприклад, при паралельній роботі валогенератора або ДГ меншої потужності);
- Асиметричне регулювання коефіцієнта потужності із заданим коефіцієнтом пропорційності (наприклад, для берегових електростанцій);
- Відповідна автоматична зміна усіх уставок спрацьовування і параметрів регулювання навантаження при використанні функції управління електростанцією з частотою (робота валогенератора), що плавно змінюється;
- Пуск/зупинка і попереднє навантаження ДГ здійснюються по каналах з потужністю виходу 40А при живленні 24В;
- Гальванічна розв'язка вхідних і вихідних сигналів через оптоелектронні пари;
- Гальванічна розв'язка 24В живлення від ДГ;
- Можливість виміру частоти обертання ДГ за допомогою тахогенераторів або імпульсних датчиків з контролем правильності вимірюваної величини;
- Можливість обробки 8 сигналів несправності з контролем на обрив ланцюга датчиків і вільною установкою логіки виходів, тимчасових затримок, а також найменувань несправностей, що виводяться на дисплей;
- Контроль на обрив ланцюгів пуску і останову ДГ;
- Застосування стандартного інтерфейсу для взаємної комунікації декількох приладів і передачі інформаційних сигналів, що управляють, від зовнішніх пристроїв (RS 485, RS 422, RS 232).

Кнопки панелі управління дозволяють виконувати як деякі функції управління агрегатом, так і програмування пристрою. Нижче наведено детальний опис основних кнопок управління. За допомогою кнопок Shift1 та Shift2 можна розширювати функції окремих кнопок, причому при спільному використанні кнопок Shift з іншими кнопками, першою натискається кнопка Shift і утримується до виконання необхідної функції. MAN і AUTOM (ручний і автоматичний). За допомогою кнопок Man (Manual) або Autom (Automatic) можна вибрати режим роботи.

MAN – у ручному режимі усі функції автоматичного управління, такі, як: дистанційний пуск і зупинка, пуск залежний від навантаження або пуск наступного ДГ при несправності працюючого ДГ, також як пуск після блэкаута відключаються. При пуску ДГ в ручному режимі протікають усі фази процесу запуску з відповідним контролем як і в автоматичному режимі, проте підключення генераторного автомата не контролюється. Це дозволяє

обслуговуючому персоналу тримати агрегат на холостому ході. Для цього, правда, необхідно відключити команду включення автомата на ГРЩ. Функції контролю параметрів ДГ: тиск масла, температура води, що охолоджує, та ін.

AUTOM – у автоматичному режимі роботи активуються усі функції зовнішньої дії, до них відносяться: дистанційний пуск і зупинка, пуск залежно від завантаження електростанції, "Пуск наступного ДГ" при несправності працюючого агрегату, а також пуск після блэкаута. Після закінчення процесу пуску здійснюється контроль за підключенням генераторного автомата. Режим автоматики може бути включений тільки у тому випадку, якщо не зареєстровано ніякої несправності і поданий включаючий сигнал на вхід AUTOMATIC ON. Цей контакт передбачений для того, щоб усі ланцюги на ГРЩ були включені таким чином, що після запуску ДГ, міг бути включений генераторний автомат. Таким чином, якщо агрегат знаходиться в автоматичному режимі, має бути повна упевненість в тому, що в аварійній ситуації станеться його запуск і підключення автомата генератора. Для цього контролюється, також, чи не розірваний електричний ланцюг пускового магніта. У разі, якщо на вході AUTOMATIC ON немає сигналу, вмикається ручний режим роботи.

START – при дії на цю кнопку ДГ запускається. На дисплеї здійснюється індикація процесу виконання всіх фаз пуску, часова діаграма яких приведена на рисунку 3.14.

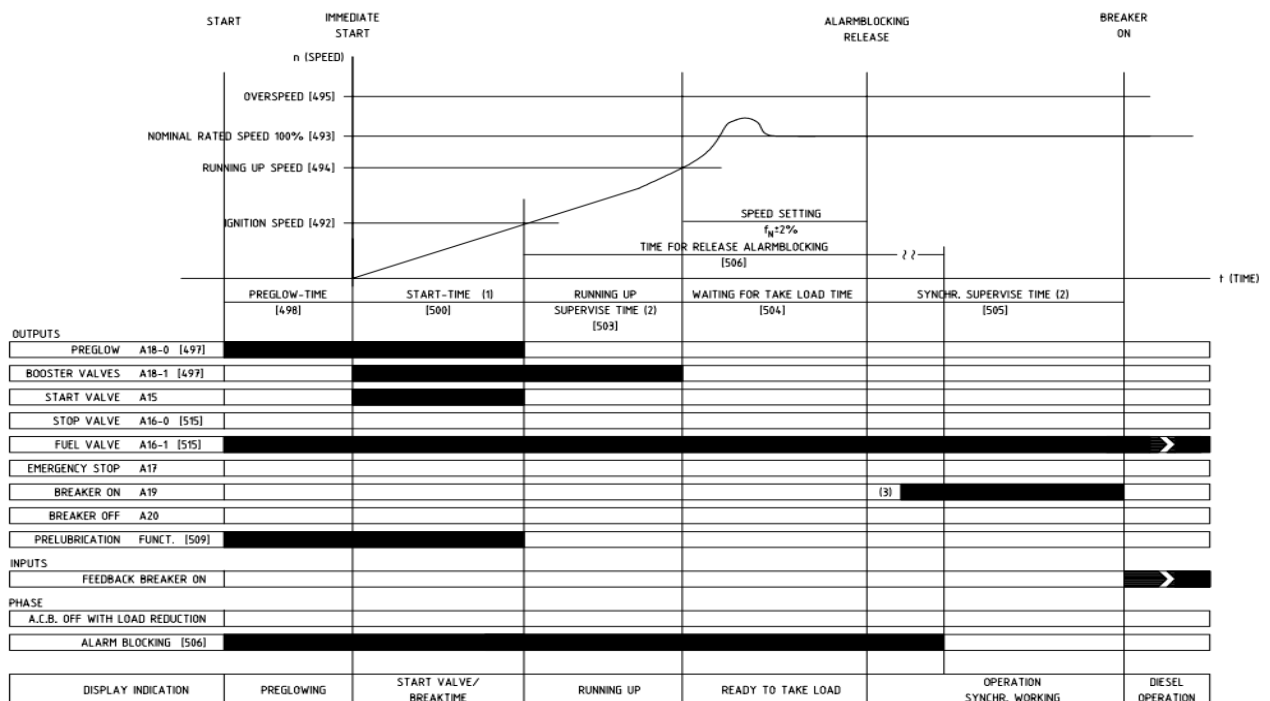


Рисунок 3.14 – Часова діаграма процесу пуску в автоматичному режимі.

Дія на кнопку START можливо також при працюючому агрегаті, що знаходиться, наприклад, в процесі зупинки, при цьому дизель переводиться в режим пуску, який завершується включенням автоматичного вимикача генератора. Електромагніт пуску спрацьовує тільки у тому випадку, якщо агрегат зупинений. Таким чином, дію на кнопку START означає проведення через фазу пуску включення АВГ.

IMMEDIATE START – екстрений пуск. Натиснути кнопки Shift 1 і Start. Виконується негайний пуск. Запрограмований інтервал на попереднє змащування ДГ пропускається.

STOP – при натисненні на цю кнопку ДГ зупиняється в нормальному режимі, відпрацьовуються усі фази процесу зупинки (рис 3.15), такі, як виключення генераторного автомата, холостий пробіг ДГ для охолодження. Помилково введений або автоматично викликаний процес зупинки може бути скасований при дії на кнопку START. При зупинці агрегату по сигналу несправності процес зупинки перервати неможливо.

IMMEDIATE STOP – екстрена зупинка. Натиснути кнопки Shift 1 і Stop. Виконується негайна зупинка ДГ. Без зтримки відключається генераторний автомат і збуджується стоп-магніт. Якщо окрім стоп-магніта використовується стоп-заслонка, вона також вмикається негайно. Подібна зупинка реалізується також при реєстрації сигналу несправності пріоритету 1.

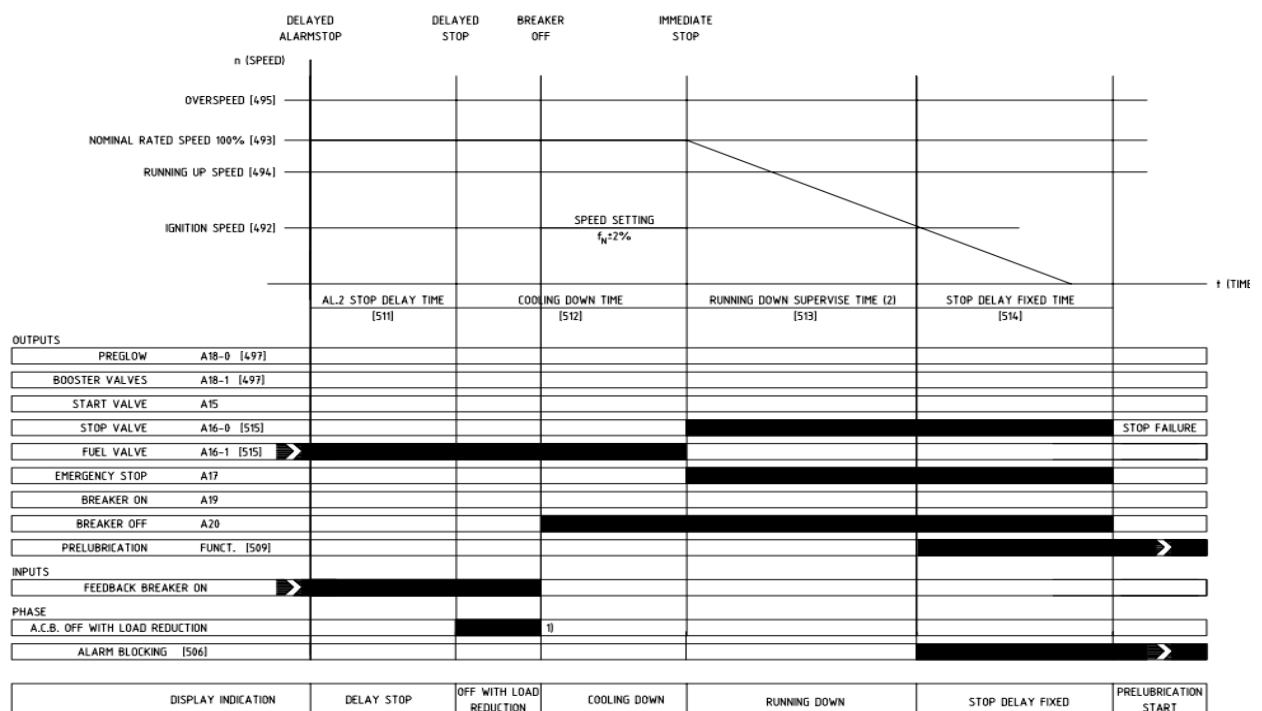


Рисунок 3.15 – Часова діаграма процесу зупинки в автоматичному режимі.

3.8.2 Система управління потужністю (СУП, PMS-Power Management System)

PM-система Synpol D управляє і координує роботу агрегатів, що паралельно працюють на шини, у функції навантаження. Synpol D може управляти від 1 до 4 незалежними одна від однієї мережами (NET 0-3). Алгоритм процесів автоматичного пуску і зупинки дизель-генераторних агрегатів при включеній системі управління потужністю представлений на рис. 3.16.

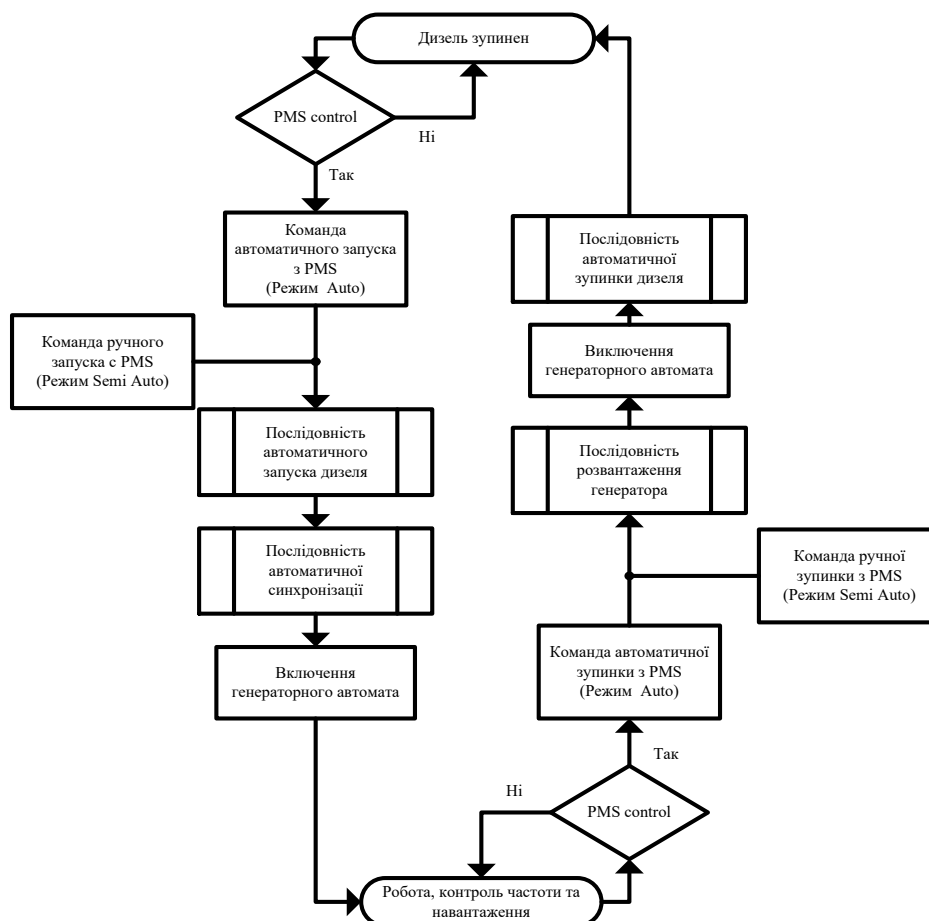


Рисунок 3.16 – Організація процесів автоматичного пуску і зупинки ДГ.

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.

Функції PM-системи поширюються звичайно тільки на агрегати, що працюють на одну і ту ж мережу (шини). Разом з функціями пуску/зупинки резерву залежно від завантаження, PM-система здійснює управління симетричним розподілом активного навантаження, визначаючи рівне завантаження агрегатів, що працюють на збірну шину, або пропонує режим асиметричного розподілу активного навантаження. У цьому режимі агрегати можуть працювати в деякій

жорстко встановленій зоні навантаження. РМ-система включає також функцію регулювання частоти по статичній (з вибором певного статизма) або астатичній характеристикам. Останнім функціональним блоком РМ-системи є координація включення потужних споживачів. Включенню РМ-системи повинні передувати відповідний монтаж між елементами мастер-системи, а також запровадження CAN-зв'язку (рис 3.16). Зображення головного меню PMS на екрані оператора робочої станції системи моніторингу та сигналізації Aconis DS представлено на рис 3.17.

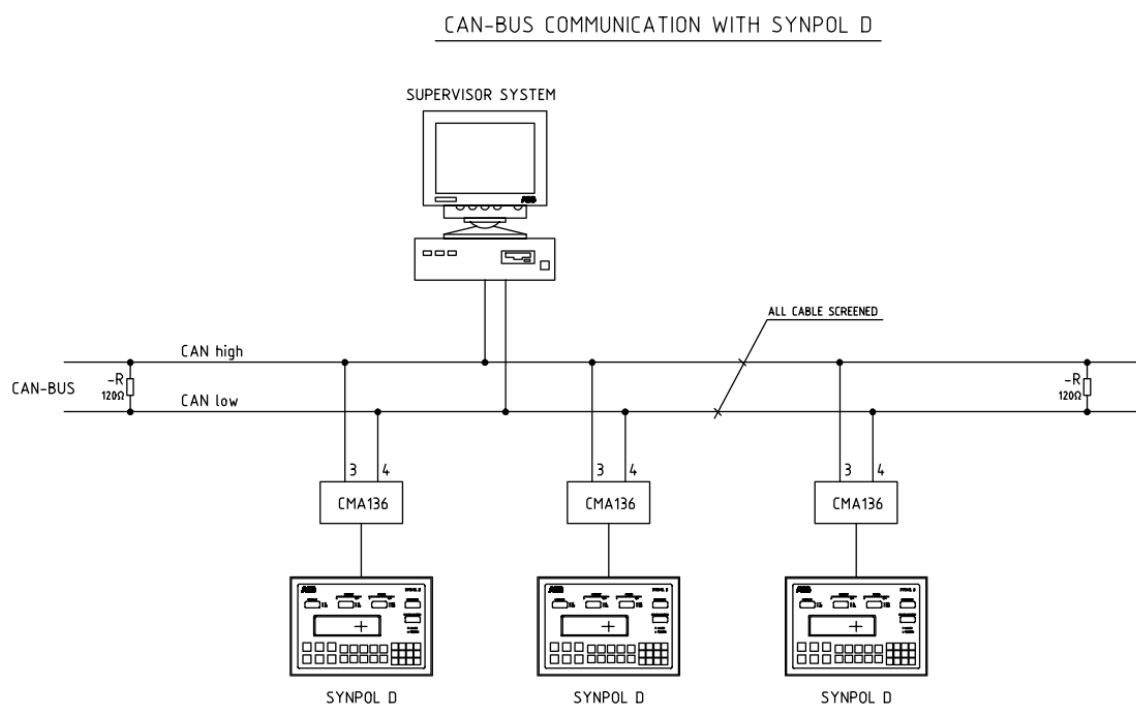


Рисунок 3.16 – Організація системи зв'язку master-slave по CAN шині.

СИМЕТРИЧНИЙ РОЗПОДІЛ АКТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ. При паралельній роботі дизель-генераторів на одні збірні шини відбувається автоматичний розподіл активного навантаження. При цьому контролер активного навантаження Synpol D управляє завантаженням кожного агрегату через виходи регулювання частоти обертання таким чином, що відносна потужність ДГ відповідає розрахунковому значенню потужності на один агрегат, що обчислюється від сумарної споживаної потужності. Цей контроль параметризується в позиціях меню системного блоку (параметр 55-57) і працює за принципом трех-позиційного регулятора. При цьому тривалість пауз регулювання встановлюється параметром (55), регулюючий імпульс - параметром (56) і чутливість - параметром (57). Через функціональний вхід "load sharing OFF" (CMA132.24) Розподіл навантаження відповідного агрегату, а, отже, і агрегатів, що працюють на одну мережу (шини), може бути вимкнено. При виникненні

комунікаційної помилки Synpol D (CAN –шина) розподіл навантаження також відключається.

АСИМЕТРИЧНИЙ РОЗПОДІЛ АКТИВНОГО НАВАНТАЖЕННЯ. Окрім симетричного, Synpol D надає користувачеві можливість асиметричного розподілу навантаження. У цьому режимі роботи регулювання потужності відбувається не по середньообчисленому значенню, а за заданою величиною. Параметрування цієї функції виконується в параметрах (58-62), крім того, установка заданої величини асиметричності може бути виконана альтернативно на екрані меню (asym. load limit: xx%), подачею сигналу на аналоговий вхід (CMA137.19,20) або через систему моніторингу Synpol D. У разі переведення генератора в режим двигуна режим через вхід E8 (Reverse power off) попередня установка може бути скасована. У цьому режимі роботи параметр (59) встановлюється на нуль. Включення асиметричного розподілу навантаження може бути вироблене через один з функціональних входів, номер якого вводиться в параметрі (58). На додаток до основної функції розподілу навантаження, користувачеві надається можливість налаштування спеціальної функції в параметрах (588-591). Спеціальна функція полягає в тому, що один або декілька агрегатів працюють з деяким встановленим максимальним навантаженням, а агрегати, що паралельно підключаються, - з навантаженням не нижче величини, що вводиться в параметрі (590).

КОНТРОЛЛЕР СТАБІЛІЗАЦІЇ ЧАСТОТИ. Контроллер стабілізації частоти стежить за зміною і регулює частоту ДГ-агрегату. Параметрування регулювання частоти виконується в позиціях (65-66), при цьому установка частоти холостого ходу здійснюється параметром (65), а параметр (66) служить для введення значення частоти, відповідного номінальному навантаженню агрегату. Регулювання частоти, при відхиленні від заданого значення, виробляється через виходи регулювання частоти обертання ДГ. Для параметрування цієї функції служать параметри (67-69) з вказівками по роботі трех-позиційного регулятора. Ця функція вводиться в дію при роботі функції розподілу активного навантаження. За допомогою відповідної установки в параметрі (579) стабілізація частоти працює незалежно від розподілу активного навантаження. Контроллер стабілізації частоти може бути деактивований сигналом, що подається на один з функціональних входів, номер якого вводиться у позиції (64) протоколу налаштування.

ОБЧИСЛЮВАЧ НАВАНТАЖЕННЯ. Обчислювач навантаження координує блокування і дозвіл на включення потужних споживачів поклад від завантаження

електростанції. Кожен Synpol D може управляти включенням двох потужних споживачів, причому як прийомом сигналів запиту через функціональні входи, номери яких вводяться в параметрах (88,90), так і виведенням дозволяючих сигналів через функціональні виходи. Після прийому сигналу запиту від одного з потужних споживачів, обчислювач навантаження порівнює резерв потужності (параметри 89,91), що зажадався, з реальним резервом потужності в мережі. Якщо резерв, що зажадався, знаходиться в розпорядженні, відбувається формування сигналів і через один з функціональних виходів видається дозволяючий сигнал включення, в іншому випадку, будуть запущені альтернативно один або два резервні агрегати. Після підключення агрегатів до мережі, подається дозволяючий сигнал через один з функціональних виходів. У цьому випадку, дозволяючий сигнал може подаватися із затримкою часу за допомогою параметра (86).

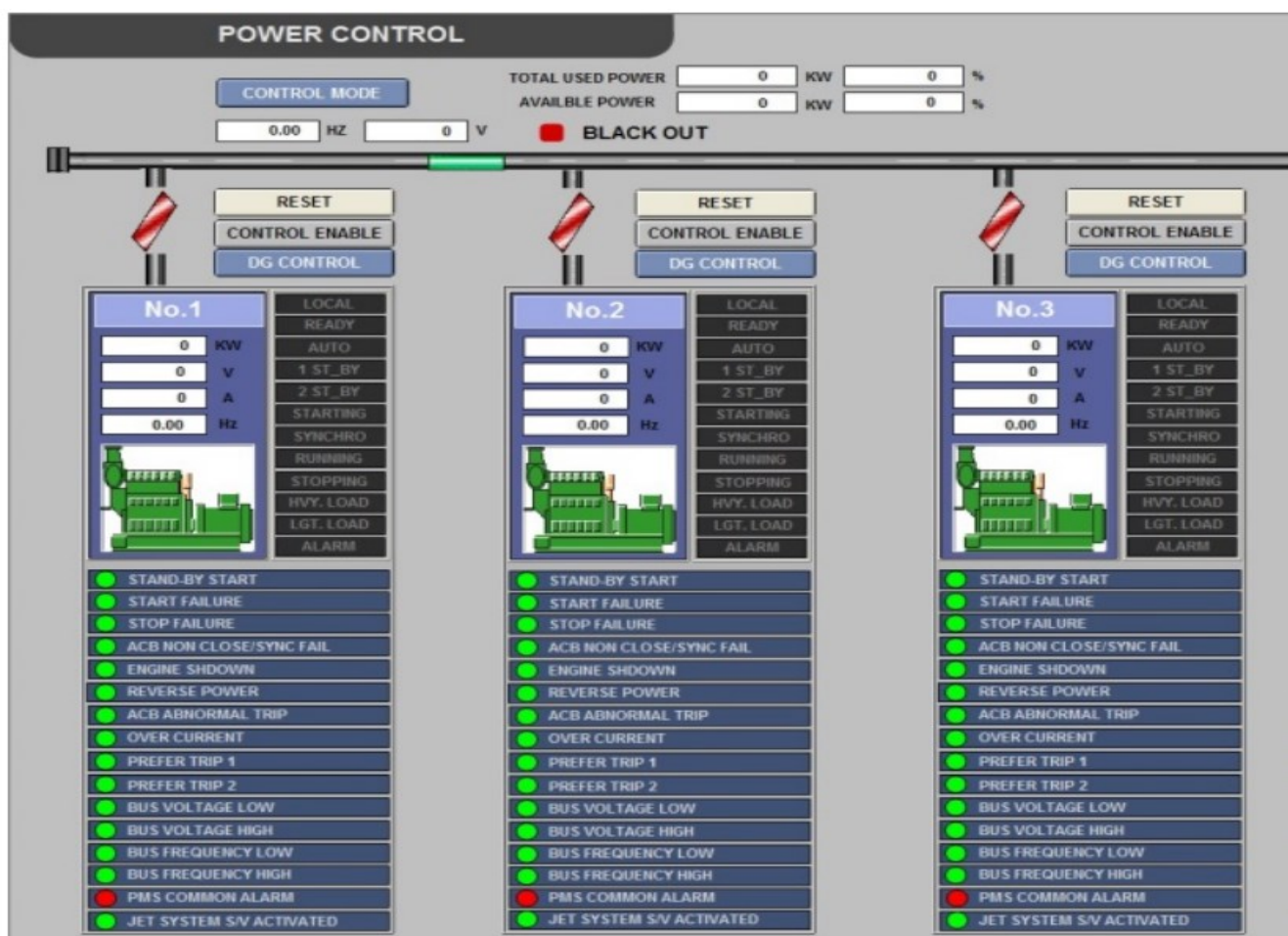


Рисунок 3.17 – Зовнішній вигляд головного меню PMS дисплея оператора системи Aconis DS

4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ БАЛКЕРОМ.

4.1. Структурно-функціональна схема автоматизованої системи управління дизель-генератором та аналіз суднової комп'ютерної мережі.

Система автоматизованого управління дизель-генератором складається з наступних елементів:

- Робочі станції системи моніторингу та сигналізації AMS Aconis DS, які встановлені на головній консолі управління в ЦПУ. Це персональні комп'ютери, що працюють під управлінням операційної системи Windows 7, на яких встановлене спеціальне програмне забезпечення для функціонування AMS Aconis DS. В цю систему інтегровано система управління потужністю та система моніторингу дизель-генераторів. Два комп'ютери, дублюють один одного і працюють синхронно. У разі відмови одного всі функції управління бере на себе інший. Окрім цього передбачається установка ще комп'ютерів з обмеженими функціями на навігаційному містку, в приміщенні контролю вантажних операцій та в каюті старшого механіка.

- Головний щит системи AMS Aconis DS [15], встановлений в приміщенні ЦПУ, в якому знаходяться головні модулі процесорів (Main Processor Module - HIMPМ). Структурна схема мережі AMS Aconis DS представлена на рисунку 4.1.

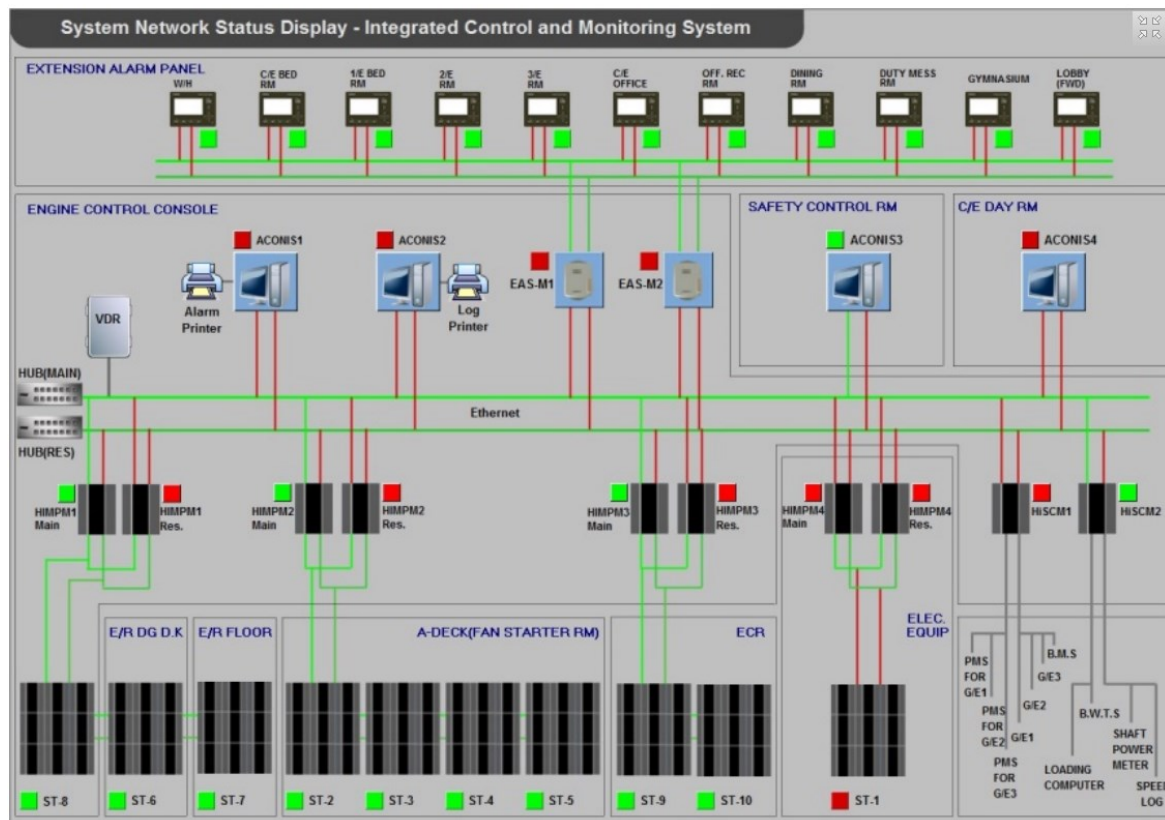


Рисунок 4.1 - Структурна схема комп'ютерної мережі AMS Aconis DS.

- Станції (Remote Terminal Unit) в яких можуть бути розміщені наступні модулі вводу/ виводу сигналів: HIA16 – 16-ти каналний модуль аналогових

входів, HIDI16 – 16-ти канальний модуль бінарних входів, HIRT16 – 16-ти канальний модуль аналогових входів для терморезистивних датчиків, HIAO8 – 8-ми канальний модуль аналогових виходів, HIDO16 – 16-ти канальний модуль бінарних виходів. Загальний вигляд модулів Human Interface Aconis DS представлений на рисунку 4.2.

- Щит з модулями (HISCM – Smart Control Module) підключення до інших систем управління процесами на судні, таких як система управління потужністю, баластна система, система вимірювання в танках, навігаційні системи та інші. Всі
- Комплект пристроїв Synpol D (розглянутий в попередньому розділі), який виконує функції не тільки системи управління потужністю, але й функції управління і моніторингу дизель-генератора в цілому.



Рисунок 4.2 – Модулі Human Interface Aconis DS.

- Локальний щит управління та сигналізації дизелем, в якому встановленні мікроконтролер ABB AC 500 із власними модулями вводу/виводу, електронний регулятор обертів HEINZMANN та інші органи управління, світлової і звукової

сигналізації. Все це складає систему безпеки управління дизелем. В пам'яті мікроконтролеру знаходиться прикладна програма алгоритму управління.

– Місцевий пост управління дизелем до складу якого входять органи управління, світлової сигналізації та індикації основних параметрів дизеля.

Отже основним органом дистанційного автоматизованого управління є модуль СМА 120 Synpol D до якого підключені допоміжні модулі: СМА 131 - підключення генератора, СМА 132 - допоміжних реле для підключення генератора, СМА 133 - дифференціального захисту і КЗ на корпус, СМА 135 - управління і контролю дизеля, СМА 136 - послідовного інтерфейсу (комунікаційна). Детальний вигляд допоміжних модулів представлено в Додатку Є. Також можливе дистанційне керування з робочих станцій AMS Aconis DS. Структурно функціональна схема дистанційного автоматичного управління дизель-генератором представлено в Додатку Ж.

4.2. Технічні характеристики і конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації

На судні встановлено машинний телеграф. Його прилади служать для безпосереднього управління системою ДАУ, передачі показників про режими ходу судна з командних постів у виконавчі пости, та для отримання відповіді з виконавчих постів.

Енергоустаткування машинного телеграфу живляться перемінним струмом 220В. Час заспокоєння стрілок приладу не більше ніж за 3 сек.

До складу приладу входять:

- центральний командний прилад;
- бортові командні прилади;
- виконавчий прилад.
- приймач-передавач.

Система може працювати в режимі ДАУ та машинного телеграфу.

Службовий внутрішній зв'язок

При відсутності інших видів парного переговорного зв'язку повинен бути передбачений парний телефонний зв'язок між релевою рубкою і постами керування головними механізмами, між рулевою рубкою і радіорубкою. При наявності на судні закритого або відкритого центрального поста керування повинен бути забезпечений парний переговорний зв'язок між ЦПУ і рулевою рубкою.

З цією метою можуть використовуватися незалежні телефонні парні зв'язки, або парний телефонний зв'язок між рулевою рубкою і центральним постом керування з паралельно підключеними і установленими на місцевих постах керування телефонами.

Крім пристроїв зв'язку, вказаних вище, повинна бути передбачена окрема система телефонного зв'язку рулевої рубки з основними службовими

приміщеннями і постами. Замість телефонів з цією метою можуть використовуватися двосторонні гучномовні пристрої. Системи службового зв'язку повинні забезпечувати можливість виклику абонента і чітке ведення переговорів в умовах специфічного шуму у містах розташування зв'язку. При установці апаратів службового телефонного зв'язку в приміщеннях з великою інтенсивністю шуму повинні бути прийняті міри для шумозаглушення, або передбачені допоміжні телефонні трубки. Для пристрої зв'язку повинні бути передбачені джерела живлення, які б забезпечували їх роботу при відсутності живлення від загальних джерел живлення. Ушкодження одного апарату не повинно перешкоджати роботі інших апаратів зв'язку. Телефони, які передбачені для переговорів між рулевою рубкою і місцевими постами керування головними механізмами повинні бути обладнані звуковою і світловою сигналізацією.

Авральна сигналізація

Всі судна повинні мати авральну сигналізацію, яка передбачує надійну чутність в усі місцях судна. Система авральної сигналізації повинна живитися від судової мережі, а також від шин аварійного розподільного щита. Звукові пристрої авральної сигналізації повинні мати яскраві, добре видимі відмітні позначення.

Система аварійно попереджувальної сигналізації (АПС).

Система аварійно попереджувальної сигналізації повинна бути незалежною від систем керування і захисних пристроїв. Система АПС повинна одночасно подавати звукові і світлові сигнали. Світлові сигнали повинні показувати причину спрацьовування АПС і, як правило, повинні бути виконані у режимі мигаючого світла.

4.3. ГМЗЛБ і навігація. Технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіо- навігаційних пристроїв та радіозв'язку.

Глобальна морська система зв'язку при лиху та забезпечення безпеки мореплавання (ГМЗЛБ), що використовує сучасні системи цифрової та супутникового радіозв'язку. Обладнання системи дозволило на морських судах і берегових радіостанціях перейти на автоматизований спосіб прийому сигналів лиха, підвищити достовірність та оперативність зв'язку.

Відповідно до доповнень 1988 до міжнародної конвенції СОЛАС обладнання для ГМЗСБ має бути впроваджене на судах поетапно в період з 1 лютого 1992 по 31 січня 1999 року. Будь-яке судно, що підпадає під вимоги Конвенції, на якому до 1 лютого 1999 не буде встановлено обладнання ГМЗЛБ, позбавляється Сертифікату Безпеки по радіозв'язку.

У ГМЗЛБ задіюються супутникові та наземні системи зв'язку.

Супутникові системи зв'язку - ІНМАРСАТ і КОСПАС-САРСАТ.

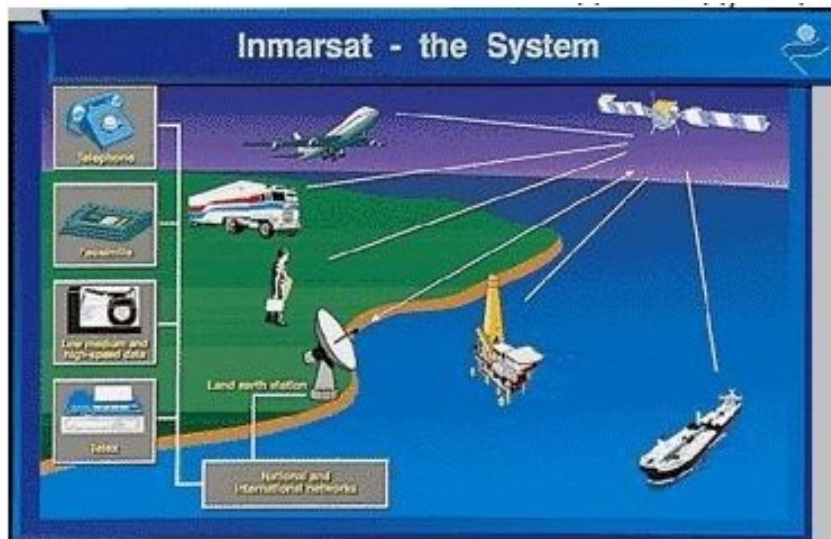


Рисунок 4.3 – Схема організації супутникового зв'язку ІНМАРСАТ.

ІНМАРСАТ заснована на використанні геостаціонарних супутників і працює в діапазонах частот 1,5 і 1,6 ГГц. Вона забезпечує оповіщення про лихо, переданому судном, з використанням суднової земної станції (СЗС) або супутникового аварійного радіобуя (АРБ) і можливість двостороннього зв'язку з абонентом;

КОСПАС-САРСАТ заснована на використанні низькоорбітальних супутників на біляполярній орбіті і працююча в діапазоні частот 406,0-406,1 МГц. Система забезпечує оповіщення про лихо і визначення місця розташування супутникових АРБ, що працюють в даній системі.



Рисунок 4.4 – Система супутникового угруповання КОСПАС-САРСАТ.

Наземні системи зв'язку, що використовують традиційні засоби радіозв'язку, в діапазонах УКХ, ПХ / КХ та СХ діапазонах:

морська рухома служба в смузі частот 156-174 МГц (УКХ діапазон), що забезпечує оповіщення про лихо в режимі цифрового виборчого виклику (ЦІВ) і зв'язок в режимі телефонії на ближніх відстанях;

морська рухома служба в смузі частот 4 - 27,5 МГц (КХ діапазон), що забезпечує оповіщення про лихо в режимі ЦІВ і зв'язок в режимах телефонії і буквопечатання на далеких відстанях;

морська рухома служба в смузі частот 415-535 кГц (СХ-діапазон) та 1605 - 4000 кГц (ПХ діапазон), що забезпечує оповіщення про лихо в режимі ЦІВ і зв'язок в режимах телефонії і буквопечатання на середніх відстанях.

Кожне судно повинно бути обладнане зв'язковий апаратурою відповідно до районом плавання.

Кожне судно незалежно від району плавання повинне бути оснащено: УКВ-радіоустановкою, здатної передавати і приймати:

- в режимі ЦІВ на частоті 156,525 МГц (канал 70);
- по радіотелефону на частотах 156,3 МГц (канал 6), 156,65 МГц (канал 13) і 156,8 МГц (канал 16);
- нести вахту в режимі ЦІВ на каналі 70;
- радіолокаційним маяком-відповідачем, що працює в діапазоні 9 ГГц;
- приймачем НАВТЕКС. Якщо район плавання не обслуговується НАВТЕКС, то судно має бути оснащено приймачем РГВ або приймачем ІБМ на КВ.

-аварійними радіо буями АРБ.

-портативними аварійними УКВ радіостанціями.

На кожному судні повинне бути передбачено резервне джерело енергії для живлення радіоустановок, що забезпечують зв'язок у разі виходу з ладу головного та аварійного джерел енергії.

Ємність резервного джерела повинна бути достатньою для одночасної роботи УКХ радіоустановки і, залежно від морського району для якого обладнано судно, або ПХ радіоустановки, або ПХ / КХ радіоустановки, або судновий земної станції ІНМАРСАТ, а також будь-який з додаткових навантажень, підключених до резервного джерела живлення. Якщо в якості резервного джерела енергії використовується акумуляторна батарея, вона повинна мати достатню ємність і повинні бути передбачені засоби для її автоматичної зарядки до мінімально необхідної ємності протягом 10 годин.

Мінімальний склад радіобладнання в залежності від району плавання:

УКХ радіоустановка з ЦІВ

Приймач НАВТЕКС

Радіолокаційний маяк

Аварійний радіо буй

Портативні аварійні радіостанції

УКХ приймач

ПХ радіоустановка з ЦІВ

ПХ/КХ радіоустановка з ЦІВ

Суднова супутникова станція ІНМАРСАТ

УКХ-радіоустановка

УКХ-радіоустановка забезпечує радіотелефонний зв'язок і цифровий виборчий виклик (ЦІВ) на відстані 20-30 морських миль. УКХ радіоустановка консолі Sailor H2192 включає в себе:

- прийомопередавач з антеною, телефонною слухавкою і вбудованим або виносним гучномовцем - RT2048;
- пристрій ЦІВ і спеціальний приймач для несення безперервної вахти на 70 каналі в режимі ЦІВ - RM +2042.

Радіоустановка працює на міжнародних частотах у діапазоні морської рухомої служби 156-174 МГц. Анени радіостанції мають вертикальну поляризацію і кругову діаграму спрямованості.

ПХ-радіоустановка

ПХ радіоустановка забезпечує радіотелефонний зв'язок ЦІВ на відстані до 100 морських миль. ПХ радіоустановка повинна:

- передавати і приймати на частоті 2187,5 кГц в режимі ЦІВ і на частоті 2 182 кГц в режимі телефонії;
- нести безперервну вахту в режимі ЦІВ на частоті 2187,5 кГц;
- забезпечувати передачу і прийом загальної кореспонденції в режимах радіотелефону або УБПЧ.

Вона містить в собі:

- прийомопередавач з антеною, пультом управління, мікродіафрагматичною слухавкою і вбудованим або виносним гучномовцем;
- пристрій ЦІВ (вбудоване або окреме);
- приймач для несення безперервної вахти ЦІВ на частоті лиха 2187,5 кГц. Радіоустановка працює на виділених для морської рухомої служби частотах в діапазоні 1605 - 4000 кГц.

ПХ / КХ-радіоустановка

ПХ / КХ-радіоустановка забезпечує радіотелефонний зв'язок, вузькосмугове буквопечатання та ЦІВ на великих відстанях. ПХ / КХ радіоустановка повинна:

- передавати і приймати на частотах лиха і безпеки в діапазонах 1605 - 4000 кГц і 4000 - 27500 кГц в режимах ЦІВ, телефонії і УБПЧ;
- нести безперервну вахту з режимі ЦІВ на частотах 2187,5 кГц, 8414,5 кГц і принаймні ще одній частоті лиха і безпеки ЦІВ в діапазоні 4, 6, 12 або 16 МГц;
- забезпечувати передачу і прийом загальної кореспонденції в режимах радіотелефону або УБПЧ в ПВ і КВ діапазонах.

Для консолі Sailor H2192 вона включає в себе:

- приємозбудитель з антеною, пультом управління, телефонною слухавкою і вбудованим або виносним гучномовцем-RE2100;
- пристрій ЦІВ Телекс - RM2151;
- приймач для несення безперервної вахти ЦІВ на частотах лиха 2187,5 кГц, 4207,5 кГц, 6312 кГц, 8414,5 кГц, 12577 кГц і 16804,5 кГц - RM2150;

- пристрій вузькосмугового буквопечатання (УБПЧ).

Радіоустановка працює на виділених для морської рухомої служби частотах у діапазоні 1605 - 27500 кГц.

Аварійний радіобуй (АРБ)

АРБ супутникової системи зв'язку КОСПАС / САРСАТ забезпечує передачу повідомлень про лихо через систему супутників на біляполярних орбітах і працює в діапазоні 406 МГц. Даний радіобуй придатний для судів будь-якого району плавання.

Технічні характеристики переданого повідомлення і формат повідомлення відповідають рекомендації 633 МККР. До складу повідомлення входить ідентифікаційний номер, який прошивається в пам'яті радіобуя і вказується у формулярі на виріб. За цим номером проводиться упізнання судна рятувально-координатним центром та пошуково-рятувальними службами.

Аварійний радіобуй повинен автоматично вмикатися після вільного спливання. Пристрій відділення АРБ повинно забезпечувати його автоматичне відділення від тонучого судна. Механізм відділення повинен спрацьовувати на глибині від 1,5 до 4-х метрів при будь-якої орієнтації судна.

Джерело живлення повинен мати достатню ємність для забезпечення роботи АРБ протягом принаймні 48 годин.

Радіолокаційний маяк-відповідач

Радіолокаційний маяк-відповідач (РЛМВ) забезпечує визначення розташування суден, що терплять лихо, за допомогою передачі сигналів, які на екрані радіолокаційної станції представлені серією точок, розташованих на рівній відстані один від одного в радіальному напрямку. РЛМВ працює в діапазоні 9,2 - 9,5 ГГц.

Приймач служби НАВТЕКС



Рисунок 4.4–Приймачі NAVTEX.

НАВТЕКС (навігаційний телекс) - міжнародна автоматизована система передачі навігаційних і метеорологічних попереджень і термінової інформації в режимі вузькосмугового букводрукування. Служба використовує спеціально виділену для цих цілей частоту 518 кГц, на якій берегові станції передають інформацію англійською мовою, розподіливши, щоб уникнути взаємних перешкод, час роботи кожної станції за розкладом. НАВТЕКС є компонентом

Всесвітньої служби навігаційних попереджень, прийнятої Резолюцією Асамблеї А.419 (XI), і входить до складу ГМЗСБ.

На судні встановлено два гірокомпаси типу ANSHUTZ St.4 DHI-02G та ТОКИМЕС TG-3000, а також магнітний компас John Lilley & Gillie Type SR.2, для забезпечення утримання курсу судна. На крилах містка встановлено по одному репітеру для пеленгування. Репітери встановлено також і в навігаційній рубці, та рульовій. Живлення гірокомпаса здійснюється трифазним струмом через понижувальний трансформатор 380/220В.

Лаг – це прилад необхідний для вимірювання швидкості ходу судна. Принцип роботи сучасних приладів побудований на вимірюванні напору води або гідролокації морського дна. Найбільш розповсюджений лаг представляє собою вертушку, яка крутиться під напором води. Число оборотів вертушки за одиницю часу визначається за допомогою електронного або механічного приладу. Зазвичай вертушка кріпиться на корпусі судна, але на малих судах використовують портативний варіант лагу, в якому вертушка викидається за корму на тросі, а вимірювальний механізм знаходиться в руках у матроса. На судні встановлено гідродинамічний лаг типу Doppler Speed Log FURUNO DS-70, призначений для вимірювання швидкості судна та пройденої відстані.

Показчики швидкості встановлено у машинному відділенні. Показчики швидкості та пройденої відстані встановлено також і в навігаційній рубці. Схема лагу отримує живлення від щита навігаційних приладів напруженням 220В перемінного струму.

Ехолот – це прилад, необхідний для вимірювання глибини, розпізнання рельєфу дна. Для проведення аналізу підводних просторів ехолоти використовують датчики, які посиляють ультразвукові хвилі за допомогою одного або декількох промінів та приймають віддзеркалені сигнали назад. На основі даних про час проходження цих хвиль і виводяться дані о глибині, рельєфі і структурі дна, наявності різного роду перешкод на шляху промінів, які пізніше ідентифікуються – риба, підводні каміння і т.д. На судні встановлено ехолот типу ELAC NAUTIC LAZ-5000, призначений для вимірювання глибини. До складу цієї системи входить кольоровий TFT Дисплей, який дає змогу постійного наочного моніторингу. Вібратор-випромінювач та приймач встановлені в шахті лагу. Самописець та показчик глибини встановлено у стерновій рубці.

Для забезпечення безпеки плавання судна у відкритому морі, у вузкостях, в умовах поганої погоди чи видимості на судні встановлено сучасні антени AIS TRANSPONDER SAAB R4-AIS. Приймально-передаючий пристрій знаходиться в приміщенні високочастотних блоків. Індикатори відносного руху встановлено в навігаційній рубці. Живлення AIS здійснюється від суднової мережі трифазного струму 220В, через перетворювач АТ-04-400-51, який знаходиться в приміщенні агрегатної радіозв'язку.

5. ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ СУДНОВИХ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ, ЕЛЕКТРИЧНИХ СИСТЕМ І КОМПЛЕКСІВ

5.1. Загальні вимоги до технічної експлуатації [6]

Підготовка до дії і введення в дію (пуск).

Готувати і вводити в дію допускається тільки справні технічні засоби. При несправному поляганні технічного засобу повинна бути вивішена попереджувальна табличка: «Несправність! Введення в дію заборонено».

Підготовка технічних засобів до дії повинна включати ретельний зовнішній огляд. Необхідно переконатися в відсутності сторонніх предметів і в тому, що включенню і пуску ніщо не перешкоджає. Запобіжні пристрої, якщо вони є, повинні бути на штатних місцях і справні. Забороняється вводити в дію технічний засіб з відключеними або несправними запобіжними пристроями. Штатні контрольно-вимірювальні прилади (КВП) повинні бути без видимих пошкоджень. Підготовка до роботи і робота технічних засобів за відсутності штатних приладів або при несправному їх стані забороняється. На шкалах приладів повинні бути нанесені мітки, які вказують граничні значення вимірюваного параметра і при необхідності заборонені зони роботи.

Під час підготовки СТЗ необхідно:

- зняти стопори, чохла і часові закриття, які перешкоджають нормальній роботі;
- перевірити відповідність положення всіх управляючих органів, клапанів, кранів, засувки, перемикачів відповідно до режиму пуску технічного засобу;
- подати мастило до всіх частин відповідно до інструкції з експлуатації.
- переконатися в наявності достатньої кількості масла у всіх системах і пристроях (маслозбірниках, лубрикаторах, масляних ваннах і т.д.);
- за наявності системи охолодження подати воду або переконатися в достатності її кількості в системі.

У випадках, передбачених інструкцією з експлуатації, до пуску слід повернути механізм машини або агрегату вручну валоповоротним пристроєм. Переконатися у відсутності заїдань і сторонніх звуків.

При підготовці автоматизованих технічних засобів до дії після тривалого неробочого періоду повинна бути перевірена працездатність засобів автоматизації, включаючи засоби аварійно-попереджувальної сигналізації і захисту.

Резервні технічні засоби повинні бути справними. При підготовці до роботи установки з резервними технічними засобами, що автоматично запускаються, повинна бути забезпечена і перевірена їх постійна готовність до пуску.

Введення в дію (пуск) технічного засобу допускається тільки після виконання всіх операцій по підготовці, передбачених інструкціями з експлуатації, виключаючи екстрені випадки, пов'язані із запобіганням аварії. В останньому випадку повинні бути виконані підготовчі операції, що забезпечують дію

технічного засобу (зняття обмежувачів, подача електроживлення і робочих середовищ: масла, води, палива, а також виконання необхідних перемикачів в системах, пов'язаних з технічним засобом, відключення при необхідності автоматичного захисту). Про екстрену підготовку і введення в дію СТЗ робиться запис в машинному журналі з вказівкою відповідальної особи, що дала це розпорядження.

Якщо при пуску агрегату від оточуючих потрібна особлива увага, то про пуск такого агрегату повинне бути зроблено відповідне попередження. На входах в приміщення, де розташовані автоматично або дистанційно механізми, що запускаються, повинен бути попереджувальний напис: «Увага! Механізми запускаються автоматично».

Після введення в дію (пуску) СТЗ необхідно перевірити свідчення всіх контрольно-вимірювальних приладів і у разі потреби відрегулювати навантаження і параметри робочих середовищ, а також переконатися в відсутності ненормальних шумів, стукотів і вібрації. Переконатися в зникненні світлових і звукових аварійних сигналів, коли контрольовані параметри досягнуть робочих значень. У разі появи при пуску аварійно-попереджувальних сигналів, ненормальних шумів, стуку або вібрації, а також при виході значень контрольованих параметрів за допустимі межі технічний засіб повинен бути виведене з дії (зупинено) для з'ясування і усунення причин несправності.

Обслуговування під час роботи. Режим роботи технічних засобів.

Режим роботи технічних засобів повинен встановлюватися з урахуванням умов експлуатації так, щоб значення контрольованих параметрів не виходили за встановлені межі.

Під час дії технічних засобів повинен вестися контроль за їх роботою за свідченнями контрольно-вимірювальних приладів і сигналами аварійно-попереджувальної сигналізації, а також шляхом огляду. Періодичність контролю встановлюється інструкціями з експлуатації. За відсутності вказівок в інструкції періодичність повинна бути встановлена старшим або вахтовим механіком з урахуванням призначення технічного засобу, його надійності, а також наявності пристроїв аварійно-попереджувальної сигналізації і захисту.

При використуванні для охолодження технічного засобу забортної води необхідно стежити за тим, щоб її температура на виході не перевищувала 55 °С, щоб уникнути інтенсивного солевідложення в порожнинах охолодження.

У разі зупинки або зміни режиму роботи технічного засобу унаслідок спрацьовування автоматичного захисту повинно бути введено в дію резервний технічний засіб (за наявності). Введення в дію зупиненого технічного засобу або відновлення режиму його роботи допускається тільки після ретельного виявлення і усунення всіх причин, що викликали спрацьовування захисту.

Необхідно періодично звіряти свідчення контрольно-вимірювальних

приладів на пульті дистанційного керування з свідченнями приладів, встановлених безпосередньо на технічному засобі.

При недостатній упевненості в правильності свідчень контрольно-вимірального приладу або уставки засобів аварійно-попереджувальної сигналізації і захисту повинно бути негайно вжиті заходи, що виключають аварію технічного засобу, аж до його зупинки або виводу з дії. Прилад повинен бути замінений або перевірений, а уставка відрегульована.

У разі появи при роботі технічного засобу ненормального шуму, стукоту, вібрацій, нагріву або при виході значень контрольованих параметрів за допустимі межі повинно бути вжиті негайних заходів, аж до виводу його з дії, для з'ясування і усунення причини несправності.

Переключення технічного засобу з одного режиму роботи на інший слід проводити плавно, не допускаючи різкої зміни робочих параметрів. При необхідності переходу через заборонені для тривалої роботи режими вони повинні проводитися по можливості швидко. Не допускається тривала робота на режимах, що викликають високу вібрацію технічного засобу або суднових конструкцій.

Необхідно періодично контролювати наявність достатньої кількості робочих середовищ (масла, води і ін.) в системах СТЗ. Нормальний спад робочого середовища повинен поповнюватися, а при різкому убутті повинна бути негайно знайдена і усунена причина.

Вахтовий механік зобов'язаний зареєструвати в машинному журналі всі неполадки і несправності, що мали місце при роботі технічних засобів, з вказівкою часу і вжитих заходів. Це ж відноситься і до відхилень робочих параметрів за встановлені межі.

Операції по висновку з дії (зупинці) технічного засобу повинні проводитися в послідовності, встановленій відповідно Правил або інструкцій з експлуатації. В обумовлених випадках слід строго виконувати вимоги про установку спеціальних режимів, передуючих вивід з дії. Екстрений вивід з дії (зупинка) допускається у разі загрози людського життя, аварії судна або технічного засобу.

Після виводу технічного засобу з дії потрібно провести його огляд, усунути знайдені дефекти, подати масло в місця ручного мастила і обтерти досуха зовнішні поверхні. При необхідності встановити стопори, обмежувачі і зачохлити технічний засіб.

В усіх випадках, коли температура навколишнього середовища може виявитися нижче або рівної 0 °C, необхідно вжити заходів по запобіганню розморожування технічного засобу або використовувати незамерзаючі рідини (антифризи). При виводу технічного засобу з дії на довгий час необхідно спустити воду з порожнин охолодження, трубопроводів, фільтрів, насосів і т.д. Рекомендується продути системи стислим повітрям, в місцях знижень траси трубопроводів роз'єднати фланці. Після осушення системи спускові пробки

закрити, а фланцеві з'єднання - зібрати.

При виводу технічного засобу з дії на короткий час необхідно вжити заходів по його обігріву наявними допоміжними засобами або шляхом періодичного включення в роботу.

Непрацюючі механізми і машини повинні періодично повертатися з одночасною подачею мастила.

5.2. Експлуатація електрообладнання і засобів автоматизації дизель-генератора [6]

Підготовка до дії.

При підготовці генераторів до дії необхідно:

- переконатися у відсутності на них сторонніх предметів, а також бруду і сміття поблизу вхідних вентиляційних отворів;
- перевірити наявність штатних захисних кожухів;
- перевірити рівень масла в підшипниках ковзання;
- включити систему примусового охолодження (за наявності);
- переконатися, що вимикач гасіння поля (за наявності) відключений;
- зміряти опір ізоляції.

Генераторні агрегати (ГА) з дистанційним або автоматичним введенням в дію повинні знаходитися в постійній готовності до дії. Кола збудження таких ГА повинні знаходитися в поляганні, що забезпечує негайне введення в дію. Відключення засобів дистанційного або автоматичного введення в дію і перехід на ручне управління дозволяється при перевірці технічного стану (у тому числі при вимірюванні опору ізоляції), технічному обслуговуванні або ремонті, а також при несправності вказаних засобів.

Введення в дію для автономної роботи.

При необхідності використовувати генератор в режимі автономної роботи слідує:

- ізолювати відповідні панелі головного розподільного щита (ГРЩ) за допомогою секційних вимикачів;
- відключити мережні автоматичні вимикачі (АВ) на ізольованих панелях ГРЩ;
- запустити підготовлений генератор і включити (при необхідності) коло його збудження;
- при досягненні генератором номінальної частоти обертання переконатися у відсутності стороннього шуму і неприпустимої вібрації;
- відрегулювати (при необхідності і за наявності можливості) напругу холостого ходу генератора;
- включити АВ генератора на ГРЩ, включити необхідне навантаження і встановити частоту мережі відповідно до величини навантаження і значення статизма регулятора первинного двигуна.

Введення в дію для паралельної роботи.

Порядок введення синхронних генераторів в дію і їх включення на паралельну роботу визначається рівнем автоматизації електростанції і передбаченими засобами синхронізації.

При використуванні способу точної автоматичної синхронізації після підготовки ГА до дії, пуску і досягнення ним номінальної частоти обертання включення АВ генератора, що підключається, відбувається автоматично. При використуванні способу точної ручної синхронізації підключення генератора повинне проводитися уручну за допомогою стрілочного або лампового синхроскопа після виконання всіх умов синхронізації.

Розподіл активного навантаження між генераторами проводиться або автоматично, за наявності відповідної системи автоматизації, або уручну дією на регулятори частоти обертання первинних двигунів. В останньому випадку частота мережі повинна встановлюватися відповідно до величини навантаження і значення статизма регуляторів первинних двигунів.

Обслуговування під час роботи.

Для кожного судна повинне бути визначено оптимальне число генераторів, що включаються на шини ГРЩ у всіх режимах роботи судна, яке забезпечує безпеку плавання і ефективність використання електростанції. Тривалість паралельної роботи дизель-генераторів з навантаженням, що не перевищує 45 - 50 % їх номінальної потужності, повинна бути мінімальною.

При використуванні генераторів відповідальний персонал повинен не рідше одного разу за вахту перевіряти:

- навантаження генераторів, напругу і частоту струму мережі по щитовим приладам ГРЩ;
- роботу щіткових апаратів (біля генераторів з контактними кільцями);
- температуру нагріву і чистоту генераторів;
- роботу системи мастила і температуру нагріву підшипників;
- роботу системи вентиляції і охолодження;
- відсутність стороннього шуму і неприпустимої вібрації.

Виведення генератора з дії.

При виводу генератора з дії необхідно:

- розвантажити його, переклавши навантаження на інший генератор і стежачи за тим, щоб напруга на шинах ГРЩ і частота струму залишалися незмінними, а також не допускаючи переходу генератора в руховий режим;
- відключити АВ генератора;
- зняти збудження з генератора (якщо це передбачено схемою).

Екстрений висновок з дії генераторів без попереднього розвантаження допускається при загрозі нещасного випадку, аварії генератора, пожежі на ГРЩ і

інших особливих обставинах.

Технічне обслуговування.

Технічне обслуговування (ТО) генераторів передбачає інструментальний і оглядовий контроль і оцінку технічного стану генераторів з подальшим плановим ТО, виконуваним з постійною періодичністю.

Оцінка технічного стану генераторів проводиться на підставі даних про величину і зміну опору ізоляції, температури нагріву, шуму, вібрації, зазорів в підшипниках, повітряних зазорів, а також стану кілець і щіток (в генераторах з контактними кільцями), підшипників, бандажів, вентиляційних крилаток і т.д.

При оцінці технічного стану генераторів необхідно, крім того, ретельно оглянути електричну машину, відкривши люки обслуговування і захисні кришки вхідних і вихідних отворів охолоджуючого повітря.

Крізь люки і отвори перевіряються:

- ступінь забруднення внутрішніх частин машини;
- стан бандажів обмоток;
- відсутність зсувів пазових клинів;
- стан ізоляції і лакового покриття обмоток;
- зсув полюсних обмоток;
- стан забарвлення, захисту від корозії та інше.

При визначенні за наслідками вимірювань і огляду придатності генератора для подальшого використання слід керуватися порівнянням результатів за встановленими нормами. Вологе очищення електричної машини будь-яким миючим засобом слід виконувати тільки при сильному забрудненні обмоток, кілець і щіткових апаратів маслянистими відкладеннями, вугільним і іншим пилом і стійкому пониженні опору ізоляції, коли очищення стислим повітрям і інші способи сухого очищення не дають ефекту. Вологе очищення виконується миючими засобами, рекомендованими інструкцією з експлуатації електричних машин.

Технічне обслуговування підшипників ковзання генераторів виконується механіком по завідуванню.

Повне розбирання генераторів з виїмкою ротора в процесі експлуатації проводиться лише у разі крайньої необхідності. Технологічна послідовність розбирання і збірки указується у відповідних інструкціях з експлуатації і ремонту. Технічне обслуговування підшипників генераторів, кількість і марки мастил визначаються інструкціями з експлуатації генераторів.

У генераторах з підшипниками ковзання необхідний періодичний контроль зносу підшипників, особливо на машинах з відносно малим зазором між статором і ротором. Як правило, підшипники повинні бути замінені або відновлені, коли знос досягає 10 - 20 % величини зазору. Після відновлення слід дати машині попрацювати протягом 3-4 години, а потім при необхідності пришабрити

поверхні. Температура нагріву підшипників ковзання повинна бути не вище 80° С, при цьому температура масла - не вище 65° С.

При роботі генераторів з підшипниками качання, крім періодичного інструментального контролю, необхідно проводити щоденне прослуховування підшипників за допомогою щупа, один кінець якого прикладається до підшипника, а інший - до вуха. Якщо підшипник справний, прослуховується тихе дзижчання. Якщо підшипник забруднений або пошкоджений, то чутний стукіт. Недолік мастила викликає свист або скрегіт. Рівномірний знос поверхонь качання спершу прослуховується як порівняно рівномірний і поступово наростаючий звук роботи підшипника. При збільшенні зносу звук стає нерівномірним і посилюється. В цьому випадку підшипник необхідно замінити. Оцінка стану підшипника качання можлива також на підставі кольору мастила, що виходить з корпусу підшипника через змащувальний ніпель. Так, потемніння мастила звичайно викликається тим, що від підшипника унаслідок зносу відділяються частинки, які змішуються з мастилом, забруднюючи її. Температура нагріву підшипників качання повинна не вище 100 °С.

Якщо генератор зволожений і має опір ізоляції нижче за норму, його необхідно піддати сушці. В суднових умовах рекомендується використовувати або сушку зовнішнім нагріванням (електролампами, електрообігрівачами і т.п.), або нагріванням струмом від стороннього джерела. Перед сушкою необхідно ретельно очистити машину і продути її сухим стислим повітрям. При сушці струмом від стороннього джерела рекомендується використовувати пристрої, що спеціально випускаються для цієї мети. Сушка струмом дозволяється тільки для електричних машин з опором ізоляції не нижче 0,1 МОм.

При сушці слід дотримуватися наступної загальної процедури:

- заземлити корпус електричної машини (при сушці струмом);
- нагрівати електричну машину поступово з таким розрахунком, щоб за перші 2 - 3 ч її температура досягла 50°С, а максимально допустима температура (95° С) була б досягнута не раніше, ніж через 7 - 8 ч. Для крупних електричних машин швидкість наростання температури повинна бути ще менше;
- не допускати нагріву підшипників, заповнених мастилом, зверху норми;
- створити помірну вентиляцію для прискорення процесу сушки за допомогою спеціального вентилятора, або обертанням генератора на зниженій частоті обертання з обов'язковим відключенням збудження;
- не зупиняти сушку на стадії пониження опору ізоляції, який звичайно має місце на початку процесу сушки;
- припинити сушку, якщо електрична машина їй не піддається, охолодити, повторно ретельно очистити, після чого повторити сушку;
- вести під час сушки запис температури нагріву, опору ізоляції і струму не рідше одного разу на годину;

- припинити сушку при досягненні в процесі сушки максимальної температури нагріву і сталої протягом 2-3 г прийнятній величині опору ізоляції обмоток.

Обмотки електричної машини після сушки слід залежно від стану ізоляції покрити електроізоляційною емаллю або просочити електроізоляційним лаком, сумісними з типом ізоляції обмоток, і просушити відповідно до режиму, рекомендованого для використаного лаку або емалі.

У разі попадання в електричну машину морської води необхідно:

- ретельно промити обмотки прісною гарячою водою, що має температуру біля 80° С, до повного видалення солі;
- просушити обмотки;
- якщо опір ізоляції обмоток виявиться нижче за норму, всі вказані вище операції повторювати до отримання необхідного опору ізоляції.

Періодичність проведення планового ТО генераторів встановлюється інструкціями заводів-виготівників генераторів і уточнюється судновласником залежно від конструкції генераторів і режимів їх використання. Середня періодичність ТО складає 6-12 місяців.

Кабельні мережі дизель-генераторів.

Всі кабельні мережі необхідно оглядати не рідше одного разу в 6 міс. При огляді слід перевіряти:

- цілісність захисних оболонок кабелів;
- наявність і полягання захисних кожухів;
- справність заземлень металевих опліток кабелів;
- наявність манкіровки на кабелях;
- відсутність перегріву кабельних наконечників;
- чистоту місць прокладки кабелів, відсутність масла і палива на кабелях, полягання забарвлення кабелів і конструкцій, на яких вони кріпляться.

Кабельні прохідні коробки і групові сальники необхідно випробовувати на герметичність не рідше одного разу на 4 роки і всякого разу, коли виникає підозра в порушенні їх герметичності. Випробування виконуються відповідно до заводських технологічних інструкцій.

Апарати і пристрої електричного захисту генераторів.

Під час експлуатації судна необхідно періодично перевіряти уставки захисту, щоб переконатися в тому, що захист працездатний. Періодичність перевірок, що рекомендується, - один раз в рік. Перевірка необхідна також після кожного ремонту або заміни вузлів в апаратах і пристроях захисту.

Перевірку уставок апаратів і пристроїв захисту слід проводити на їх штатних місцях, тобто в умовах, відповідних реальним умовам експлуатації (по температурі навколишнього середовища, рівню вібрації, впливу електромагнітних

полів, феромагнітних мас і ін.).

При ТО механічній частині генераторних АВ рекомендується керуватися наступним типовим переліком робіт:

- очищення АВ від пилу, бруду, слідів мастила;
- перевірка густини контактних і кріпильних з'єднань;
- перевірка стану пружин;
- перевірка наявності мастила в підшипниках і шарнірних з'єднаннях, редукторі електрорухового приводу;
- перевірка одночасності замикання і відсутності перекоосу контактів;
- перевірка механічних показників АВ (комутаційного положення, стану пружинного механізму, спрацьовування розцеплювачів і ін.);
- перевірка спрацьовування АВ шляхом ручної дії на якорі розцеплювачів при включеному АВ. Одночасно перевіряється неможливість включення АВ, якщо якір мінімального розцеплювача не притиснутий.

При обслуговуванні АВ висувного виконання слід перевіряти роботу пристрою безпеки. При спробі введення АВ у включеному положенні він повинен відключитися перш, ніж стикнуться ізолюючі контакти. Якщо ж АВ висувається у включеному положенні, він повинен відключитися перш, ніж розімкнуться ізолюючі контакти.

ТО електричної частини генераторних АВ полягає в обслуговуванні контактів і дугогасильних камер, перевірці стабільності і регулюванні (при необхідності) уставок розцеплювачів.

Після кожного відключення струму КЗ необхідне, не чекаючи планового терміну проведення ТО, виконати наступні роботи:

- видалити з контактів кіптяву і крапельки металу (не порушуючи форми контактів). Вживання наждачного полотна і поліровка контактів не допускаються. Кіптява, що утворюється на контактах з срібними накладками, віддаляється ганчіркою, змоченою рекомендованим миючим засобом. Потемніння таких контактів не є ознакою їх несправності;
- оцінити стан контактів. Дугогасильні контакти слід замінювати, якщо їх товщина в місці зіткнення виявиться тією, що зменшилася приблизно на 1/3. Головні контакти підлягають заміні при зносі срібного покриття під дією дугової ерозії і сил тертя до мідної основи;
- видалити бризки металу і кіптяву з ізоляційних поверхонь, уважно оглянути їх на предмет виявлення слідів пробою або трекинга;
- оглянути дугогасильні камери, видалити з них частинки металу, переконатися, що металеві пластини не деформовані, а внутрішні поверхні камер не мають значного обгорання.

Особливу увагу в експлуатації повинно бути надане стану ізолюючих контактів висувних АВ. Основною їх несправністю є зменшення сили

контактного натиснення, що приводить до перегріву. Про наявність перегріву свідчить потемніння контактів, що легко помітити при регулярних оглядах. Для дистанційного вимірювання температури ізолюючих контактів доцільно використовувати неконтактний термометр.

Попереджувальну сигналізацію про високе навантаження генераторного агрегату слід налаштувати на 85 - 95 % номінального навантаження з витримкою часу не менше 10 с. Захист ГА від перевантаження шляхом відключення частини споживачів рекомендується налаштувати наступним чином.

Для дизель-генераторів (ДГ): при навантаженні 110 % - відключення першої групи споживачів з витримкою часу не менше 10 с, при навантаженні 120 % і більшої - відключення всіх груп споживачів без витримки часу.

Перевірка захисту від перевантаження.

Перевірку електромагнітних расцеплювачів перевантаження прямої дії в АВ слід проводити методом безпосереднього навантаження га судовими електроспоживачами або за допомогою спеціального пристрою навантаження. При неможливості створити необхідне навантаження в силовому колі перевірка спрацювання захисту імітується ручною дією на якорі расцеплювачів включеного АВ з метою його відключення.

Для перевірки АВ з електронними розцеплювачами повинні використовуватися спеціальні пристрої перевірки, що випускаються для цієї мети фірма-виготовлювачами таких АВ.

Перевірка блоків перевантаження в комбінованих захисних пристроях (КЗУ) повинна проводитися, використовуючи схеми, відтворюючі необхідні значення струму захисту у вторинних обмотках вимірювальних трансформаторів струму, живлячих КЗУ (симулюючи схеми).

Перевірка захисту від зовнішніх КЗ.

Електромагнітні розцеплювачі прямої дії захисту від КЗ допускається перевіряти ручною дією на якорі розцеплювачів включеного АВ з метою його відключення. При цьому АВ повинен бути електрично-ізолюваний від відповідної секції ГРЩ, або ця секція повинна бути повністю знеструмлена.

Електронні розцеплювачі КЗ повинні перевірятися за допомогою спеціальних пристроїв перевірки, що випускаються для цієї мети фірмами виробниками таких АВ.

Захист від зворотної потужності.

Рекомендується перевірку захисту від зворотної потужності проводити безпосередньо переводом кожного генератора в руховий режим. Для цього при паралельній роботі двох ГА впливають дистанційно на регулятори частоти обертання приводних двигунів, поступово розвантажують один з генераторів і переводять його в руховий режим. Спостерігаючи за підвищенням потужності

навантаження другого генератора, визначають значення, при якому апаратура захисту від зворотної потужності спрацює і відключить АВ генератора. Аналогічно перевіряється захист іншого генератора.

Відповідно до Правил Регістра уставки по зворотній потужності повинні складати 8 - 15 % $P_{ном}$ для дизель-генераторів, де $P_{ном}$ - номінальна активна потужність генератора.

Напівпровідникові прилади.

При використуванні напівпровідникових приладів необхідно забезпечити необхідні умови їх охолодження. При відмовах напівпровідникових приладів, що повторюються, слід вжити заходів по поліпшенню умов їх охолодження.

Вимірювання напруги в пристроях на базі напівпровідникових приладів рекомендується виконувати з використанням електронного вольтметра або осцилографа, а за відсутності них - стрілочним вольтметром з високим внутрішнім опором (не менше 1 кОм УВ для приладів змінного струму і 20 кОм/В для приладів постійного струму).

Вимірювання опору ізоляції напівпровідникових перетворювачів і пристроїв, виконаних на базі напівпровідникових приладів, допускається, як правило, лише для перевірки висновків, монтажу, обмоток трансформаторів і т.п. При цьому випрямні напівпровідникові діоди (тиристори) повинні бути замкнуті накоротко тимчасовою перемичкою або відключені. Блоки, модулі, джерела інформації з вбудованими перетворювачами сигналу, платня з напівпровідниковими приладами і іншими елементами електроніки на час вимірювань повинна бути від'єднанні або відключені.

При заміні напівпровідникових приладів робочі параметри, визначувані конкретною схемою включення, не повинні перевищувати гранично допустимих паспортних даних для кожного типу приладу. Рекомендується застосовувати напівпровідникові прилади із запасом по електричних і температурних параметрах.

Паяння виводів напівпровідникових приладів, особливо малопотужних, слід проводити на відстані не менше 10 мм від корпусу. Вигини вивідних кінців повинні знаходитися не ближче 3-5 мм від прохідного ізолятора. Потужність паяльника не повинна перевищувати 25 Вт. Тривалість паяння повинна бути не більше 2 - 3 с, при цьому обов'язкове вживання додаткового тепловідвіда між місцем паяння і корпусом приладу. Рекомендується вживання засобів відсмоктування зайвого припою з місця паяння. Після закінчення роботи слід покрити місце паяння захисним лаком.

Електричні засоби управління і автоматизації дизель-генератора.

Технічне використання, ТО і ремонт електричних засобів управління і автоматизації (ЕЗА) суднових технічних засобів повинні проводитися відповідно до вказівок інструкцій заводів - виготівників відповідних ЕЗА.

Типовий перелік робіт:

- очистити датчики і виконавські органи від бруду, нагару і відкладень;
- підтягнути всі контактні і кріпильні з'єднання;
- очистити блоки управління м'якою волосяною щіткою, труднодоступні місця продути повітрям від пилососа;
- роз'єднати і знову з'єднати всі роз'ємні штепсельні з'єднання;
- зміряти опір ізоляції;
- перевірити величину напруги основного і резервного джерел живлення, автоматичне включення резервного джерела при зникненні основного живлення і відповідне спрацьовування при цьому сигналізації.

Слід не рідше одного разу на місяць при черговому включенні генераторів на паралельну роботу проводити візуальну перевірку правильності дії засобів автоматичної синхронізації по лампах синхронізації або стрілочному синхроноскопу. Ознакою несправності синхронізатора є виникнення значних кидків струму і пониження напруги суднової мережі у момент включення АВ генератора по команді синхронізатора. Несправний синхронізатор повинен бути відключений до усунення несправності, а включення синхронних генераторів на паралельну роботу повинне проводитися, використовуючи ручну синхронізацію.

Система управління аварійним дизель-генератором (АДГ) повинна бути постійно включена і знаходитися в стані готовності до негайного автоматичного введення в дію АДГ і прийому їм навантаження при знеструмленні суднової мережі. Відповідальний персонал повинен не рідше одного разу на тиждень проводити запуск АДГ без прийому навантаження відповідно до інструкції з експлуатації, після чого повинен бути здійснений повторний запуск з місцевого поста управління АДГ і пуск двигуна стислим повітрям (де це передбачено). Один раз в 6 міс. слід провести автоматичний пуск АДГ шляхом зняття живлення аварійного розподільного щита (АРЩ) від ГРЩ з подальшим прийомом навантаження основних споживачів АРЩ і роботою з нею протягом 10 - 15 хвилин. Запасні електронні блоки, модулі і печатну плату необхідно щорічно встановлювати замість відповідних штатних для перевірки їх працездатності в течію, принаймні, декількох годин.

Перевірку датчиків, контролюючих основні параметри енергетичної установки, електростанції, допоміжних механізмів і систем, повинна виконувати спеціалізована берегова організація не рідше одного разу на 4 роки.

6. ЦІВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

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

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

Вантажне судно «Seadevil» стоїть в порту Гамбург (Німеччина) у причала №2 спеціалізованого перевантажувального комплексу для хімічних рідких наливних вантажів. Отримано повідомлення про інцидент із скрапленням газом на території причалу: внаслідок порушення правил завантаження виникло падіння бочки-контейнера та розлив хлору, який є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Кількість розлитої СДОР – 0,4 т, характер розливу - «вільно».

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби – день, 9.00, температура повітря 0°, швидкість вітру 6 м/с, вітер – зустрічний, суцільна хмарність.

Відстань до місця аварії – 0,3 км. Характер місцевості – територія порту.

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

6.1.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території.

Виконання розрахунку ведеться за допомогою формул і таблиць, приведених в Методиці прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту (Додаток 1 до "Методичних вказівок по виконанню розділу "Цивільний захист/оборона " дипломних проектів (робіт)").

а) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря:

За заданими метеорологічними умовами (час доби - день, швидкість вітру 6 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по таблиці 6.1 ступень вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

б) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

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

Таблиця 6.1 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	конvekція	конvekція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
0,6-2,0	конvekція	конvekція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
2,1 – 4,0	конvekція	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія
> 4,0	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія

Розраховуємо еквівалентну кількість $Q_{\text{є1}}$ (т) аміаку в первинній хмарі:

$$Q_{\text{є1}} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^I \cdot Q_0 = 0,018 \cdot 1,0 \cdot 0,23 \cdot 0,6 \cdot 0,4 = 0,0009936 \text{ т,}$$

де: $K_1=0,018$ — коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 6.2);

$K_3 = 1,0$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози аміаку (таблиця 6.2);

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

$K_7^I = 0,6$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення первинної хмари (таблиця 6.2);

$Q_0 = 0,4$ – кількість хлору, що розлився при аварії, т.

Таблиця 6.2 – Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів.

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/ м ³		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
Хлор	0,0062	1,558	-33,4	15	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

Примітка:

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

в) Розрахунок площі розливу, тривалості вражаючої дії та еквівалентної кількості СДОР у вторинній хмарі. Площа розливу S_p (м²) хлору дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0/\rho}{h} = \frac{0,4/1,558}{0,05} = 5,135 \text{ м}^2;$$

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

$Q_0 = 0,4$ – кількість хлору, що розлився при аварії, т;

$\rho = 1,558$ – щільність хлору, т/м³ (таблиця 6.2);

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

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

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (год.) хлору:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}} + \frac{1}{K_M \cdot v_{II}} = \frac{0,05 \cdot 1,558}{0,052 \cdot 2,67 \cdot 1} + \frac{1}{0,2 \cdot 35} = 0,7 \text{ год} = 42 \text{ хв};$$

де: $K_2 = 0,052$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей аміаку (таблиця 6.2);

$K_4 = 2,67$ – коефіцієнт, при швидкості вітру 6 м/с (таблиця 6.4);

$K_7^{\text{II}} = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари, при температурі 0° (таблиця 6.2);

$K_m = 0,2$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари хлору (таблиця 6.3);

$v_{\text{п}} = 35$ – швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря, км/год. (таблиця 6.5).

Таблиця 6.3 – Значення коефіцієнту K_m залежно від впливу характеру місцевості

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

Таблиця 6.4 – Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (u), м/с	$1 \leq$	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 6.5 – Швидкість (км/год.) перенесення $v_{\text{п}}$ переднього фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру

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

Розраховуємо еквівалентну кількість хлору Q_{E2} (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{\text{E2}} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{\text{II}} \cdot \frac{Q_0}{h \cdot \rho} =$$

$$= 0,72 \cdot 0,052 \cdot 1 \cdot 2,67 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{0,4}{0,05 \cdot 1,558} = 0,118 \text{ т};$$

де: $K_1 = 0,18$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 6.2);

$K_3 = 1$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози хлору (таблиця 6.2);

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

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

г) Визначення глибини і площі зони зараження

Глибину зони зараження первинною (вторинною) хмарою СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті визначаємо за допомогою таблиці 6.6.

Для $Q_{E1} = 0,0009936$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с визначаємо глибину зони зараження первинною хмарою хлору: $\Gamma_1 = 0,15$ км.

Для $Q_{E2} = 0,118$ т та швидкості вітру $u = 6$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою хлору: $\Gamma_2 = 0,48$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 0,48 + 0,5 \cdot 0,15 = 0,56 \text{ км},$$

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

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

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 29 = 35 \text{ км}.$$

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 0,56 \text{ км}.$$

Таблиця 6.6 – Глибина (км) зони зараження

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

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

$$S_b = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^\circ = 3,14 \cdot 0,56^2 \cdot 45^\circ / 360^\circ = 0,123 \text{ км}^2,$$

де: $\Gamma = 0,56$ - розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 45^\circ$ - кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 6.7).

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_f (км²):

$$S_f = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 0,56^2 \cdot 1^{0,2} = 0,042 \text{ км}^2,$$

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

Таблиця 6.7 – 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

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

Територія можливого хімічного зараження умовно представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 45^\circ$ (таблиця 6.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,56$ км. Вершина сектору співпадає з джерелом зараження - місцем розливу хлору.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_l (км):

$$\Gamma_l = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_E}{D_l} \right)^\psi = 1,2 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,12}{6} \right)^{0,537} = 0,029 \text{ км};$$

де: $\lambda = 1,2$; $\Psi = 0,537$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 6.8);

$Q_E = Q_{E1} + Q_{E2} = 0,0009936 + 0,118 = 0,1189936$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

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

Таблиця 6.8 – 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):

$$\Gamma_{0,4l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_E}{D_{0,4l}} \right)^\psi = 1,2 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,12}{2,4} \right)^{0,537} = 0,048 \text{ км};$$

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 $\Gamma_{0,2l}$ і (км):

$$\Gamma_{0,2l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_E}{D_{0,2l}} \right)^\psi = 1,2 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,12}{1,2} \right)^{0,537} = 0,069 \text{ км};$$

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 розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,56$ 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:

$$t = \frac{x}{K_M \cdot v_{\Pi}} = \frac{0,3}{0,2 \cdot 35} = 0,043 \text{ год} = 2 \text{ хв } 35 \text{ сек};$$

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

6.1.3. Рекомендовані заходи для зменшення людських втрат.

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті аварійного розливу хлору на причалі, біля якого пришвартоване вантажнесудно «Seadevil», показала, що хмара зараженого повітря досягне житлової надбудови судна вже через 2,5 хвилини. В результаті утворення хмари зараженого повітря при розливі хлору, приміщення надбудови судна, де може укритися екіпаж судна, потрапляють в зону легких уражень, що у свою чергу є серйозною загрозою для людей. Це значною мірою ускладнює можливість проведення ефективних заходів по забезпеченню безпеки членів екіпажу судна.

При значно швидкому підході зараженого повітря до житлової надбудови час дії вражаючих концентрацій хмари буде значним 42 хв.

Для зменшення ризику ураження рекомендується виконати наступне:

- якнайскоріше прибрати всіх людей з відкритої палуби в надбудову судна, включенням сигналу загальносуднової тривоги і оголошенням по гучному зв'язку;
- зупинити всю вентиляцію надбудови і по можливості максимально загерметизувати приміщення в яких укритися екіпаж;
- використати наявні на судні дихальні апарати і забезпечити контроль часу знаходження в них людей (захисна дія дихальних апаратів обмежена часом 30 хвилин);
- оскільки судно пришвартоване біля причалу, підготувати екіпаж до можливої евакуації;
- встановити контроль концентрації СДОР на відкритому повітрі і в повітрі приміщень судна;
- екіпажу протягом часу дії вражаючих концентрацій хмари не рекомендується з'являтися на відкритій палубі судна;
- встановити зв'язок з аварійними службами порту для отримання оперативної інформації про розвиток аварійної ситуації.

6.2.1. Безпека людини на морі. Призначення, структура та аналіз Міжнародної конвенції по охороні життя людини на морі SOLAS 74/78.

Міжнародна конвенція по охороні людського життя на морі (СОЛАС- 74) – International Convention for the Safety of Life at Sea (SOLAS - 74) була прийнята 1 листопада 1974 року, набула чинності 25 травня 1980 року, прийнята Україною 25 травня 1980 року.

Конвенція СОЛАС у своїх послідовних модифікаціях розглядається як найважливіше з усіх міжнародних договорів, що відносяться до безпеки торговельних суден. Конвенція була значним кроком вперед в модернізації правил і у віддзеркаленні технічних досягнень в судноплаванні. Передбачалося, що вона відповідатиме поточному моменту шляхом прийняття періодичних поправок, але на практиці процедура включення поправок виявилася дуже тривалою. Стало ясно, що набуття чинності поправок в розумний термін неможливе.

В результаті в 1974 році була прийнята абсолютно нова конвенція, що складалася з 8 глав, яка включила не лише поправки, узгоджені до цього часу, але і нову процедуру їх прийняття.

У лютому 1988 року був ухвалений Протокол 1988 року до конвенції СОЛАС-74, який вводить Гармонізовану систему освідчення і оформлення свідоцтв відповідно до вимог СОЛАС, Конвенції про вантажну марку і конвенцію МАРПОЛ. Такий же Протокол 1988 року ухвалив до Конвенції про вантажну марку і до МАРПОЛ. Це викликано тим, що нині вимоги трьох конвенцій відрізняються один від одного, і, як результат, судна могли бути піддані доковому огляду для інспекції по вимогах однієї конвенції незабаром після інспекції, що стосується іншої конвенції. По можливості необхідний інспекторський огляд повинен проводитися в одночасно, що зменшить витрати судновласника. Протокол увійде в силу після ратифікації його п'ятнадцятьма державами, чий загальний тоннаж торговельного флоту повинен складати не менше 50 % від світового тоннажу.

Основна мета конвенції СОЛАС - визначення мінімальних стандартів по конструкції, устаткуванню і плаванню судів, що відповідають їх безпеці.

Розглянемо та проаналізуємо структуру конвенції [16].

Глава I. Загальні положення:

- частина А – застосування та визначення, виключення, вилучення;
- частина В – огляд та свідоцтва;
- частина С – аварії.

Глава II - 1. Конструкція - ділення на відсіки і остійність, механічні і електричні установки.

Частина А в цій главі присвячена визначенням та застосуванням.

Частина В визначає вимоги до ділення корпусу суден на відсіки та до остійності суден. Висвітлені правила по розрахунку остійності суден різних типів в нормальному та пошкодженому станах. Правило 12-1 наголошує про обов'язковість наявності подвійного дна у суховантажних суден. В правилах 18 і 19 визначений порядок первинного випробування водонепроникних дверей, переборок, шахт та ін. Правило 21 присвячене осушній системі на всіх типах суден.

Частина В-1 визначає вимоги та приклади розрахунків ділення на відсіки суховантажних суден в пошкодженому стані.

Частина С розглядає вимоги до механічних систем та необхідність приділення Адміністрацією особливої уваги до наступних систем:

- генераторного агрегату, що служить основним джерелом електроенергії;
- джерел постачання парою;
- систем постачальної води котлів;
- паливних систем котлів та двигунів;
- пристроїв для подачі мастильного масла під тиском;
- пристроїв для подачі води під тиском;
- конденсатного насоса і пристроїв, що служать для підтримки вакууму в конденсаторах;
- пристроїв механічної подачі повітря до котлів;
- повітряного компресора і повітряного балона, призначених для пуску або управління;
- гідравлічних, пневматичних або електричних систем управління головними механізмами, включаючи гребні гвинти;

В правилах 29-30 висунуті вимоги до рульових приводів, 30-е правило розглядає вимоги до електричних систем дистанційного керування механізмами.

Частина D – Електричні установки.

Правила 41-43 розглядають вимоги до основних та аварійних джерел електроенергії, та систем освітлення. В правилі 44 висвітлені вимоги до пускових пристроїв аварійних генераторних агрегатів. Правило 45 присвячене заходам застереження від ураження електричним струмом, пожежі та інших нещасних випадків, пов'язаних із застосуванням електричної енергії.

Частина Е присвячена додатковим вимогам для машинних приміщень з періодичним безвахтеним обслуговуванням. Ці додаткові вимоги стосуються управління головними механізмами з ходового містка, зв'язку, системи аварійно-попереджувальної сигналізації та систем захисту при аварії устаткування.

Глава II – 2. Конструкція – протипожежний захист, виявлення і гасіння пожежі. Частина А – загальні положення, частина В – заходи пожежної безпеки на пасажирських судах, частина С – на вантажних, частина D – на танкерах.

Глава III. Рятувальні засоби і пристрої.

У червні 1996 року 66-а сесія Комітету з безпеки на морі ІМО Резолюцією MSC.48 (66) прийняла Міжнародний кодекс по рятувальним засобам (International Life – Saving Appliance Code - LSACode), створений на базі цієї глави. Кодекс набуває чинності з 1 липня 1998 року.

Глава IV. Радіозв'язок.

Ця глава була повністю змінена у зв'язку з ухвалою Резолюції А. 704 (17) про введення Глобальної морської системи зв'язку під час лиха і для забезпечення безпеки - ГМССБ (GMDSS). Правила IV/7-11 вимагають, щоб усі судна після 1 лютого 1999 року були обладнані відповідними радіоустановками. Правило IV/5 зобов'язує уряди виконувати Резолюцію ІМО А. 704 (17) про встановлення берегових станцій ГМССБ.

З 1 лютого 1999 року в системі пошуку і рятування (SAR) телеграфна азбука Морзе більше не використовується. Безперервна вахта на 16 каналі УКВ продовжує залишатися до спеціального рішення ІМО.

Глава V. Безпека мореплавання.

Містить 21 правило: повідомлення про небезпеки, метеорологічну службу, службу льодової розвідки, встановлення схем руху суден, повідомлення про лихо, навігаційне обладнання, рятувальні сигнали, укомплектовування екіпажів (вимога виконання Резолюції А. 481 (XII) "Принципи безпечного укомплектовування судів екіпажами") та ін.

У цю главу додано нове правило V/8-1 "Системи суднових повідомлень". Впровадження таких систем сприяє безпеці людського життя на морі, безпеці і ефективності мореплавання і захисті морського довкілля. Системи суднових повідомлень використовуються для забезпечення збору інформації або обміну нею за допомогою радіоповідомлень. Ця інформація дозволяє отримати дані, використовувані в різних цілях, включаючи пошук і рятування, запобігання забрудненню моря, ліквідацію наслідків забруднення нафтою, прогнози погоди.

Глава VI. Перевезення вантажів.

Розглянуті вимоги пов'язані із безпечною практикою розміщення і кріплення вантажів, перевезення на судах лісових палубних вантажів та перевезення навалювальних вантажів.

Глава VII. Перевезення небезпечних вантажів.

Основою для створення сучасних правил перевезення небезпечних вантажів є пункт 4 правила 1 цієї глави, що говорить про застосування Міжнародного кодексу морського перевезення небезпечних вантажів - IMDGCode, а також відповідних розділів Кодексу безпечної практики перевезення навалювальних вантажів (BC Code).

Глава VIII. Ядерні судна. Держави прапора відповідають за забезпечення відповідності вимогам конвенції суден під їх прапором. У конвенції вказується на необхідність наявності ряду сертифікатів, як доказ, що ця вимога виконана.

Глава IX. Управління безпечною експлуатацією суден.

Вона передбачає впровадження і застосування Міжнародного кодексу по управлінню безпечною експлуатацією суден і запобігання забруднення (ISMCode). Цей Кодекс є одним з найважливіших документів по забезпеченню безпеки мореплавання, прийнятих ІМО. Всі компанії, керівники судами, повинні мати Документ про відповідність (Document of Compliance), і копія цього документу має бути на борту кожного судна, керованого цією компанією. Кожне судно повинне мати Свідоцтво про управління безпекою (Safety Management Certificate).

Глава X. Про заходи безпеки для високошвидкісних судів.

Глава XI - 1* Спеціальні заходи по підвищенню безпеки на морі.

Ця глава включає:

- правило 1 - Надання повноважень визнаним організаціям
- правило 2 - Розширені огляди (навалювальні судна і нафтові танкери підлягають перевіркам за розширеною програмою)
- правило 3 - говорить про привласнення кожному судну ідентифікаційного (розпізнавального) номера ІМО.
- правило 4 - Контроль держави порту за виконанням експлуатаційних вимог
- правило 5 - Журнал безперервної реєстрації історії судна.

Глава XI - 2. Спеціальні заходи по посиленню охорони на морі.

Ця глава визначає вимоги до компаній і судів по порядку введення в дію Міжнародного кодексу по охороні судів і портових засобів (Кодексу ОСПС).

Глава XII. Додаткові заходи безпеки для балкерів.

На 65-ій сесії Комітету з безпеки ІМО (MSC) в травні 1995 року було повідомлено, що за період 1990-1994 рік втрачено 77 балкерів і на них загинули 532 людини. На цій же сесії були прийняті наступні рішення:

- для екіпажів балкерів повинні застосовуватися підтвердження до диплома, подібно до підтверджень, потрібних для екіпажів танкерів, зі спеціальними вимогами, що стосуються операцій на судах, що перевозять навалювальні вантажі;
- Конвенція СОЛАС 74 має бути доповнена вимогою наявності інструменту для розрахунків на судах, що перевозять навалювальні вантажі, при вантажних операціях. Це може бути комп'ютерна програма, що дозволяє виконати розрахунки по остійності і напруженням на корпус при вантажних операціях.

6.2.2 Охорона праці. Правила техніки безпеки при експлуатації суднового електрообладнання, заходи та засоби захисту від ураження електричним струмом.

Основними причинами травматизму від ураження електричним струмом на борту судна є грубі порушення Правил технічної експлуатації суднового електроустаткування та техніки електробезпеки [17]. Забезпечення електробезпеки на судні ускладнюється вібрацією корпусу, хитами, високою

вологістю повітря, великими перепадами температур, наявністю металевих корпусів, обмеженими розмірами приміщень, великими розгалуженнями кабельних мереж та ін. В цих умовах можливо виключити випадки ураження електричним током тільки при суворому виконанні всіх правил безпеки праці.

В період експлуатації на судах різного призначення, роботи по технічному обслуговуванню електроустаткування здійснюються електротехнічним персоналом під керівництвом старшого електромеханіка (електромеханіка) за узгодженням із старшим механіком при повному або частковому знятті напруги, а у виняткових випадках - без зняття напруги при дотриманні необхідних заходів безпеки.

При виконанні робіт з електроустаткуванням повинні використовуватися електрозахисні засоби - основні і додаткові. До основних електрозахисних засобів відносяться: ізолюючі штанги, покажчики напруги, кліщі електровимірювань. До додаткових засобів відносяться: діелектричні рукавички, діелектричні килимки, діелектричні галоші і боти, що ізолюють підставки, захисні пристрої, знаки безпеки, переносні заземлення та ін. Засобу захисту піддають періодичним і позачерговим випробуванням. При усіх видах випробувань перевіряють механічні і електричні характеристики засобів захисту.

Для підготовки робочого місця при роботах з частковим або повним зняттям напруги слідє:

- виробити необхідні відключення на ГРЩ і прийняти заходи, що перешкоджають подачі напруги до місця роботи внаслідок помилкового або мимовільного включення комутаційної апаратури;
- вивісити застережливі знаки і встановити обгороджування; застосовувати електрозахисні засоби - діелектричні рукавички, килимки і тому подібне;
- переконатися в справності приладів і перевірити відсутність напруги на частини установки, призначеної для роботи;
- в необхідних випадках накласти переносне заземлення і вивісити табличку з написом: "ПРАЦЮВАТИ ТУТ".

На струмопровідних частинах допускається, як виняток, виконання аварійних робіт під напругою. Така робота повинна виконуватися кваліфікованими і досвідченими особами електротехнічного персоналу з дозволу старшого електромеханіка за узгодженням із старшим механіком під керівництвом електромеханіка.

При цьому необхідно:

- працювати в діелектричних рукавичках і калошах або стояти на діелектричному килимку;
- користуватися електромонтажним інструментом з ізольованими ручками;
- тримати ізолюючий інструмент за ручки-захоплення;
- працюючи на струмопровідних частинах однієї фази, захищати струмопровідні частини інших фаз гумовими матами або міканітом;

- торкаючись ізолюючим інструментом до струмопровідних частин, не доторкатися до навколишніх предметів: бортів, перегородок, деталей набору судна, корпусів механізмів і пристроїв;
- не торкатися осіб, що стоять поряд.

На руків'ї автоматів, вимикачів, роз'єднувачів, рубильників, на ключах і кнопках управління, а також на підставах запобіжників, за допомогою яких може бути подана напруга до місця робіт, особою, що виконує відключення, вивіщується табличка з написом: "НЕ ВКЛЮЧАТИ! ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ". При цьому запобіжники мають бути вийняті з гнізд. Зняття табличок і включення електроживлення можуть бути виконані після закінчення робіт особою, що встановила застережливі знаки.

При роботах з частковим зняттям напруги не відключені токоведучі частини, доступні випадковому дотику, мають бути захищені тимчасовими огороженнями, діелектричними матами, щитами.

На робочому місці має бути виставлене тимчасове огороження і вивішені застережливі знаки "СТІЙ! НЕБЕЗПЕЧНО ДЛЯ ЖИТТЯ" (для установок напругою до 1000 В) і "СТІЙ! ВИСОКА НАПРУГА" (для установок напругою 1000 В і вище).

У приміщеннях, особливо небезпечних відносно поразки людей електричним струмом, виконання робіт на не відключених струмопровідних частинах не допускається.

Для запобігання подачі до місця роботи напруги від трансформаторів необхідно відключити усі пов'язані з електроустаткуванням, що готується до ремонту, силові, вимірювальні і різні трансформатори з боку як вищої, так і нижчої напруги.

Перед початком усіх видів робіт в електроустановках зі зняттям напруги, перевірка відсутності напруги повинна виконуватися між усіма фазами і кожної фази по відношенню до корпусу і до нульового дроту (якщо такий є). Перевірка відсутності напруги до 1000 В виконується покажчиком напруги заводського виконання або переносним вольтметром; застосування контрольних ламп не допускається. Перед перевіркою необхідно переконатися в справності вживаного покажчика або приладу шляхом перевірки їх на струмопровідних частинах, що свідомо знаходяться під напругою, або за допомогою спеціального приладу. Покажчик напруги або вольтметр, вживаний для перевірки відсутності напруги, має бути розрахований на номінальну лінійну напругу електроустановки.

Стаціонарні вимірювальні прилади і лампи, що сигналізують про стан установки, є тільки допоміжними засобами, на підставі свідчень яких не допускається робити висновок про відсутність напруги.

Накладення переносного заземлення є мірою захисту осіб, що працюють, від випадкової появи напруги живлення або наведеної (потенціалу). Переносне заземлення застосовується при виконанні робіт в розподільчих щитах, шафах і

пускових станціях при повному знятті напруги, на кабельних магістралях і у разі, коли місце виконання робіт пов'язане з розгалуженим ланцюгом. Необхідність використання переносного заземлення у кожному конкретному випадку визначається електромеханіком судна. Заземлення мають бути накладені на струмопровідні частини усіх фаз відключеної для виконання робіт частини електроустановки з усіх боків, звідки може бути подана напруга (у тому числі і внаслідок зворотної трансформації).

Ці заземлення можуть накладатися за допомогою спеціальних пристосувань (перемичок, штанги) і мають бути відокремлені від струмопровідних частин або устаткування, на якому безпосередньо виконується робота, автоматами, роз'єднувачами, вимикачами, рубильниками, знятими запобіжниками, демонтованими ділянками. При цьому на руків'ї вказаної комутаційної апаратури і клемх запобіжників мають бути вивішені відповідні знаки "ЗАЗЕМЛЕНО" в кількості, рівній числу накладених заземлень. Накладення заземлення виробляється тільки електротехнічним персоналом після перевірки відсутності напруги.

Переносне заземлення має бути заздалегідь приєднане до корпусу судна, а потім (після перевірки відсутності напруги на частинах, що підлягають заземленню) накладається на струмопровідні частини і надійно кріпиться до них за допомогою струбцин, затисків і інших пристосувань. Знімати заземлення слід в зворотному порядку, тобто спочатку зняти його з струмопровідних частин, а потім від'єднати від корпусу. Забороняється користуватися для заземлення якими-небудь провідниками, не призначеними для цієї мети, а також виробляти приєднання заземлень шляхом їх скручування.

На головному і аварійному розподільних щитах, щиті електроруху, групових розподільних щитах, станціях і пультах управління або поблизу них повинні знаходитися:

- схеми генерування і розподілу електроенергії або мнемосхеми (для пультів) з виділенням в них яскравим кольором ланцюгів, що знаходяться під високою напругою;
- схеми управління, блокувань і сигналізації;
- комплект індивідуальних захисних засобів;
- необхідні інструменти.
- необхідні інструменти.

Навколо щитів і пультів з напругою більше 36 В, площа палуби, необхідна для їх обслуговування, має бути покрита килимком з рифленої маслостійкої діелектричної міцної гуми.

Чищення і прибирання без зняття напруги в закритих розподільних пристроях допускаються за наявності в них проходів, що дозволяють безпечно виконувати роботу за допомогою спеціальних щіток або пілососів, забезпечених ізольованими штангами.

Роботи по очищенню ізоляції від пилу і забруднень без зняття напруги повинні вироблятися в діелектричних рукавичках і ботах двома особами відповідної кваліфікації.

При виконанні робіт на електродвигунах або механізмі, що приводиться в рух електродвигуном, останній має бути зупинений, з нього необхідно зняти напругу, а на ключі управління або приводі вимикача вивісити табличку з написом: "НЕ ВКЛЮЧАТИ! ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ". Поблизу працюючих електричних машин забороняється виконувати роботи, пов'язані з пилоутворенням і розбризкуванням рідини.

При необхідності виконання яких-небудь робіт в ланцюгах або на апаратурі засобів автоматизації мають бути прийняті заходи проти випадкового включення цих засобів (заблокувати автоматичний запуск).

На дверях акумуляторних приміщень, акумуляторних шафах і ящиках має бути напис: "АКУМУЛЯТОРНА" і знак: "ОБЕРЕЖНО! НЕБЕЗПЕКА ВИБУХУ". Усередині акумуляторного приміщення, ящиків і шаф мають бути інструкції з експлуатації акумуляторних установок. Окремо зберігається аптечка з нейтралізуючими розчинами. Посудини з електролітом, дистильованою водою, нейтралізуючими розчинами повинні мати чіткі написи (найменування). Приготування електроліту виробляється відповідно до ПТЭ і ПТБ електроустановок споживачів.

При роботах з кислотою, лугом слід надівати кислотостійкий костюм (з грубої шерсті або бавовняної тканини з кислототривким просоченням), гумовий фартух, захисні окуляри, гумові чоботи і рукавички. Пролиту кислоту слід прибирати за допомогою гумових груш, а при великих кількостях - засипати тирсою і змести щіткою. Застосування дрантя не допускається. Місце, залите кислотою або електролітом, після збору рідини повинно нейтралізується протиранням дрантям, змоченим в 10%-му розчині нашатирного спирту, кальцинованої соди або воді.

Перед початком зарядки батарей і після неї, приміщення, в якому вона проводиться, має бути ретельно провентильоване. Необхідно перевірити (зовнішнім оглядом) справність вибухозахищеного світильника (чи простінкового ілюмінатора), стан витяжних і припливних каналів, надійність кріплення вивідних наконечників, міцність контактів міжелементних з'єднань, справність вентиляційних пробок.

Зберігання і зарядка, експлуатація лужних і кислотних батарей в одному приміщенні не допускаються. У акумуляторних приміщеннях з лужними акумуляторами не повинно бути приладдя кислотних акумуляторів. При попаданні лугу на шкіру або в очі необхідно негайно промити уражене місце розчином борної кислоти (10% для шкіри і 2% для очей) і великою кількістю води, після чого звернутися до лікаря.

Використання переносного електроустаткування (ручний електроінструмент, засоби малої механізації, електропаяльники, трюмні люстри, побутові і інші переносні електроприлади) напругою від 42 до 220 В допускається, якщо на судні виконані конструктивні засоби захисту, передбачені "Вимогами техніки безпеки до морських суден".

Забороняється працювати з переносним електроустаткуванням напругою більше 12 В під дощем або в умовах, що допускають попадання бризок води.

На судні повинен вестися журнал обліку оглядів і випробувань переносного електроустаткування: електроінструменту, судових побутових електроприладів, трюмних люстр, світильників напругою 12 В і вище, перетворювачів і трансформаторів та ін.

Перед використанням ручних електричних машин, ручних світильників і електроінструменту для роботи слід виробити перевірку:

- комплектності і надійності кріплень деталей;
- зовнішнім оглядом справності кабелю, його захисної трубки і штепсельної вилки, цілості ізоляційних деталей корпусу, руків'я і кришок щіткотримачів, наявності захисних кожухів і їх справності;
- роботи вимикача;
- роботи на холостому ходу.

Переносні світильники допускається застосовувати тільки заводського виготовлення. Ручні електросвітильники мають бути пиловодозахисної конструкції, мати міцне огороження (сітку) поверх скляного ковпака.

Переносні електроінструменти повинні мати в корпусі пружинний вимикач, який автоматично знеструмлює ланцюг, якщо інструмент випускається з рук.

Кабель живлення переносного устаткування повинен підвішуватися або іншим шляхом бути надійно захищений від можливих механічних ушкоджень. Безпосередній контакт кабелю з гарячими або масляними поверхнями і предметами не допускається.

Оболонки кабелів і дротів повинні заводитися в сальникові введення переносного електроустаткування і міцно закріплюватися щоб уникнути зламу і стирання їх.

При розташуванні розеток на відкритих палубах або в сирих приміщеннях під'єднувати, від'єднувати трюмні світильники допускається тільки за відсутності в розетці напруги. При виявленні яких-небудь несправностей робота з електроінструментами або іншим переносним електроустаткуванням має бути негайно припинена.

При роботі в котлах, топках, в картерах двигунів і інших обмежених місцях із струмопровідними перегородками напруга живлення ручних світильників не повинна перевищувати 12 В.

Вносити трансформатори, перетворювачі і інше електроустаткування, що живиться напругою вище 12 В, в котли, танки, картери двигунів і інші обмежені простори із струмопровідними перегородками забороняється.

Особам, що користуються електроінструментом, забороняється:

- передавати електроінструмент, хоч би на нетривалий час, іншим особам;
- розбирати електроінструмент (обличчям неелектротехнічного персоналу) і робити який-небудь ремонт електроінструменту, дротів, штепсельних з'єднань і так далі;
- утримувати електроінструмент за дріт;
- працювати без дотримання технічних заходів безпеки, визначених електромеханіком при видачі електроінструменту для роботи;
- видаляти руками стружку або тирсу під час праці інструменту до повної його зупинки;
- працювати з електродрилем в безпосередній близькості від кабельних трас, що знаходяться під напругою, або свердлити перегородку, на іншій стороні якої в безпосередній близькості прокладений кабель.

6.2.3. Протипожежна безпека. Система вуглекислотного пожежогасіння. Вибір схеми та розрахунок системи для гасіння пожежі у вантажному приміщенні на судні.

Система вуглекислотного пожежогасіння використовується для захисту вантажних, машинних і насосних приміщень, комор, камбуза. Стаціонарними установками вуглекислотного пожежогасіння обладнають машинні та вантажні приміщення судна. По магістралі вуглекислий газ подається в рідкій фазі під тиском, на виході розширюється і в зону пожежі подається щільний газ. Вуглекислий газ як вогнегасна засіб нейтральний і не пошкоджує коштовні вантажі і механізми. Він не залишає осаду, який треба зчищати з устаткування і палуби, не проводить електричний струм і, отже, може подаватися на електроустаткування, що знаходиться під напругою.

Вуглекислий газ має деякі недоліки. Кількість вуглекислого газу, яка може перевозитися на судні, обмежена, оскільки він повинен зберігатися в балонах під тиском. Вуглекислий газ лише в незначній мірі охолоджує матеріали, що нагріваються під впливом пожежі. Він створює ефект об'ємного гасіння, тобто витісняє кисень навколишнього повітря, зменшуючи його зміст до 15% і нижче. Таким чином, речовини, що виділяють кисень при горінні, не можна гасити за допомогою вуглекислого газу.

Вуглекислий газ небезпечний для людей, хоча його концентрація, достатня для ліквідації пожежі, не знижує вмісту кисню в повітрі до небезпечного рівня. При вдиханні вуглекислого газу підвищується кислотний рівень крові. В результаті гемоглобін не збагачується киснем в легенях, внаслідок чого може

статися зупинка дихання. Тому дуже небезпечно входити в приміщення, куди був поданий вуглекислий газ, без дихального апарату, навіть на дуже короткий час.

Вуглекислий газ особливо ефективний при боротьбі з пожежами, пов'язаними з горінням займистих рідин. Він застосовується також для локалізації пожеж горючих матеріалів класу А в обмежених приміщеннях.

Пожежі в трюмах суховантажних суден залежать від міри горючості вантажів, характеру їх укладання у вантажному приміщенні і інших технологічних особливостей. Загальною закономірністю пожеж в трюмах, завантажених генеральними або навалювальними вантажами, являється їх повільний розвиток із сильним задимленням, по причині обмеженого газообміну, особливо, при закритих верхніх кришках.

На сучасних балкерах застосовують два типи углекислотних систем - високого і низького тиску. У системах високого тиску зріджений вуглекислий газ зберігається в балонах. Тиск в балонах може складати від 12,5 МПа до 20 МПа. Мінімальна кількість вуглекислого газу G в кг на судні повинна визначатися по формулі [18]:

$$G = \frac{V \cdot j}{v}$$

де: V - об'єм найбільшого приміщення, що захищається, м³;

j – (співвідношення суміші вуглекислота-кисень) коефіцієнт, що має значення в межах 0,3-0,45, залежно від типу приміщення;

v – вільний об'єм вуглекислоти, який має значення 0,56 м³/кг.

Розрахунок необхідної кількості вуглекислоти для гасіння пожежі у вантажних приміщеннях балкеру представлений в таблиці 6.9.

Таблиця 6.9 – Необхідна кількість вуглекислоти для гасіння пожежі в грузових приміщеннях

№ з/п	Приміщення	Об'єм приміщення, м ³	Спів-ня суміші, %	Мін. к-ть CO ₂	
				кг	45 кг балон
1	Грузовий трюм №1	11074,2	33	6525,9	145
2	Грузовий трюм №2	13113,9	33	7724,1	172
3	Грузовий трюм №3	13111,4	33	7722,6	172
4	Грузовий трюм №4	13216,9	33	7784,8	173
5	Грузовий трюм №5	12681,9	33	7469,6	166
Загальна кількість балонів встановлених в станції CO ₂					173

Балони (рис. 6.1) встановлюються в спеціально обладнаних приміщеннях-станціях пожежогасінні рядами у вертикальному положенні на ізолюючих прокладеннях, які можуть бути і дерев'яними. Балони мають бути доступні для огляду і визначення кількості вуглекислого газу методом зважування або виміру

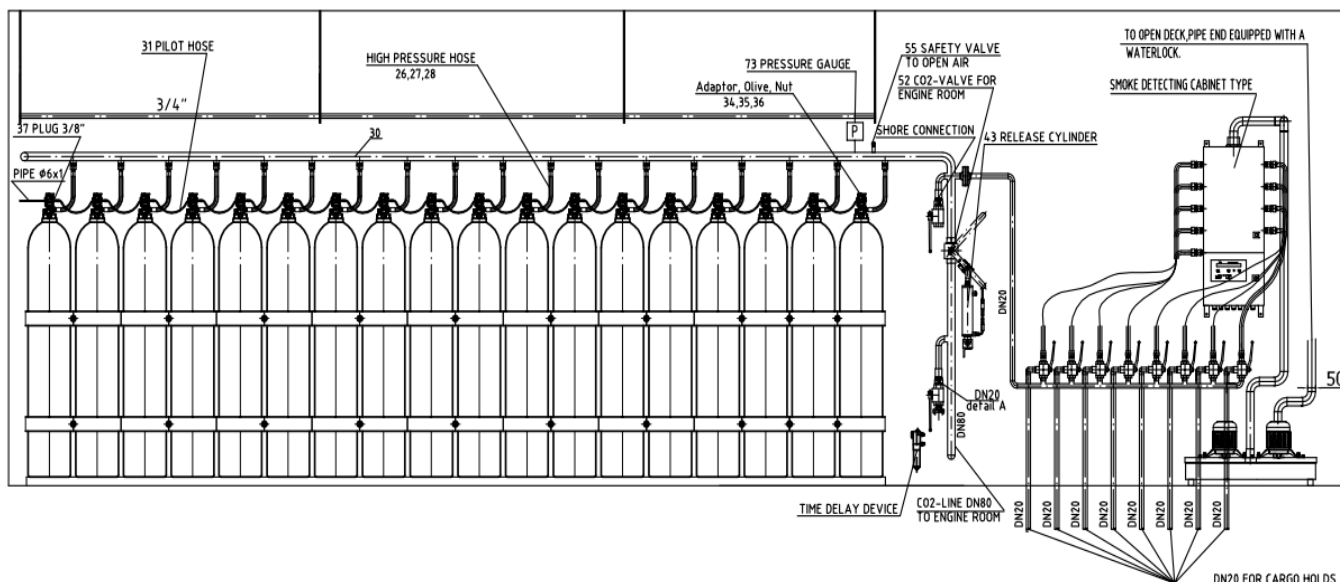


Рисунок 6.1 – Розташування балонів з вуглекислотою та системи виявлення задимлення в приміщенні-станції пожежогасіння вуглекислотою.

рівня спеціальним приладом. Кожен балон батареї приєднується до збірного углекислотному колектора. При включенні системи вуглекислота не повинна потрапляти у випорожнені балони. З цією метою на трубах, що йдуть від кожного балона до збірного колектора, встановлюють неповоротні клапани. Кожен ряд балонів обладнуються тросиковою системою групового відкриття випускних голівок, що працюють за допомогою пневмоциліндрів, сервомоторів або руків'я.

Збірні колектори усіх батарей підключаються до сполучної труби, по якій вуглекислота прямує або безпосередньо в приміщення, що захищається, або до розподільного колектора ряду приміщень.

Час введення необхідної кількості вуглекислого газу встановлюють згідно з Правилами Регістра. Вуглекислий газ повинен поступати в приміщення, що захищаються, через сопла, розташовані у верхній частині цих приміщень.

Управління пуском. Згідно з рекомендаціями Правил Регістра для машинних приміщень, приміщень аварійних дизель-генераторів і по-жарних насосів, приміщень, де застосовуються рідке паливо і інші займисті рідини, необхідно передбачити дистанційний пуск з центрального протипожежного поста (ЦПП) або поблизу входу в нього.

Крім того, мають бути передбачені два окремі пристрої пуску системи: одне - для пуску балонів, інше - для відкриття клапана подачі вуглекислого газу в приміщення, що захищається. Як правило, пост дистанційного пуску системи високого тиску обладнується пристроєм, що сигналізує про вступ газу в приміщення, що захищається.

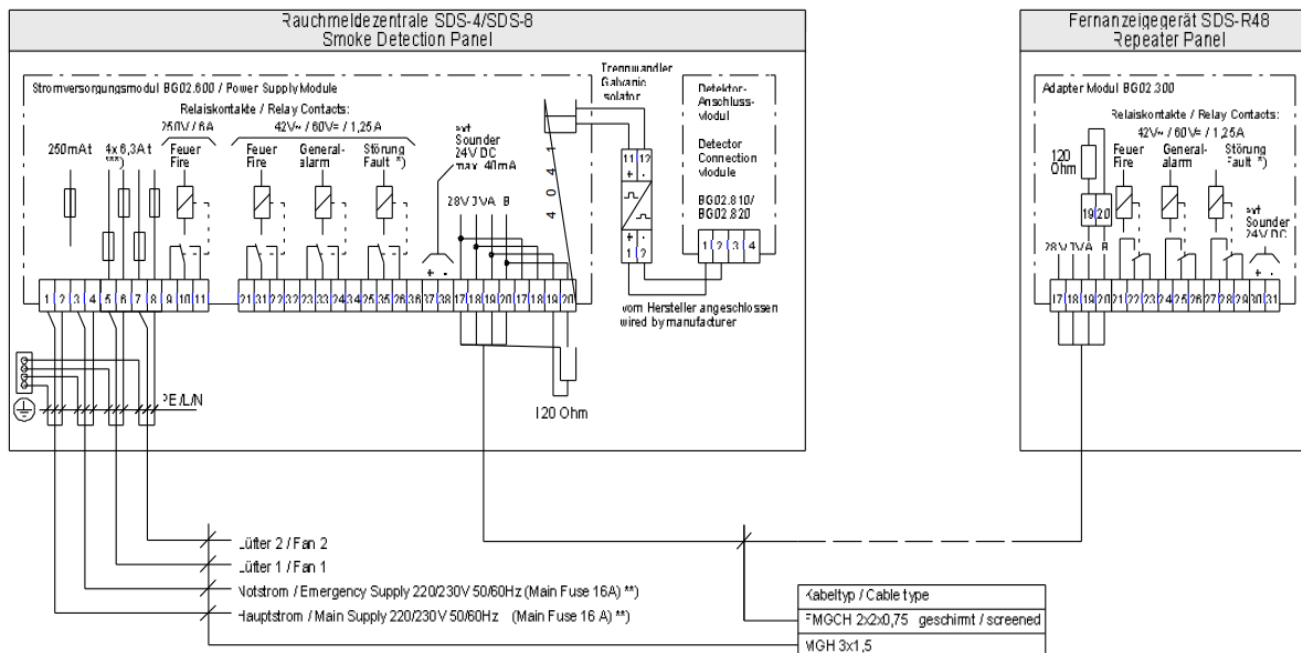


Рисунок 6.2 – Система виявлення задимлення та сигналізації SDS-48

Включення сигналізації попередження має блокуватися з ручним і дистанційним пуском системи незалежно від того, звідки виконується пуск. Час подачі сигналу - 1-2 хвилини перед початком вступу вуглекислого газу в приміщення - визначається часом евакуації з найбільш видаленої частини приміщення до вихідних дверей з нього. Сигнал має бути добре чутний серед шуму в приміщенні і по тону відрізнятися від інших сигналів. Принципова електрична схема системи виявлення задимлення та зовнішньої сигналізації SDS-48 в грузових приміщеннях представлена на рисунку 6.2.

6.2.4. Охорона навколишнього середовища від забруднення моря нафтою при експлуатації балкера.

MARPOL 73/78 - головна міжнародна угода, що охоплює запобігання забрудненню навколишнього середовища судами від експлуатаційних або випадкових причин. Документ є комбінацією двох угод, прийнятих в 1973 і 1978 роках, який оновлюється, в міру необхідності, поправками і доповненнями.

Конвенція [19] містить інструкції, націлені на запобігання і зменшення забруднення моря з судів як внаслідок інцидентів, так і внаслідок експлуатації, і на теперішній час включає шість додатків. Додаток I - Інструкції по запобіганню забрудненню нафтою. Цей додаток введення в дію: 2 жовтня 1983.

Новою і важливою особливістю Конвенції 1973 р. стала концепція "особливих зон", які вважаються настільки уразливими до забруднення нафтою, що скидання в їх межах були повністю заборонені з невеликими і чітко визначеними виключеннями. Конвенція 1973 р. визначила Середземне, Чорне, Балтійське, Червоне моря, "Акваторії заток", Аденська затока та район Антарктики як "особливі райони". Усі судна, що мають на борту нафтопродукти, повинні мати можливість збереження нафтових відходів на борту судна або для

відкачування на берегові очисні споруди. Це передбачає впровадження відповідного устаткування : системи контролю і стеження за скиданням нафти, системи фільтрації і сепарації нафтовмісних вод, відстійні цистерни, насоси, трубопроводи і арматура.

У "особливому районі" забороняється будь-яке скидання нафти або нафтовмісної суміші з будь-якого судна валовою місткістю 400 рег.т і більш, що не є нафтовим танкером. Відносно району Антарктики будь-яке скидання в морі нафти або нефтесодержащей суміші з будь-якого судна забороняється, за винятком, коли вміст нафти в стоці без його розбавлення не перевищує 15 мільйонних долей.

Стік, що скидається в море, не повинен містити хімічних або інших речовин, кількість або концентрація яких є небезпечними для морського середовища, а також хімічних або інших речовин, введених з метою обійти умови скидання.

На нових судах валовою місткістю 4000 рег.т і більше, що не є нафтовими танкерами прийом водяного баласту в танки нафтового палива не допускається. На судах валовою місткістю 400 рег.т і більше, контракт на спорудження якого укладений після 1 січня 1982 року або, за відсутності контракту на будову, кіль якого закладений або яке знаходиться в подібній стадії будівлі після 1 липня 1982 року, нафта не повинна перевозитися у форпіку або танках, розташованих в ніс від таранної перегородки.

Будь-яке судно валовою місткістю 400 рег.т і більш, але менше 10000 рег.т оснащується устаткуванням для фільтрації нафти, що відповідають вимогам конвенції МАРПОЛ. Будь-яке судно валовою місткістю 10000 рег.т і більш оснащується устаткуванням для фільтрації нафти і пристроями сигналізації і автоматичного припинення будь-якого скидання нафтовмісної суміші, коли вміст нафти в стоці перевищує 15 частин на мільйон. Устаткування для фільтрації нафти, згадане вище повинне мати схвалену Адміністрацією конструкцію і є таким, щоб після проходження через систему або системи будь-якої нафтовмісної суміші, що скидається в море, вміст нафти в ній не перевищувало 15 частин на мільйон. Воно оснащується сигнальними пристроями, які включаються, коли цей рівень не може підтримуватися. Система також обладналася пристроями, що забезпечують автоматичне припинення будь-якого скидання нафтовмісних сумішей, коли вміст нафти в стоці перевищує 15 частин на мільйон.

Для забезпечення можливості приєднання труб приймальних споруд до суднового трубопроводу для скидання залишків з льял машинних приміщень обидва трубопроводи (з обох бортів судна) оснащуються стандартним зливним з'єднанням відповідно до таблиці 6.10:

Таблиця 6.10. Стандартні розміри фланців для зливних з'єднань

Найменування	Розмір
Зовнішній діаметр	215 мм
Внутрішній діаметр	Відповідно до зовнішнього діаметру труби
Діаметр кола центрів отворів під болти	183 мм
Прорізи у фланці	6 отворів діаметром 22 мм, розташованих на рівних відстанях по колу центрів вищезгаданого діаметру, з прорізами до зовнішньої кромки фланця. Ширина прорізів - 22 мм
Товщина фланця	20 мм
Болти і гайки : кількість, діаметр	6, кожен діаметром 20 мм і належної довжини
Фланець призначений для труб з максимальним внутрішнім діаметром до 125 мм і виготовляється із сталі або з іншого еквівалентного матеріалу з плоскою торцевою поверхнею. Цей фланець з прокладенням з нефтестойкого матеріалу розраховується на робочий тиск 6 кг/см/	

З урахуванням положень, передбачених правилами 10 і 11, Додатків I Конвенції [19] і пунктом 2 правила 9, забороняється будь-яке скидання в морі нафти або нафтовмісної суміші з суден валовою місткістю 400 рег.т і більше, що не є нафтовим танкером, до яких застосовується цей Додаток, за винятком випадків, коли дотримуються одночасно усі наступні умови:

- судно знаходиться поза межами особливого району;
- судно знаходиться в дорозі;
- зміст нафти в стоці без його розбавлення не перевищує 15 частин на мільйон;
- судно знаходиться на відстані більше 12 морських миль від берега;
- на судні знаходиться у дії устаткування, яке вимагається правилом 16.

Журнал нафтових операцій

Кожне судно валовою місткістю 400 рег.т і більш, що не є нафтовим танкером, забезпечується журналом нафтових операцій, частина I (Операції в машинних приміщеннях). Журнал нафтових операцій заповнюється по кожному танку, якщо це застосовно, в кожному випадку, коли на судні виконуються які-небудь з вказаних нижче операцій:

- операції в машинних приміщеннях (для усіх суден): прийом баласту в танки нафтового палива або їх очищення;
- скидання брудного баласту або промивальної води з танків;
- видалення нафтових залишків (нафтовмістних опадів);

- скидання за борт або видалення іншим чином льяльних вод, що накопичилися в машинних приміщеннях.

Журнал нафтових операцій зберігається на судні, за винятком буксированих суден без екіпажа, в такому місці, яке легко доступно і дозволяє в будь-який розумний час виробити перевірку журналу. Журнал зберігається протягом трьох років після внесення до нього останнього запису.

Судновий план надзвичайних заходів по боротьбі із забрудненням нафтою.

Кожне судно, що не є нафтовим танкером, валовою місткістю 400 рег.т і більше, повинні мати на борту судновий план надзвичайних заходів по боротьбі із забрудненням нафтою, схвалений Адміністрацією.

Такий план повинен складатися відповідно до розпоряджень, розроблених компанією, письмово на робочій мові капітана і осіб командного складу. План повинен включати, принаймні:

- процедуру, якій повинні слідувати капітан або інші особи, що несуть службу на судах, при повідомленні у разі інциденту, що викликає забруднення нафтою;
- перелік організацій або осіб, з якими має бути встановлений зв'язок у разі інциденту, що викликає забруднення нафтою;
- детальний опис дій, які мають бути негайно зроблені особами, що знаходяться на борту судна, для обмеження або регулювання скидання нафти в результаті інциденту;
- процедури і пункти зв'язку на судні для координації дій на борту судна з національною і місцевою владою по боротьбі із забрудненням.

ВИСНОВКИ

В даній дипломній роботі було розглянуто електроенергетичну систему балкера водотоннажністю 52000 тон. Розрахунок суднової електроенергетичної станції виконувався табличним методом. Цей метод був обраний, оскільки є найбільш наочним – при розрахунках точно видно як кожний споживач електроенергії поводить себе в конкретному режимі роботи судна. Для суднової електростанції було обрано 3 дизель-генератора фірми HYUNDAI потужністю 484 кВт кожен. Також, було обрано один аварійний генератор фірми HYUNDAI 94 кВт. Були обрані безщіткові генератори, тому що за останні роки вони знайшли широке розповсюдження на судах морського флоту як надійні та легкі в обслуговуванні агрегати суднових електричних станцій.

Був розглянутий електропривод автоматичної швартовної лебідки. Після розрахунків потрібної потужності, було обрано двигун фірми ABB типу M3BP 180 MLC4 потужністю 34 кВт, було обрано захисно-комутаційну апаратуру та модернізовано схему управління порівняно від попередньої використання частотного приводу ABB ACS880-01-065A-5.

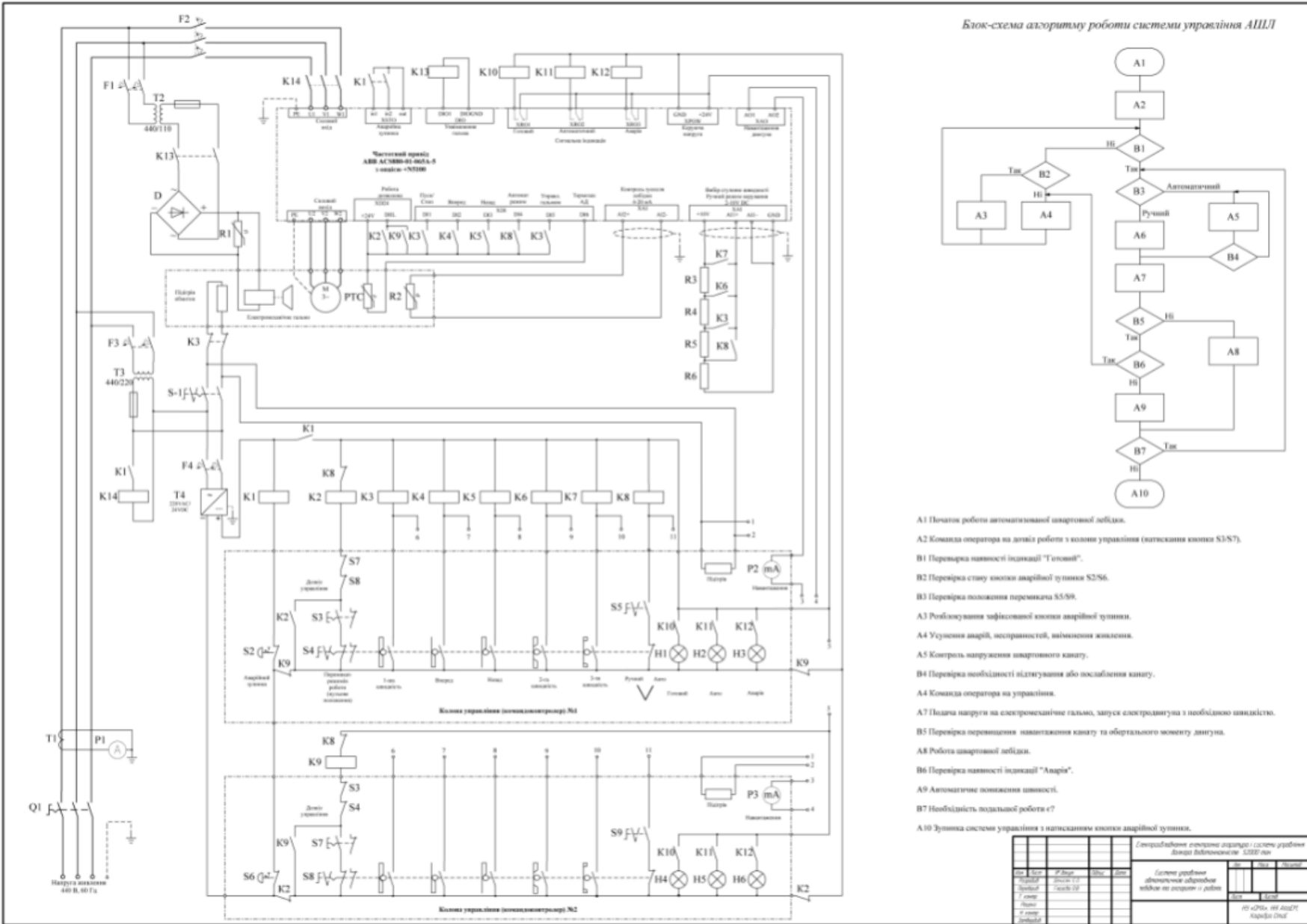
На протязі виконання усього дипломного проекту велика увага була приділена вивченню нормативних документів, таких як Регістр Морського Судноплавства та Правил Технічної Експлуатації як електрообладнання зокрема, так і всього суднового устаткування в цілому.

Крім цього я користувався технічною документацією пристроїв, узятій з діючого судна та Інтернету. Це дозволило мені користуватися описом новітніх досягнень у плані проектування суднових електроенергетичних станцій. Також я ознайомився із сайтами іменитих фірм виробників суднового електроустаткування.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

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. Богословский А. П., Судовые электроприводы/ Справочник. Том 2. – Л.: Судостроение, 1983. – 384 с.
5. Усатенко С.Т., Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. - М.: Издательство стандартов, 1989. - 325с.
6. Правила технической эксплуатации судовых технических средств. - М.: В/О Мортехинформреклама, 1984. - 388с.
7. Правила Регистра Украины для морских и речных судов. Киев: 2003.
8. Піпченко О.М. Розрахунок суднових електроенергетичних систем. - М.: Мортехінформреклама, 1988- 39 с.
9. Яковлев Г.С. Суднові електроенергетичні системи,- Л.; Суднобудування, 1987.- 272 с.
10. Толстов А.А. Устройство и эксплуатация судовых синхронных генераторов: Учеб.пособие.- Одеська нац. морська академія. – Одеса, 2006.
11. Иванов Б.Н., Коллегаев М.А., Касилов Ю.И., Иванов А.И. Основы охраны труда на морском транспорте – Одесса: Компас, 2003.
12. Коллегаев 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.
13. ABB Drive ACS880–01 user`s manual.
14. ABB Synpol®D user`s manal.
15. AMS Human interface Aconis-DS user`s manual.
16. Міжнародна конвенція по охороні людського життя на морі (SOLAS - 74).
17. Правила техники безопасности на судах морского флота. РД31.81.10-75. - М «Мортехинформреклама», 2004.-300с.
18. Міжнародний кодекс по системам пожежної безпеки (FSS Code).
19. Міжнародна конвенція по запобіганню забрудненню з суден 1973 року, змінена Протоколом 1978 року до неї (МАРПОЛ 73/78).
20. Інтернет ресурс, сайти: www.abb.com, www.hhi.com

Схема автоматичного управління електроприводом АШЛ та алгоритм роботи



Додаток Б

Продовження Додатку Б																						
№	Назва механізму	Кількість	Номинальні параметри							Стоянка у порту з навантаженими операціями							Аварійний режим					
			Р _п , кВт	I, А U=440 В	cos(φ), %	η, %	Сумарна потужність			Графік роботи	Кд, %	cos(φ), %	К-сть одноч. прал., т	Сумарна потужність			Графік роботи	Кд, %	cos(φ), %	К-сть одноч. прал., т	Сумарна потужність	
							Р _п , кВт	Q, кВт	S _{кВА}					Р _ф , кВт	Q, кВт	S _{кВА}					Р _ф , кВт	Q, кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
Механізми машинного відділення																						
1	Напітвач повітря Г/Д	2	35,5	64,62	80	90,1	39,40	29,55	49,25	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2	Компресор пускового повітря Г/Д	2	30,0	50,35	86	90,9	33,00	19,58	38,37	ПІП	90	83	1	29,70	19,96	35,78	ПІП	90	83	1	29,70	19,96
3	Головний насос охолодж. прісною водою	2	11,0	19,76	83	88,0	12,50	8,40	15,06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
4	Головний насос охолодж. забортою водою	1	37,0	65,13	82	90,9	40,70	28,41	49,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	Дізом. насос охолодж. забортою водою	1	15,0	27,04	82	88,8	16,90	11,80	20,61	БП	85	82	1	14,37	10,03	17,52	БП	85	82	1	14,37	10,03
6	Головний масляний насос	2	55,0	88,99	87	93,2	59,00	33,44	67,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7	Масляний насос дейдвуда	2	0,8	2,05	64	75,0	1,00	1,20	1,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	Маслоперезаправний насос	1	2,2	4,55	75	84,6	2,60	2,29	3,47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	Головний живильний насос сепаратора масла	1	0,8	2,05	64	75,0	1,00	1,20	1,56	БП	75	77	1	0,75	0,62	0,97	-	-	-	-	-	-
10	Живильний насос сепаратора масла /Д/	1	0,8	2,05	64	75,0	1,00	1,20	1,56	БП	75	77	1	0,75	0,62	0,97	-	-	-	-	-	-
11	Головний пристрій котла	1	2,2	3,98	89	81,5	2,70	1,38	3,03	БП	75	77	1	2,03	1,678	2,630	-	-	-	-	-	-
12	Напітвач палива котла	1	4,0	5,25	100	100,0	4,00	0,00	4,00	ПІП	100	100	1	4,00	0,00	4,00	-	-	-	-	-	-
13	Підкачувальний насос палива котла	1	0,4	1,06	62	80,0	0,50	0,63	0,81	БП	85	82	1	0,43	0,30	0,52	-	-	-	-	-	-
14	Підкачувальний насос палива	2	1,5	3,51	71	78,9	1,90	1,88	2,68	БП	65	72	1	1,24	1,19	1,72	БП	65	72	1	1,24	1,19
15	Циркуляційний насос палива	2	3,7	7,60	76	84,1	4,40	3,76	5,79	БП	65	72	1	2,86	2,76	3,97	-	-	-	-	-	-
16	Перекачувальний насос важкого палива	1	11,0	20,50	80	88,0	12,50	9,38	15,63	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Перекачувальний насос дизельного палива	1	2,2	4,49	76	84,6	2,60	2,22	3,42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Живильний насос котла водою	2	5,5	9,37	91	84,6	6,50	2,96	7,14	БП	55	70	1	3,58	3,65	5,11	-	-	-	-	-	-
19	Сепаратор палива	2	5,5	10,40	82	84,6	6,50	4,54	7,93	БП	70	75	1	4,55	4,01	6,07	-	-	-	-	-	-
20	Сепаратор масла	1	5,5	10,40	82	84,6	6,50	4,54	7,93	БП	60	71	1	3,90	3,87	5,49	-	-	-	-	-	-
21	Валоповоротний пристрій	1	2,2	3,98	89	81,5	2,70	1,38	3,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
22	Насос хім. очистки охолодж. повітря	1	2,2	3,98	89	81,5	2,70	1,38	3,03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Механізми суднових систем																						
23	Пожжежний насос	2	30,0	50,94	85	90,9	33,00	20,45	38,82	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
24	Осушувальний насос	1	1,5	3,03	78	83,3	1,80	1,44	2,31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
25	Баластний насос	1	55,0	92,16	86	91,1	60,40	35,84	70,23	БП	75	82	1	45,30	31,62	55,24	-	-	-	-	-	-
26	Шламочисний насос	1	1,5	3,56	70	78,9	1,90	1,94	2,71	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
27	Баластний (допоміжний забортовий) насос	1	55,0	92,16	86	91,1	60,40	35,84	70,23	БП	75	82	1	45,30	31,62	55,24	-	-	-	-	-	-
28	Сепаратор масла /Д/	1	1,5	3,07	77	83,3	1,80	1,49	2,34	БП	60	71	1	1,08	1,07	1,52	-	-	-	-	-	-
29	Рульова машина	2	11,0	19,53	84	88,0	12,50	8,07	14,88	-	-	-	-	-	-	-	БП	30	69	1	3,75	3,93
30	Аварійний пожежний насос	1	30,0	49,77	87	90,9	33,00	18,70	37,93	-	-	-	-	-	-	-	БП	80	85,00	1	26,40	16,36
31	Насос гідрофора	2	3,7	6,42	90	84,1	4,40	2,13	4,89	ПІП	75	77	1	3,30	2,73	4,29	-	-	-	-	-	-
32	Кран машинного відділення (лебідка)	1	1,8	3,92	77	78,3	2,30	1,91	2,99	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
33	Кран машинного відділення (переміщення)	1	0,4	0,85	77	80,0	0,50	0,41	0,65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
34	Масляний насос /Д/	3	0,9	2,04	77	75,0	1,20	0,99	1,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
35	Інсеператор	1	3,7	6,42	90	84,1	4,40	2,13	4,89	БП	80	78	1	3,52	2,82	4,51	-	-	-	-	-	-
36	Насос питної води	1	3,70	6,42	90	84,1	4,40	2,13	4,89	ПІП	75	77	1	3,30	2,73	4,29	-	-	-	-	-	-
37	Вакуумна фекалія машина	1	2,3	4,83	76	80,4	2,80	2,39	3,68	ПІП	80	78	1	2,24	1,80	2,87	-	-	-	-	-	-
38	Циркуляційний насос гарячої води	1	0,4	0,94	70	80,0	0,50	0,51	0,71	БП	80	78	1	0,40	0,32	0,51	-	-	-	-	-	-
39	Ежекторний насос опріснювача	1	5,5	10,40	82	84,6	6,50	4,54	7,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
40	Насос дистильованої води	1	0,8	2,05	64	75,0	1,00	1,20	1,56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Додаток Б

Кількість

S_{кВА}

24

-

35,78

-

-

17,52

-

-

-

-

1,72

-

-

-

-

-

-

-

-

-

-

5,43

31,06

-

-

-

-

-

-

-

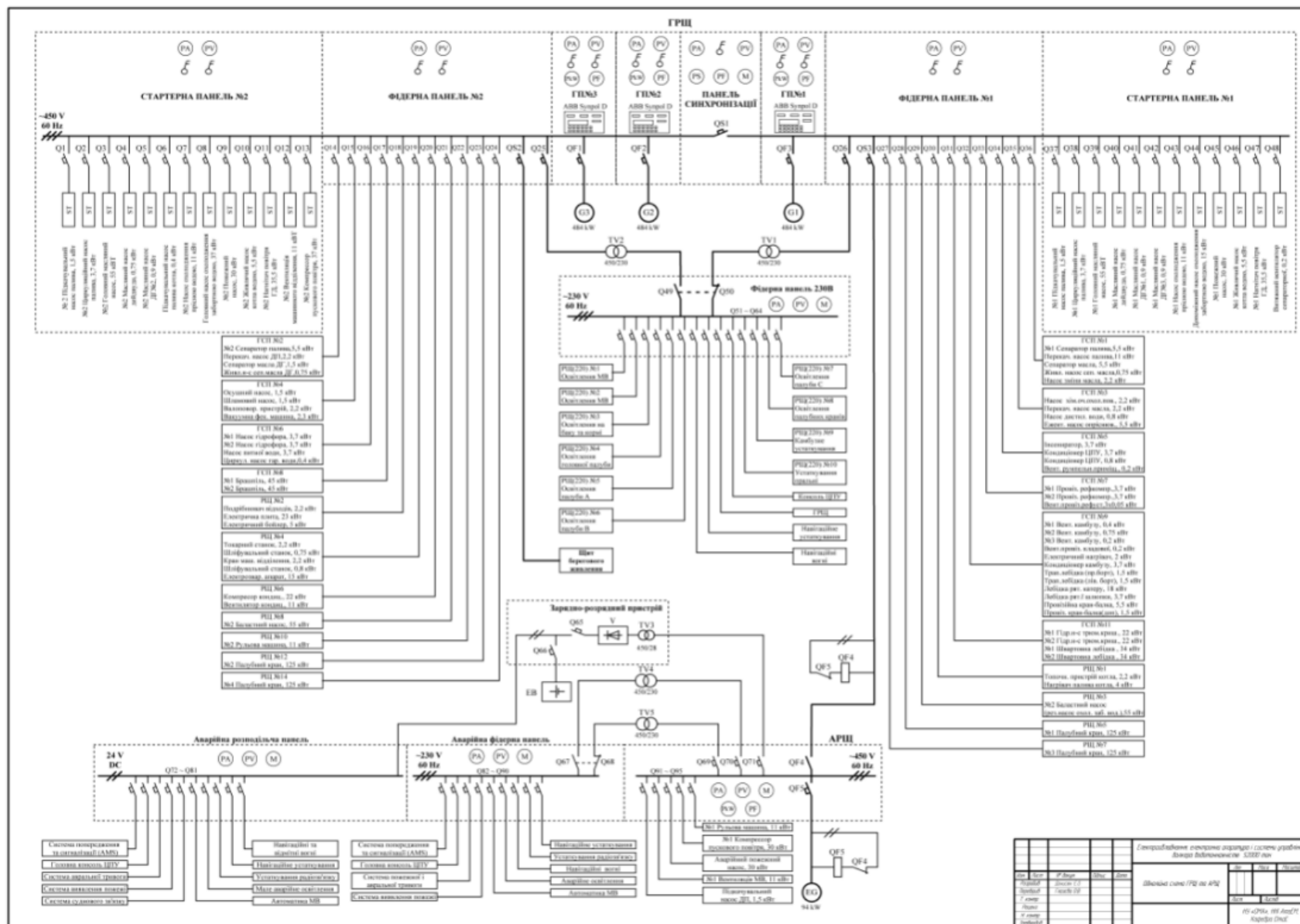
		3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	2																					
Продовження До																						
Палубні механізми																						
41	Палубний кран	4	125,0	207,35	86	92,0	135,90	80,64	158,02	БП	95	87	4	516,42	292,67	593,59	-	-	-	-	-	-
42	Вентилятор охолодження масла крана	4	3,7	7,13	81	84,1	4,40	3,19	5,43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
43	Брашпиль	2	45,0	82,26	78	92,0	48,90	39,23	62,69	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
44	Швартовка лебідки	2	34,0	50,47	91	97,1	35,00	15,95	38,46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
45	Гідравлічний насос трюмних кріпок	2	22,0	36,80	87	90,2	24,40	13,83	28,05	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
46	Трапова лебідка	2	1,5	3,37	74	78,9	1,90	1,73	2,57	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
47	Противітний кран	1	5,5	10,40	82	84,6	6,50	4,54	7,93	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
48	Противітний кран (допоміжний)	1	1,5	2,77	71	100,0	1,50	1,49	2,11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
49	Привід лебідки рятувальної шлюпки (катер)	1	18,0	30,67	89	86,5	20,80	10,66	23,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
50	Привід лебідки рятувальної шлюпки	1	3,7	7,04	82	84,1	4,40	3,07	5,37	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Холодильні та кліматичні установки																						
51	Противітний рефрижератор	2	3,7	7,04	82	84,1	4,40	3,07	5,37	БП	80	78	1	3,52	2,82	4,51	-	-	-	-	-	-
52	Вентилятор противітної рефрижератори	3	0,05	0,13	78	62,5	0,08	0,06	0,10	БП	90	80	3	0,22	0,16	0,27	-	-	-	-	-	-
53	Компресор кондиціонера	1	22,0	37,23	86	90,2	24,40	14,48	28,37	БП	85	82	1	20,74	14,48	25,29	-	-	-	-	-	-
54	Вентилятор кондиціонера	1	11,0	19,53	84	88,0	12,50	8,07	14,88	БП	90	83	1	11,25	7,56	13,55	-	-	-	-	-	-
55	Кондиціонер ЦПУ	1	3,7	6,42	90	84,1	4,40	2,13	4,89	БП	75	77	1	3,30	2,73	4,29	-	-	-	-	-	-
56	Кондиціонер ЦПУ	1	0,8	2,05	64	75,0	1,00	1,20	1,56	БП	75	77	1	0,75	0,62	0,97	-	-	-	-	-	-
Вентиляція та освітлення																						
57	Вентиляція машинного відділення	1	11,0	20,50	80	88,0	12,50	9,38	15,63	БП	90	83	1	11,25	7,56	13,55	-	-	-	-	-	-
58	Вентиляція машинного відділення (авар)	1	11,0	20,50	80	88,0	12,50	9,38	15,63	-	-	-	-	-	-	-	БП	90	83	1	11,25	7,56
59	Вентиляція статії сепараторів	1	0,2	0,42	78	80,0	0,25	0,20	0,32	БП	90	80	1	0,23	0,17	0,28	-	-	-	-	-	-
60	Вентилятор надбудови	1	2,6	4,96	82	83,9	3,10	2,16	3,78	БП	80	78	1	2,48	1,99	3,18	-	-	-	-	-	-
61	Освітлення надбудови	1	40,00	52,49	100	100,0	40,00	0,00	40,00	БП	50	100	1	20,00	0,00	20,00	БП	30	100	1	12,00	0,00
62	Освітлення машинного відділення	1	17,00	22,31	100	100,0	17,00	0,00	17,00	БП	85	100	1	14,45	0,00	14,45	БП	30	100	1	5,10	0,00
63	Зовнішнє освітлення палуби	1	12,00	15,75	100	100,0	12,00	0,00	12,00	БП	90	100	1	10,80	0,00	10,80	-	-	-	-	-	-
64	Освітлення грузових приміщень	1	5,00	6,56	100	100,0	5,00	0,00	5,00	БП	90	100	1	4,50	0,00	4,50	-	-	-	-	-	-
Навігаційне устаткування та системи управління																						
65	Навігаційні та сигнальні воли	1	1,30	1,71	100	100,0	1,30	0,00	1,30	БП	10	100	1	0,13	0,00	0,13	БП	20	100	1	0,260	0,00
66	Внутрішній зв'язок	1	3,50	4,59	100	100,0	3,50	0,00	3,50	БП	50	100	1	1,75	0,00	1,75	БП	50	100	1	1,750	0,00
67	Радіостанції	1	4,5	5,90	100	100,0	4,50	0,00	4,50	БП	30	100	1	1,35	0,00	1,35	БП	60	100	1	2,700	0,00
68	Навігаційне обладнання	1	4,0	5,25	100	100,0	4,00	0,00	4,00	БП	10	100	1	0,40	0,00	0,40	БП	70	100	1	2,800	0,00
Побутове та інше устаткування																						
69	Устаткування камбузу та пральні	1	60,0	78,73	100	100,0	60,00	0,00	60,00	ПП	60	100	1	36,00	0,00	36,00	-	-	-	-	-	-
70	Товарний станок	1	2,2	4,37	81	81,5	2,70	1,95	3,33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
71	Шліфувальний станок	1	0,8	1,70	77	80,0	1,00	0,83	1,30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72	Електропаровий апарат	1	15,0	19,68	100	100,0	15,00	0,00	15,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
73	Електричний нагрівач	1	2	2,62	100	100,0	2,00	0,00	2,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
74	Інші споживачі	1	15,0	19,68	100	100,0	15,00	0,00	15,00	ПП	100	100	1	15,00	0,00	15,00	-	-	-	-	-	-
Р _{0п} і Q _{0п}														753,35	426,85							
Р _п і Q _п														93,54	27,22							
Р _с і Q _с														846,89	454,08							
Коефіцієнт різноманітності і коеф. втрати потужності К _р и К _п														0,90	1,04							
Активне Р _{пг} і реактивне Q _{пг} навантаження генераторів														792,69	408,67							
Індивідуальні генератори змінного струму середньому коеф. потужності cos φ _{ср}														891,83	0,89							
Кількість і потужність працюючих генераторів, кВт														2 x 480								
Завантаження генераторів по активній потужності, %														82,57								
															</							

Технічні данні генераторів HYUNDAI
 450/260 V, 60 Hz 900 rev/min (8-pole) та
 450/260 V, 60 Hz 1800 rev/min (4-pole)

					Net Weight	Moment of inertia (J)	Rated current at 450 V, 60 Hz
kVA	kVA	kVA	kVA		kg	kg m2	A
900 rev/min (8-pole)					IP23		
670	635	620	605	HFC7 454-8	3,000	29	860
725	685	670	655	456	3,100	32	930
865	820	800	780	HFC7 502-8	3,350	39	1,110
1,025	975	950	925	504	3,600	43.5	1,315
1,250	1,190	1,160	1,130	506	3,800	47.9	1,604
1,380	1,310	1,280	1,250	508	4,100	52.5	1,771
1,570	1,500	1,450	1,415	HFC7 564-8	5,060	92.0	2,014
1,670	1,600	1,545	1,505	566	5,244	96.2	2,143
1,840	1,790	1,730	1,690	568	5,428	102.0	2,361
1,940	1,885	1,825	1,765	HFC7 634-8	6,528	144	2,489
2,385	2,310	2,240	2,170	636	6,720	166	3,060
2,465	2,390	2,315	2,240	638	7,008	180	3,163
3,025	2,930	2,840	2,750	HFC7 712-8	9,200	241	3,881
3,455	3,350	3,245	3,145	714	9,500	266	4,433
3,885	3,765	3,650	3,535	716	9,900	300	4,984
4,445	4,305	4,180	4,045	HFC7 802-8	12,100	440	5,703
5,125	5,040	4,890	4,730	804	13,100	510	6,575
5,895	5,770	5,600	5,420	806	14,500	585	7,563

kVA	kVA	kVA	kVA		kg	kg m2	A
1800 rev/min (4-pole)					IP23		
130	125	120	118	HFC7 280-4	700	1.98	167
170	160	155	150	282	710	2.07	218
210	205	200	195	284	920	3.01	269
255	250	235	230	286	930	3.20	327
310	300	290	280	HFC7 350-4	1,220	4.3	398
350	340	330	320	352	1,280	4.6	449
445	435	425	415	354	1,400	5.2	571
560	530	515	500	356	1,600	6.4	718
570	560	545	525	HFC7 400-4	1,750	9.1	731
650	620	600	585	402	1,820	9.6	834
690	660	630	605	404	1,910	10.9	885
740	710	680	650	406	1,955	11.4	949
1,015	970	945	925	HFC7 454-4	3,000	29.0	1,302
1,230	1,170	1,135	1,105	456	3,100	32.0	1,578
1,390	1,340	1,300	1,270	HFC7 502-4	3,350	34.0	1,783
1,620	1,570	1,530	1,500	504	3,600	37.0	2,078
1,770	1,690	1,640	1,600	506	3,800	40.0	2,271
2,245	2,130	2,075	2,025	HFC7 564-4	4,650	54.1	2,880
2,450	2,400	2,345	2,290	566	5,300	59.5	3,143
2,645	2,590	2,535	2,475	568	5,700	63.0	3,394

Однолінійна схема ГРЩ та АРЩ



Додаток Д

Технічні данні генераторних автоматів АВВ серії SACE Emax2

Common data		
Rated service voltage Ue	[V]	690
Rated insulation voltage Ui	[V]	1000
Rated impulse withstand voltage Uimp	[kV]	12
Frequency	[Hz]	50 - 60
Number of poles		3- 4
Version		Fixed - Withdrawable
Suitable for isolation according to		IEC 60947-2

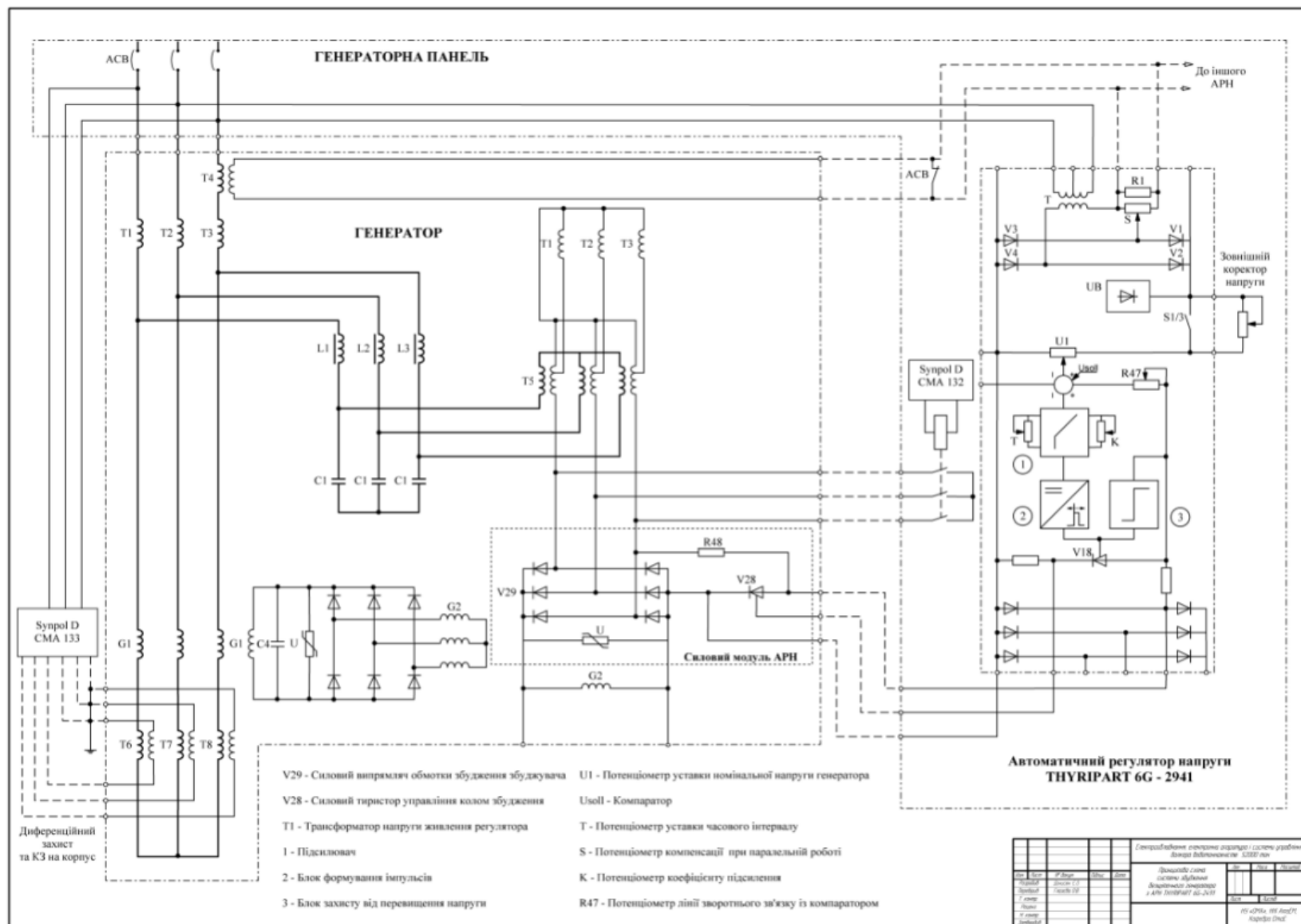


SACE Emax 2			E1.2		
Performance levels			B	C	N
Rated uninterrupted current Iu @ 40°C		[A]	630	630	250
		[A]	800	800	630
		[A]	1000	1000	800
		[A]	1250	1250	1000
		[A]	1600	1600	1250
		[A]			1600
		[A]			
Neutral pole current-carrying capacity for 4-pole CBs		[%Iu]	100	100	100
Rated ultimate short-circuit breaking capacity Icu	400-415 V	[kA]	42	50	66
	440 V	[kA]	42	50	66
	500-525 V	[kA]	42	42	50
	690 V	[kA]	42	42	50
Rated service short-circuit breaking capacity Ics		[%Icu]	100	100	100 ¹⁾
Rated short-time withstand current Icw	(1s)	[kA]	42	42	50
	(3s)	[kA]	24	24	30
Rated short-circuit making capacity (peak value) Icm	400-415 V	[kA]	88	105	145
	440 V	[kA]	88	105	145
	500-525 V	[kA]	88	88	105
	690 V	[kA]	88	88	105
Utilization category (according to IEC 60947-2)			B	B	B
Breaking	Breaking time for I<Icw	[ms]	40	40	40
	Breaking time for I>Icw	[ms]	25	25	25
Dimensions	H - Fixed/Withdrawable	[mm]	296/363.5	296/363.5	296/363.5
	D - Fixed/Withdrawable	[mm]	183/271	183/271	183/271
	W - Fixed 3p/4p/4p FS	[mm]	210/280		
	W - Withdrawable 3p/4p/4p FS	[mm]	278/348		
Weights (CB with trip unit and current sensor)	Fixed 3p/4p	kg	14/16		
	Withdrawable 3p/4p/4p FS including fixed part	kg	38/43		

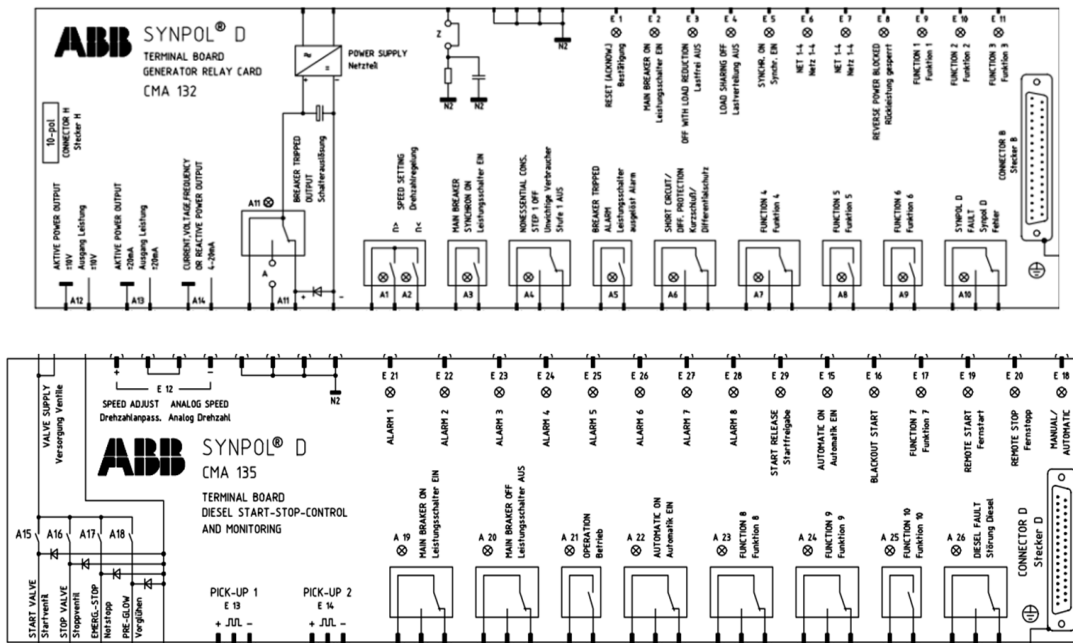
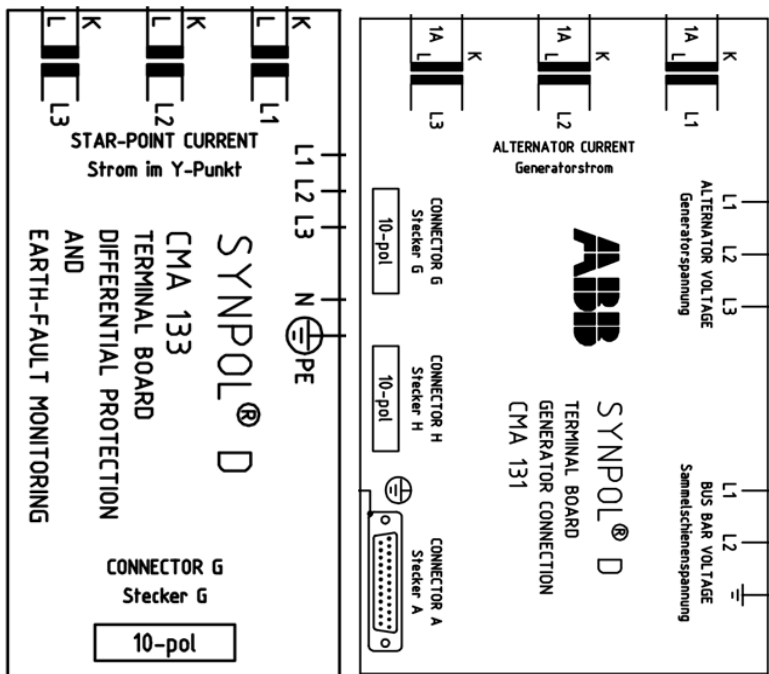
1) Ics : 50kA for 400V...440V voltage; 2) Ics: 125kA for 400V...440V voltage; 3) E4,2H 3200A: 66Icw (3s)

SACE Emax 2			E1.2		
Mechanical and electrical life with regular ordinary maintenance prescribed by the manufacturer		[Iu]	≤ 1000	1250	1600
		[No. cycles x 1000]	20	20	20
	Frequency	[Oper./Hour]	60	60	60
Electrical life	440 V	[No. cycles x 1000]	8	8	8
	690 V	[No. cycles x 1000]	8	6,5	6,5
	Frequency	[Oper./Hour]	30	30	30

Принципова схема системи збудження безщітного генератора THYRIPART 6G-2491



Допоміжні модулі Synpol D: CMA 131, CMA 132, CMA 133, CMA 135.



Структурно функціональна схема дистанційного автоматичного управління дизель-генератором.

