

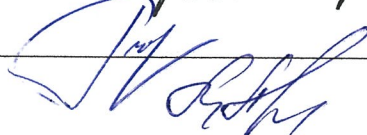
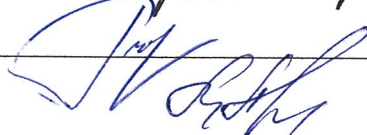
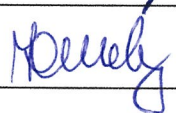
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

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
контейнеровоза місткістю 8700 контейнерів»

Виконавець  В.М. Хом'ячук
Завідувач кафедри  М.Й. Муха
25.01.21р.
Керівник  О.В. Глазева
Рецензент  В.С. Луковчов
Нормоконтроль  Ю.С. Мєвчов

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки

Кафедра електричної інженерії та електроніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ЕІ та Е

 М. Й. Муха
«09» листопада 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу бакалавра

Хом'ячука Володимира Михайловича

Тема бакалаврської роботи:

1. «Електрообладнання, електронна апаратура і системи управління контейнеровоза місткістю 8700 контейнерів» затверджена наказом ректора академії від « 22 » грудня 2020 р. № 1960

2. Термін здачі студентом закінченої роботи до 20.01.2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: технічна документація судна - контейнеровоза місткістю 8700 контейнерів.

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

4.1. Технічно-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна:

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

- вибір та обґрунтування основних параметрів СЕЕС та вибір її типу;

4.2. Судновий електропривод (ЕП) та система управління (суднова електромеханічна 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.

4.3. 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.

4.4. Аналіз систем та пристроїв управління судном:

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

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

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

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

4.5. Питання цивільного захисту та охорони праці.

5. Перелік графічного матеріалу:

- принципова схема силової частини електроприводу та схема його системи управління;

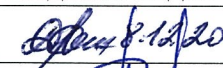
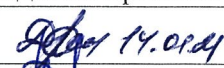
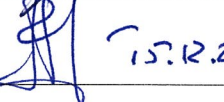
- однолінійна схема ГРЩ і АРЩ;

- система збудження СГ;

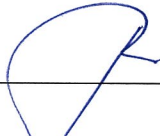
- структурна або функціональна схема АСУ СЕЕС, алгоритм управління;

- принципова або структурна схема системи управління технічного об'єкту, граф-схема алгоритму функціонування.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис і дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Безпека та виживання на морі	кафедра БЖ	 09.11.20	 14.01.21
Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	Голобородько О.І. кафедра МТ		 15.12.20

Дата видачі завдання: 09.11.2020 р.

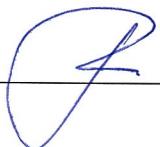
Керівник  О.В. Глазева

Завдання прийняв до виконання  В.М. Хом'ячук

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання	Прим.
1	Розрахунок режимів роботи електропривода циркуляційного насосу заборотної води. Вибір двигуна. Перевірка двигуна за нагрівом. Розрахунок статичних та динамічних характеристик приводу. Спосіб пуску двигуна.	09.12.20- 20.12.20	
2	Суднова електроенергетична система (СЕЕС): розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості, потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів СЕЕС; розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ; вибір генераторних автоматів; вибір системи збудження синхронних генераторів; перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електроприводу на втрату напруги; вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС; загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення.	21.12.20- 04.01.21	
3	Аналіз систем та пристроїв управління судном: технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем; аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки; ГМЗСБ і навігація.	05.01.21- 11.01.21	
4	Підготовка розділів цивільний захист та охорона праці	12.01.21- 14.01.21	
5	Оформлення пояснювальної записки та графічної частини роботи.	19.01.21 – 20.01.21	

Курсант-дипломник  В.М. Хом'ячук

Керівник  О.В. Глазева

Анотація

Електрообладнання, електронна апаратура и системи управління контейнеровоза місткістю 8700 контейнерів.

У дипломній роботі було розглянуто судно типу контейнеровоз місткістю 8700 контейнерів. Були описані техніко-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна.

Зроблено розрахунок режимів роботи та вибір електропривода насоса заборотної води системи охолодження ГД і ДГ. 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 і його система збудження. Розроблені однолінійна схема головного і аварійного розподільних щитів. Описана схема розподілу електроенергії по судну. Обрані засоби автоматизації СЕЕС, розроблена функціональна схема автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, проведено розробку алгоритмів управління СЕЕС для характерних режимів роботи.

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

Розглянуті питання засобів автоматизації, цивільного захисту та охорони праці.

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

Аннотация

Электрооборудование, электронная аппаратура и системы управления контейнеровоза вместимостью 8700 контейнеров

В дипломной работе было рассмотрено судно типа контейнеровоз, вместимостью 8700 контейнеров. Были описаны технико-эксплуатационные характеристики и конструктивные особенности судна.

Сделан расчет режимов работы и выбор электропривода насоса забортной воды системы охлаждения ГД и ДГ. Разработана граф-схема алгоритма автоматизации электропривода, а также принципиальная схема системы управления электропривода.

Выполнен расчет судовой электроэнергетической системы. Табличным методом была рассчитана мощность и сделан выбор числа дизель генераторов судовой электростанции. Описаны бесщеточный синхронный генератор и его система возбуждения. Разработаны однолинейная схема главного и аварийного распределительных щитов. Описана схема распределения электроэнергии по судну. Выбраны средства автоматизации СЭЭС, разработана функциональная схема автоматизированной системы управления (АСУ) СЭЭС, проведена разработка алгоритмов управления СЭЭС для характерных режимов работы.

Выполнен анализ систем управления судовой электроэнергетической установкой и судовых радионавигационных средств.

Рассмотрены вопросы средств автоматизации, гражданской обороны и охраны труда.

СУДОВОЙ ЭЛЕКТРОПРИВОД, СУДОВАЯ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЯ,
ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, АЛГОРИТМ
УПРАВЛЕНИЯ, ДИСТАНЦИОННОЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ
УПРАВЛЕНИЕ.

ABSTRACT

Electrical, Electronics and System Management container 8700 TEU.

The container vessel with a capacity 8700 containers was considered in the diploma work. Technical-operating descriptions and structural features of ship were described. The calculation of office hours and choice of electric motor of pump of Sea Water cooling system for ME and DG is executed. Was designed a graph-scheme of algorithm for automatization of electric motor, 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 of ship power-station is done. A brushless synchronous generator and his system of excitation 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, developed functional diagram of automated 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 automatization, as well as the civil defense and labor protection are lighted up.

SHIP ELECTROMECHANIC, SHIP POWER-STATION, INTEGRATED
SYSTEM MANagements, MANAGEMENT ALGORITHM, REMOTE
AUTOMATED CONTROL.

ЗМІСТ

ВСТУП	14
1. ТЕХНІЧНО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА	16
1.1. Опис корпусу судна та рушія, головної енергетичної установки та допоміжних механізмів.....	16
1.2. Вибір та обґрунтування основних параметрів СЕЕС.....	17
2. СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО НАСОСА ТА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	19
2.1. Розрахунок потужності та вибір електродвигуна циркуляційного насоса заборотної води.....	19
2.2. Обґрунтування та вибір схеми живлення та управління електроприводом циркуляційного насосу	22
2.3. Вибір комутаційно-захисної апаратури.....	25
2.4. Інструкція з експлуатації електродвигуна циркуляційного насосу заборотної води.....	26
3. СУДНОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА.....	29
3.1. Розрахунок потужності та вибір числа агрегатів суднової електростанції.....	29
3.2. Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії.....	34
3.3. Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ.....	34
3.4. Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів.....	41
3.5. Вибір системи збудження синхронних генераторів.....	51
3.6. Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії.....	57
3.7. Перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на	60

втрату напруги.....	
3.8. Вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної схеми автоматизованої системи управління, розробка алгоритмів управління СЕЕС.....	61
3.8.1. Система автоматизації СЕЕС НІМАР.....	61
3.8.2. Інтерфейс користувача (НМІ) НІМАР.....	61
3.8.3. Клемні з'єднання.....	62
3.8.4. Функції захисту НІМАР.....	63
3.8.5. Загальні відомості про розроблену систему управління електростанцією.....	64
3.8.6. Пуск і синхронізація генераторів.....	66
3.8.7. Функція автоматичного пуску.....	67
3.8.8. Виведення СЕЕС із знеструмленого стану.....	69
3.8.9. Загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення	71
4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ	74
4.1. Система дистанційного управління ГД.....	74
4.1.1. Структурна схема й алгоритм системи керування обертання валу головного двигуна.....	75
4.1.2. ГСА алгоритму системи контролю обертання валу ГД.....	76
4.2. Технічні характеристики і конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем.....	77
4.3. Технічні характеристики і конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації.....	79
4.4. Технічні характеристики і конструктивні особливості електро-радіо- навігаційних пристроїв та радіозв'язку.....	82
5. ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦЬ.....	85
5.1. Безпека та виживання на морі.....	
5.1.1. Застосування на суднах сигнальних кольорів і знаків безпеки	85

відповідно з вимогами ІМО.....	
5.1.2. Технічні вимоги до попереджувального сигналізатора 15 млн. ⁻¹	86
5.1.3. Профілактика і заходи по зменшенню дії на організм людини шуму і вібрації.....	89
5.1.4. Аварійний пост машинного відділення. Засоби гасіння пожежі в машинному відділенні.....	90
5.2. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні	93
5.2.1. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту	93
5.2.2. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат.....	100
ВИСНОВКИ	102
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	103
ДОДАТОК А: Система управління циркуляційним насосом забортної води та алгоритм роботи системи	
ДОДАТОК Б: Таблиця електричного навантаження СЕЕС	
ДОДАТОК В: Однолінійна схема ГРЩ і АРЩ	
ДОДАТОК Г: Система автоматизації СЕЕС НІМАР-BCG та алгоритм виведення СЕЕС із знеструмленого стану	
ДОДАТОК Д: Система ДАУ головного двигуна Auto Chief C20 та алгоритм роботи системи	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АВ - Автоматичний вимикач
АДГ - Аварійний дизель – генератор
АКБ - Акумуляторні батареї
АКП - Автоматичний керуючий пристрій
АПС - Аварійно - попереджувальна сигналізація
АРЩ - Аварійний розподільчий щит
АРН - Автоматичний регулятор напруги
БККП - Блок контролю кривої пуску
ГД - Головний двигун
ГА - Генераторні агрегати
ГСА – Граф-схема алгоритму
ГРЩ - Головний розподільчий щит
ДАУ - Дистанційне автоматизоване управління
ДГ - Дизель - генератор
ДК - Допоміжний котел
ЕЗА - Електричні засоби автоматизації
ЕОМ - Електронна обчислювальна машина
ЕУ - Енергетична установка
КЗ - Коротке замикання
ККД - Коефіцієнт корисної дії
КСК ТЗ - Комплекс систем керування технічними засобами
ПД - Приводний двигун
ПТЕ - Правила технічної експлуатації
РЩ - Розподільчий щит
СДУ - Суднова дизельна установка
СЕС - Суднова електростанція
СЕУ - Суднова енергетична установка
СУ - Система управління

ВСТУП

Великі потенційні можливості сучасної техніки автоматизації зумовлюють широкі перспективи її прийняття на транспортному флоті. На експериментальних судах автоматизація підійшла вже до наступного етапу свого розвитку – застосуванню ЕОМ для комплексного управління судном, включаючи управління судовим енергетичним обладнанням та контроль за його роботою при оптимізації всіх процесів.

Таким чином, основним елементом сучасної автоматизації на судах є централізація управління обладнанням машинного відділення і контроль за його роботою, яка дозволяє здійснювати з ЦПУ пуск і зупинку механізмів, змінювати режими роботи механізмів, агрегатів і установок, контролювати їх параметри, своєчасно виявляти відхилення параметрів від норми, вживати заходів для відновлення нормальної роботи обладнання.

Системи ДАУ головних двигунів, що застосовуються на нових судах, звичайно передбачають програмне виконання всіх операцій по маневруванню, пуску, зупинці ГД і зміні частоти обертання вала.

В останні роки на багатьох судах широко застосовують комплексну автоматизацію судових дизельних установок, яка включає ДАУ головними і допоміжними механізмами, контроль за роботою механізмів енергетичної установки, сигналізацію про відхилення параметрів від норми і аварійний захист. Комплексна автоматизація - це узгоджена автоматизація окремих видів технічних засобів, яка є економічно доцільною для забезпечення економії праці та інших витрат. Розроблені до теперішнього часу конструктивні варіанти системи ДАУ головними судовими дизелями виконують численні операції: програмний пуск, зміна частоти обертання, реверс і зупинку дизеля, скасування команд, повторні пуски, проходження зони критичної частоти обертання, автоматичні блокування, захисти, аварійну зупинку, перемикання управління з рульової рубки на центральний і на місцевий пости керування, контроль справності системи, сигналізацію про виконання команд системою і головним двигуном, а також контроль роботи головного двигуна.

Система ДАУ дизель генераторами виконує підготовку до пуску, автоматичні або дистанційні запуски, дає можливість синхронізації при підключенні на паралельну роботу, виконує аварійні та нормальні зупинки, захист і сигналізацію про стан дизель генератора. При комплексній автоматизації

управління дизельною установкою автоматизовані також процеси, пов'язані з пуском двигуна і його роботою при безвахтовому обслуговуванні. Всі ці операції автоматично або дистанційно виконують спеціальні системи автоматизації пуску і зупинки допоміжних агрегатів - паливних і масляних насосів, компресорів, сепараторів, насосів системи охолодження і т. д.

Контролюють роботу дизельної установки по мнемосхемі і контрольно-вимірjuвальних приладах. Реєстрація параметрів і записи у вахтовому журналі автоматизовані. Передбачені безперервна індикація основних параметрів і періодичний контроль за викликом оператора, а також сигналізація про відхилення параметрів від норми і аварійно-попереджувальна тривожна сигналізація. Система управління головним двигуном повинна бути заблокована з захисними пристроями; можливість роботи двигуна з обмеженням подачі палива на будь-яких швидкісних режимах; поповнення відстійної паливної цистерни, підтримання рівня у видаткових паливних цистернах, одночасне поповнення цих цистерн і сепарування палива, підтримання постійної температури (або в'язкості) палива перед двигуном, попереджувальну сигналізацію за рівнем палива в відстійній і видатковій паливних цистернах, підтримання в циркуляційній системі змащення постійної температури масла перед двигуном, включення резервного масляного насоса; підтримання постійного тиску в повітряних балонах, попереджувальну сигналізацію про тиск в балонах, включення охолодження компресорів при їх пуску, аварійний захист по температурі охолоджуючої води; регулювання температури охолоджуючої води на виході з двигуна і попереджувальну сигналізацію за рівнем в розширювальній цистерні; дистанційний пуск і зупинку дизель генераторів, регулювання частоти обертання вала, підтримання постійної температури охолоджуючої води на виході з двигунів, а також температури циркуляційного мастила на вході в двигун, попереджувальну сигналізацію (по тиску і температурі масла і охолоджуючої води), аварійний захист по частоті обертання і тиску масла в системі змащення; підтримання постійної напруги на шинах електророзподільного щита і синхронізацію генераторів при їх паралельній роботі, відключення другорядних споживачів при перевантаженні електростанції.

Автоматизація забезпечує високу точність і швидкість керування механізмами, якими важко керувати вручну. Процес автоматизації передбачає скорочення одноманітних операцій до мінімуму, збільшення надійності роботи і підвищення економічності судових механізмів.

1. ТЕХНІЧНО - ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА

1.1. Опис корпусу судна та рушія, головної енергетичної установки та допоміжних механізмів і систем.

Судно MSC FRANCESCA типу контейнеровоз призначене для транспортування та перевезення контейнерів розмірами 20 та 40 футів у будь-яких водах та при різних кліматичних умовах. Максимальна місткість контейнерів складає 8714 TEU.

Дальність плавання даного контейнеровоза складає 13000 миль. Швидкість судна в повному завантаженні при 90% експлуатаційної потужності головного двигуна - 26 вузлів.

Житлова надбудова та машинне відділення знаходяться на кормі судна. Конструкція однопалубна, з бульбо подібним форштевнем, зі зварним корпусом та зі змішаною системою переборок. Для рушія передбачено один гвинт.

Надбудова складається з 6 жилих палуб, на яких передбачено 28 кают для екіпажу.

На судні встановлено в якості головного двигуна дизель типу «MAN B&W 12K 98 ME-C» потужністю 69618 кВт. Рушій судна - бронзовий суцільно литий весловий шестилопасний 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 трьох рятувальних плотів місткістю по 10 осіб кожний і одного плоту на 6 чоловік, розташованого на носі.

Судно має два брашпилі, два якорі Холлу, чотири автоматичні швартовні лебідки, електрогідравлічну кермову машину і кермо напівбалансуючого типу.

Таблиця 1.1 – Загальна характеристика судна

Параметри судна	Значення
Назва судна	MSC FRANCESCA
Довжина найбільша, $L_{нб}$, м	363,6
Ширина, В, м	45,6
Висота найбільша, D, м	52

Осадка порожнем, d_0 , м	6,5
Осадка середня в завантаженому стані, d , м	13,07
Водотоннажність у повному завантаженні, Δ , т	131022
Дедвейт, DW, т	55424
Швидкість при повному завантаженні, V, вузлів	25,8
Марка головного двигуна	MAN B&W 12K 98 ME-C
Потужність головного двигуна, кВт	69618
Частота обертання вала, n , об/хв..	90
Керування двигуном	ходова рубка і ЦПІУ
Тип підрулюючого пристрою	КТ – 130В1
Максимальна потужність підрулюючого пристрою, кВт	3000
Рід струму електростанції	змінний
Частота мережі, Гц	60
Напруга силової мережі, В	6600
Напруга освітлювальної мережі, В	220
Кількість генераторів, шт...	4
Потужність генераторів, кВт	4 x 3200
Тип рульової машини	Mitsubishi, DF – 300
Кількість аварійних дизель-генераторів, шт.	1
Потужність аварійного дизель-генератора, кВт	345

1.2. Вибір та обґрунтування основних параметрів СЕЕС та вибір її типу.

Судова енергетична установка має клас автоматизації А1. Це означає і передбачає, що об'єм автоматизації дозволяє експлуатувати судно без постійного несення вахти в центральному пункті управління і в машинному відділенні при стоянках і на повному русі судна.

При виборі основних параметрів судової електроенергетичної установки для даного судна потрібно враховувати рід струму, напругу та частоту. Від параметрів залежать надійність, маса і розміри основного електрообладнання (джерел струму, електродвигунів, пускової і комутаційної апаратури, розподільчих пристроїв і електричних мереж), безпека обслуговування в умовах підвищеної вологості.

При виборі параметрів СЕЕС розглядаються показники: надійність роботи, маса, розміри і ціна елементів електрообладнання, враховуються можливості забезпечення режимів роботи електрифікованих механізмів і пристроїв, а також умові їх експлуатації.

В електроустановках змінного струму для всіх груп електрифікованих механізмів і пристроїв використовують біля 98% короткозамкнених асинхронних електродвигунів від сумарної кількості. Міцна конструкція з закритими струмопровідними частинами, відсутність колектора, щіткового механізму і щіток підвищує надійність їхньої роботи і безпеку обслуговування.

Пускова електрична апаратура змінного струму більш надійна в роботі, чим аналогічна апаратура постійного струму. Для прямого пуску і включення більшості короткозамкнених асинхронних електродвигунів використовують нереверсивні і реверсивні магнітні пускачі і кнопкові пости управління.

В електроенергетичних системах високу надійність повинні мати джерела струму. На сьогодні на судах використовують самозбуджуючі синхронні генератори з живленням обмотки збудження від головного кола генератора через трансформатори і випрямляючі пристрої.

Комутаційна і захисна апаратура і електровимірювальні прилади, встановлені на головних і вторинних розподільчих щитах змінного струму, в суднових умовах працюють також надійно. Розроблена в теперішній час суднова апаратура і електровимірювальні прилади і пристрої змінного струму значно покращені по конструкції і характеристикам, що забезпечує підвищену надійність їх роботи.

Високий опір ізоляції суднової мережі змінного струму різко покращує надійність роботи електричних установок в умовах підвищеної вологості і змінних температур. В суднових мережах змінного струму для живлення споживачів з напругою, відмінною від напруги мережі, використовують трансформатори напруги. Через це мережа освітлення, найбільш розгалужена на судні, має електромагнітний зв'язок з силовою мережею, що забезпечує підвищення опору ізоляції всієї суднової мережі. Крім того, електричні машини, розподільчі пристрої мають більш високий опір ізоляції (через меншу кількість числа елементів), чим аналогічне електрообладнання постійного струму.

2. СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД ЦИРКУЛЯЦІЙНОГО НАСОСА ТА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1. Розрахунок потужності та вибір електродвигуна циркуляційного насоса заборотної води

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.

Виберемо насос японського виробництва фірми Taiko Kikai типу ESDE-450MC.

Технічні дані насоса:

1. Подача $Q = 1800 \text{ м}^3/\text{год.} = 0,5 \text{ (м}^3/\text{с)}$
2. Статична складова напору: $H = 30 \text{ м.}$
3. Номінальна швидкість обертання відцентрового насоса: 1200 об./хв.
4. Внутрішній діаметр всмоктування / нагнітання: 450 / 450 мм.

Робоча характеристика насоса приведена на рисунку 2.1.

Насоси, вентилятори, компресори, об'єднані під загальною назвою нагнітачів, найбільш численна група споживачів електроенергії, що виробляється судовою електростанцією. Найбільш поширені відцентрові нагнітачі.

Конструктивною основою їх є робоче колесо з розташованими по периферії робочими лопатками. При обертанні колеса робоче тіло надходить уздовж його осі у внутрішній простір. Частинки газу або рідини, потрапляючи на вхідну ча-

стину лопаток і ковзаючи вздовж їх профілю, доцентровою силою відкидаються в радіальному напрямку.

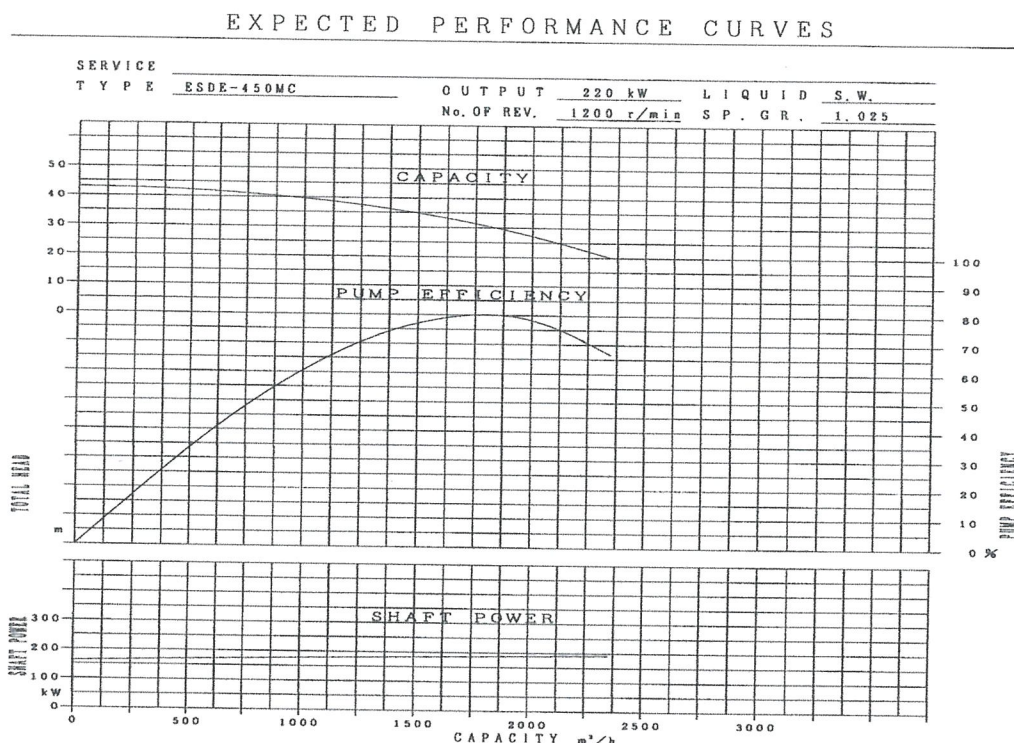


Рис. 2.1 – Робочі характеристики насоса Taiko ESDE – 450MC

Тип двигуна вибирають відповідно до роду струму на судні і типу насоса. Вибираємо асинхронний двигун з короткозамкненим ротором.

Потужність на валу електродвигуна, необхідна для обертання насоса, визначається роботою рідини, що витрачається на підйом:

$$P_{\text{дв}} = \frac{Q \cdot \gamma (H_{\text{ст}} + \sum H_{\text{м}}) \cdot 10^{-3}}{\eta_{\text{об}} \cdot \eta_{\text{нас}}} = \frac{Q \cdot P_{\text{нагн}} \cdot 10^{-3}}{\eta_{\text{об}} \cdot \eta_{\text{нас}}}, \quad (2.1)$$

$$P_{\text{дв}} = \frac{Q \gamma (H_{\text{ст}} + \sum H_{\text{м}}) \cdot 10^{-3}}{\eta_{\text{об}} \cdot \eta_{\text{нас}}} = \frac{0,5 \cdot 10^{-3} \cdot 1025 (30 + 1)}{0,98 \cdot 0,86} = 188,5 \text{ кВт}.$$

де $P_{\text{дв}}$ - потужність на валу електродвигуна, кВт;

$H_{\text{ст}}$ - статична складова напору, м при частоті обертання вала 1200 об/хв;

$\sum H_{\text{м}}$ - втрати напору в трубопроводі, м;

Q – подача, м³ /с;

$\gamma = 1025 \text{ кг/м}^3$ питома вага морської води;

$\eta_{\text{об}}$ -0,94-0,98 - коефіцієнт, що враховує втрати через нещільність;

$\eta_{\text{нас}}$ - ККД насоса, $\eta_{\text{нас}}=0,86$.

Помилки у бік заниження необхідної потужності електроприводу знижують надійність його роботи і за несприятливих умов викликають прискорений знос ізоляції і вихід двигунів з ладу. Помилки в бік запасу також тягнуть за собою витрати, пов'язані з нераціональним використанням дорогого устаткування.

Потужність двигуна вибирається по каталогу, використовуючи розрахункову потужність на валу. Так як частота обертання двигуна по каталогу дана з точністю $\pm 5\%$, то в самому несприятливому випадку потужність, споживана відцентровим насосом, зростає на 16%. Оскільки двигун насоса працює в динамічному режимі, зазначені перевантаження можуть викликати його неприпустимий перегрів. Тому каталожну потужність двигуна для відцентрового насоса вибирають з урахуванням 16-20%-го збільшення потужності.

Тип двигуна вибирають у залежності від роду струму на судні і типу насоса. На судні застосовується 3-ф. живлення 440 В змінного струму частотою 60 Гц.

При виборі типу двигуна для циркуляційного насоса необхідно враховувати важкий режим пуску двигуна, який обумовлюється наявністю протитиску в період пуску, а також великими маховими масами. Найбільш придатним для насоса в даному випадку являється асинхронний короткозамкнений двигун з підвищеним пусковим моментом. Також вибираємо електродвигун зі зниженою частотою обертання, але близькою до номінальної робочої частоти обертання насоса. В цьому випадку неточність параметрів електродвигуна (збільшення частоти обертання на 5 %) не приведе до його перевантаження.

Для насоса вибираємо двигун АВВ М2QA355М6В потужністю 220 кВт.

Паспортні дані електродвигуна насоса приведені в таблиці 2.1.

Важливий додатковий показник - допустиме навантаження при роботі на регульовальних характеристиках. Можливість тривалої роботи електроприводу з різними швидкостями викликає необхідність визначення допустимого по нагріванню навантаження:

$$M_{\text{доп}} = M_{\text{сдоп}} \quad (2.2)$$

Рівняння руху:

$$M - M_c = J_{\Sigma} \left(\frac{d\omega}{dt} \right), \quad (2.3)$$

При змінах швидкості допустимий по нагріванню момент двигуна може змінюватися через зміну умов вентиляції і втрат енергії, що виділяються в двигуні. У зв'язку з цим допустимий момент при регулюванні швидкості в загальному випадку є функцією швидкості. Момент навантаження електроприводу

також є функцією швидкості $M_c=f(\omega)$. Очевидно, що для повного використання двигуна по допустимому моменту необхідне виконання умови:

$$M_c(\omega)=M_{\text{доп}}(\omega) \quad (2.4)$$

Таблиця 2.1 – Паспортні дані електродвигуна циркуляційного насоса

Тип двигуна	Асинхронний коротко замкнений, морського виконання
Виробник	ABB
Модель двигуна	M2QA355M6B
Мережа живлення	440 В, 60 Гц
Номінальна потужність	220 кВт
Номінальна частота обертання	1190 об./хв.
Номінальний ККД	94,8 %
Номінальний $\cos(\varphi)$	0,89
Номінальний струм I_n	342 А
Кратність пускового струму I_p/I_n	6,9
Клас ізоляції	F
Захищеність	IP - 55
Маса	1800 кг

При істотних порушеннях умов виникає необхідність невиправданого завищення потужності двигуна. Тому при вивченні різних способів регулювання важливо встановити, для якого характеру механічного навантаження $M_c(\omega)$ раціонально їх застосування.

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

Технологічні режими багатьох виробничих механізмів на різних етапах роботи вимагають руху виконавчого органу з різною швидкістю, що забезпечується або механічним шляхом, або шляхом електричного регулювання швидкості електропривода. Механічні способи регулювання реалізуються за допомогою ступеневої або плавної зміни передатного 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 утрудняють 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. В даний час механічне регулювання знаходить обмежене застосування, зазвичай поєднується з електричним. 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.

Використання частотно-керованого приводу для циркуляційного насоса заборотної води є актуальним, оскільки при плаванні судна в холодних водах з температурою води близько нуля градусів традиційний регулятор температури в системі охолодження прісною водою не завжди справляється з такою низькою температурою в контурі заборотної води і починає працювати нестабільно, постійно відкриваючи і закриваючи подачу прісної води до холодильника. Це призводить до швидкого зносу сервоприводу та виходу його з ладу. Використання частотно-керованого приводу насоса дозволяє зменшити подачу заборотної води в холодильник та підняти температуру вихідної прісної води, що стабілізує роботу регулятора. В таких випадках подачу насоса регулюють прикриттям нагнітального клапана на насосі, що пов'язано з великими втратами енергії, тому що електродвигун продовжує працювати на максимальну потужність, а невикористана енергія витрачається на нагрів перекачувальної води. Використання частотно-керованого приводу дозволяє раціонально використовувати електроенергію, зменшуючи швидкість обертання насоса, його подачу та даремні втрати енергії. Також при плаванні судна в тропіках і великій температурі заборотної води частотно-керований привод дозволяє збільшувати проток заборотної води через холодильник, коли регулятор прісної води всю воду в контурі направляє до холодильника, але температура її не падає. Також при відмові регулятора температури стає можливо підтримувати температуру в системі охолодження тільки регулюванням подачі заборотної води.

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

$$\omega_o = 2\pi f_1 / p \quad (2.5)$$

З виразу видно, що синхронна швидкість АД прямо пропорційна частоті живлячої напруги. При регулюванні частоти виникає також необхідність

регулювання напруги джерела живлення. Дійсно, ЕДС обмотки статора АД пропорційна частоті та потоку.

$$E_1 = k\Phi f_1 \quad (2.6)$$

З приведенного виразу виходить, що при незмінній напрузі джерела живлення U_1 і регулюванні його частоти міняється магнітний потік АД. Зокрема, зменшення частоти f_1 приводить до зростання потоку і, як наслідок, до насичення машини і збільшення струму намагнічування, 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 виходить з виразу:

$$M = k\Phi I_2 \cos\varphi_2 \quad (2.7)$$

Це приводить до зростання струму ротора, тобто до перевантаження його обмоток по струму. 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 функцією 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 ÷ 15. Нижня межа частоти обмежена складністю реалізації джерела живлення з низькою частотою, можливістю нерівномірності обертання та рядом інших чинників. Таким чином, частотне регулювання швидкості АД може здійснюватися в діапазоні 20 ÷ 30. Зі всього різноманіття залежностей $M_c(\omega)$ зазвичай використовуються три найбільш поширених типи статичних навантажень і законів частотного регулювання (рис. 2.2 і 2.3).

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 вентиляційне навантаження:

$$\frac{U_1}{f^2_1} = const.$$

Схема автоматичного управління електроприводом та алгоритм його роботи представлені в додатку А.

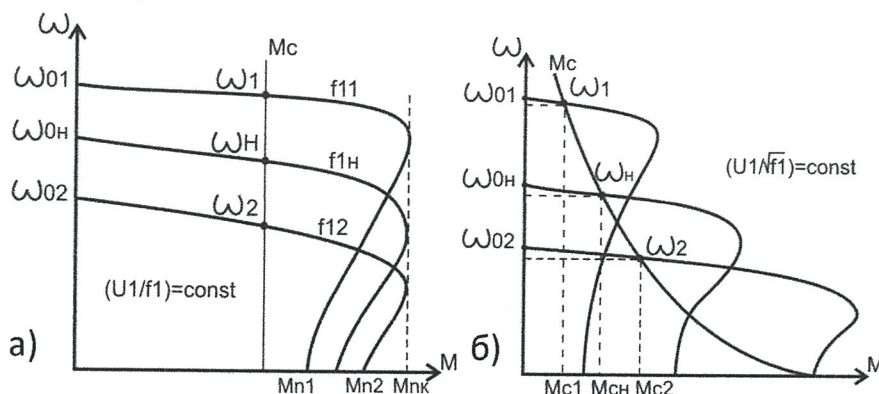


Рис. 2.2 – Механічні характеристики АД а) при $M_c = const$; б) при $P_c = const$.

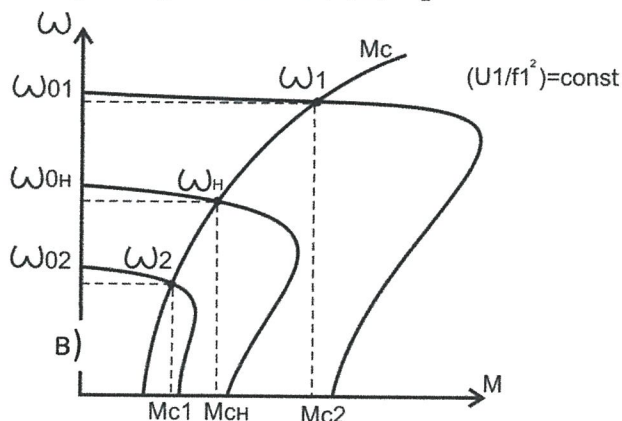


Рис. 2.3 – Механічні характеристики АД в) при вентиляційному навантаженні

2.3. Вибір комутаційно-захисної апаратури

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

Для підключення електродвигуна циркуляційного насоса до ГРЩ потужністю 220 кВт, напругою 440 В, та номінальному струму 342 А використовуємо трифазний автоматичний вимикач HYUNDAI HBS 603, який має максимально допустимий струм 500 А, напруга живлення до 660В. Він забезпечує захист від перевантаження та струмів короткого замикання.

Для управління електродвигуном вибираємо частотний привод АВВАС800-02-0320-5, що дозволяє плавно змінювати частоту обертання асинхронних електродвигунів та має наступні технічні дані:

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: 588 А;

Максимальна потужність: 560 кВт;

Регулювання частоти: 0 ± 300 Гц;

Шаг регулювання: 0,01 Гц.

Привід забезпечує захист електродвигуна від перевантаження, при цьому струм спрацьовування захисту встановлюється програмно, рівним номінальному струму 342 А при налаштуванні приводу.

Мінімально стійка частота обертання насоса визначається дослідним шляхом при побудові та перевірці системи охолодження, значення частоти обертання вноситься до пам'яті ПЛС приводу як граничне.

Установка додаткового контактора для відключення електродвигуна від мережі не потрібна, 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.

2.4. Інструкція з експлуатації електродвигуна циркуляційного насоса забортної води

Управління електродвигуном здійснюється з двох постів управління.

У ручному режимі - з місцевого, розташованого біля насоса, і безпосередньо з щита автоматики насоса, шляхом натиснення кнопок «Пуск» і «Стоп». В цьому режимі двигун запускається одразу на максимальній швидкості. Регулювання можливо лише безпосередньо з частотного приводу шляхом переключення його на ручне управління і завдання обертів з дисплея оператора на передній панелі. Завдання швидкості здійснюється центральною системою автоматизації з комп'ютерів, розташованих в ЦПУ в залежності від вибраного режиму роботи. Цей режим застосовується тільки при несправності комп'ютерної системи управління. При несправності насоса (падінні тиску в системі) резервний насос не запускатиметься.

Автоматичний режим управління здійснюється з комп'ютерів, розташованих на центральному посту управління (ЦПУ). З інших комп'ютерів,

розташованих на ходовому містку, а також в надбудові на баластній консолі, можливо лише спостерігати за процесом, не маючи права змінювати параметри. При цьому для запуску насоса оператор відкриває відповідну мнемосхему на дисплеї (система забортної води), вибирає насос та потрібну команду, і задає швидкість обертання і продуктивність насоса у відсотках від максимальної. Причому комп'ютер також може працювати в ручному та автоматичному режимі (для управління з комп'ютера в усіх режимах його роботи перемикач на щиті управління насосом потрібно поставити в положення «Авто»).

В автоматичному режимі роботи комп'ютера система сама визначає оптимальну швидкість обертання насоса в залежності від температури в контурі охолодження прісною водою, температури забортної води та положення актуатора трьохходового клапана регулювання температури в контурі прісної води. В цьому режимі при несправності насоса або привода комп'ютер автоматично запустить резервний насос.

Комп'ютер управляє частотним приводом через спеціальний функціональний блок (FPD2200 Field Processing Device), який являється частиною судової комп'ютерної системи управління MCS 2200. Кожен блок FPD складається у свою чергу з набору окремих модулів, що виконують кожен свої функції і операції.

При подачі команди на включення насоса в автоматичному режимі система автоматики перевіряє справність частотного привода, при цьому внутрішні контакти привода включають реле захисту K3, яке своїми контактами готує коло включення пускового реле K1 і розмикає коло аварійної сигналізації. Далі система перевіряє положення перемикача S3 – «Ручне або автоматичне управління», при цьому через нормально замкнуті контакти перемикача готується коло живлення реле K1. Інша пара контактів подає сигнал до системи автоматичного керування чи сигналізації про режим роботи насоса.

В автоматичному режимі живлення реле K1 здійснюється через замкнутий контакт перемикача S3 (положення «Автомат»). При подачі команди з комп'ютера на запуск насоса короткочасно спрацьовує пускове реле усередині блоку FPD 2200 і напруга живлення через нормально замкнуті контакти реле «Стоп» і замкнуті контакти реле «Пуск» подається на обмотку K1. Реле спрацьовує і блокується своїми контактами через нормально замкнуті контакти реле «Стоп». Своїми контактами K1 подає сигнал запуску частотного привода і двигун починає розганятися. Сигнал задання обертів насоса подається напругу до

3. СУДНОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА

3.1. Розрахунок потужності та вибір числа агрегатів суднової електростанції

Судновою електроенергетичною системою (СЕЕС) називається сукупність електротехнічних пристроїв, об'єднаних процесом виробництва, перетворення і розподілу електроенергії на судні. СЕЕС складається із джерел електроенергії, ліній електропередачі, перетворювачів електроенергії.

Кількість та встановлена потужність джерел електроенергії СЕС залежать від встановленої потужності споживачів електроенергії та характеру зміни споживаної потужності при різних режимах роботи судна.

Розрахунок потужності СЕС засновується на статичному аналізі реальних навантажень на СЕС та основних споживачів електроенергії. При цьому основними розрахунковими режимами роботи СЕС вважаються режими ходу та стоянки судна, без вантажних операцій судовими засобами. Інші режими роботи СЕС є похідними від основних.

Основні джерела електроенергії і суднова силова електрична мережа підключаються до головного розподільного щита (ГРЩ), а аварійні джерела електроенергії і аварійна мережа - до аварійного розподільного щита (АРЩ). Згідно з вимогами Правил Регістра, ГРЩ і АРЩ сполучаються лінією передачі електроенергії.

Для заданого судна була обрана електростанція змінного струму частотою 60 Гц з напругою силової мережі 6600 В.

Розрахунок виконаний відповідно до РД5.6168-92 «Методи розрахунків електричних навантажень» аналітичним методом постійних навантажень табличним способом.

По заданих параметрах електродвигунів (номінальна потужність P_H , кВт; ККД двигуна η_H , %; коефіцієнт потужності $\cos\phi$), а також по заданим кількостям одночасно працюючих однотипних електродвигунів N_p та коефіцієнту завантаження K_3 , %, були розраховані наступні параметри:

Споживча потужність одного електродвигуна:

$$P_{II} = \frac{P_H}{\eta}, \text{ кВт} \quad (3.1)$$

Для кожного з режимів роботи судна, зважаючи на кількість працюючих механізмів у даному режимі роботи судна N_p , характер роботи електродвигунів

(тривалий, або короткочасний), а також на заданий коефіцієнт завантаження K_3 , %, розраховується сумарна установлена активна та реактивна потужність механізму при тривалому та короткочасному режимах роботи:

При тривалому режимі роботи

$$P_{уд} = P_{\Pi} K_3 N_P, \text{ кВт} \quad (3.2)$$

$$Q_{уд} = P_{уд} \operatorname{tg} \varphi, \text{ квар} \quad (3.3)$$

При короткочасному режимі роботи:

$$P_{ук} = P_{\Pi} K_3 N_P, \text{ кВт} \quad (3.4)$$

$$Q_{ук} = P_{ук} \operatorname{tg} \varphi, \text{ квар} \quad (3.5)$$

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

При тривалому режимі роботи:

$$P_{тд} = \sum P_{уд}, \text{ кВт} \quad (3.6)$$

$$Q_{тд} = \sum Q_{уд}, \text{ квар} \quad (3.7)$$

При короткочасному режимі роботи:

$$P_{тк} = \sum P_{ук}, \text{ кВт} \quad (3.8)$$

$$Q_{тк} = \sum Q_{ук}, \text{ квар} \quad (3.9)$$

З урахуванням коефіцієнту різночасності K_P , який для тривалого режиму роботи становить $K_{PT} = 1$, а для короткочасного змінюється в залежності від споживача, обчислюється загальна активна P_{3AG} та загальна реактивна потужність Q_{3AG} для кожного з режимів роботи судна:

$$P_{3AG} = P_{тд} k_{PT} + P_{тк} k_{PK}, \text{ кВт} \quad (3.10)$$

$$Q_{3AG} = Q_{тд} k_{PT} + Q_{тк} k_{PK}, \text{ квар} \quad (3.11)$$

Обчислюється загальна повна потужність S_{3AG} для кожного режиму роботи судна:

$$S_{3AG} = \sqrt{P_{3AG}^2 + Q_{3AG}^2}, \text{ кВА} \quad (3.12)$$

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

$$\cos \phi_{CP} = \frac{P_{3AG}}{S_{3AG}} \quad (3.13)$$

Таким чином заповнюється вся таблиця для кожного з режимів роботи судна.

Потужність генераторів вибирають згідно з середнім коефіцієнтом потужності. У випадку, якщо $\cos \phi_{CP} \geq 0,8$, то генератори треба обирати по активній потужності, в іншому випадку – по повній.

У нашому випадку у ходовому режимі з реф. контейнерами

$$\cos \phi_{CP} = \frac{7430,93}{8142,87} = 0,913$$

У маневровому режимі з реф. контейнерами та підрулюючим пристроєм

$$\cos \phi_{CP} = \frac{9212,95}{9998,47} = 0,921$$

В режимі стоянки

$$\cos \phi_{CP} = \frac{2152,88}{2480,75} = 0,868$$

В аварійному режимі

$$\cos \phi_{CP} = \frac{274,11}{315,00} = 0,87$$

Таким чином усі значення середнього коефіцієнту потужності в усіх режимах роботи судна становлять більше, ніж 0,8. Це свідчить, що вибір генераторів треба робити по активній потужності.

На кожному судні повинен бути передбачено основне джерело електричної енергії потужністю, що забезпечує живлення всього необхідного електричного обладнання судна. Таке джерело повинне складатися принаймні з двох генераторів з незалежним приводом. Кількість і потужність генераторів з незалежним приводом і електричних перетворювачів, що входять до складу основного джерела електричної енергії, повинні бути такими, щоб при виході з ладу будь-якого з них була можливість забезпечення: живлення необхідного електричного обладнання при одночасному забезпеченні нормальних умов живучості на судні; підтримки або негайного відновлення живлення електричного обладнання, необхідного для забезпечення руху, керованості судна і його безпеки; пуску найпотужнішого електродвигуна з найбільшим пусковим струмом. При цьому пуск двигуна не повинен викликати такого пониження напруги і частоти в мережі, яка може спричинити випадання з синхронізму, зупинку двигуна генератора, а також відключення працюючих машин і апаратів;

живлення споживачів, необхідних для запуску гребної установки при знеструмленому стані судна. Для цієї мети може бути використане аварійне джерело електричної енергії, якщо його власна потужність або сумарна потужність з будь-яким іншим джерелом електричної енергії забезпечує одночасно живлення споживачів, вказаних вище, для чого може бути передбачена їх паралельна робота.

Визначення складу і потужності генераторів основного джерела електричної енергії повинно проводитися з урахуванням наступних режимів роботи судна:

- ходового режиму;
- режиму маневрів;
- під час пожежі, пробоїни корпусу або інших, що впливають на безпеку плавання судна, умов при роботі основного джерела електричної енергії, інших режимів відповідно до призначення судна.

У нашому випадку для контейнеровозу найбільш важким для енергетичної системи є маневровий режим з рефрижераторними контейнерами та підрулюючим пристроєм. Загальна потужність при цьому режимі становить близько 10000 кВт.

Завантаження генераторів в тривалих експлуатаційних режимах повинно знаходитись в межах 70-90 % від номінального, в короткочасних режимах повинно бути не нижче 50% (вказані значення завантаження забезпечують економічну роботу генераторів). Отже, обираємо чотири дизель-генератора безщіткового типу HYUNDAI HSRJ7-805-10 потужністю 3200 кВт (4069 кВА) кожен.

Таким чином при маневровому режимі з рефрижераторними контейнерами та підрулюючим пристроєм буде використано 4 генератора, працюючих в паралелі. Розрахуємо коефіцієнт навантаження генераторів при цьому режимі:

$$k_H = \frac{P_{3AG}}{nP_r} \quad (3.14)$$

$$k_H = \frac{9212,95}{4 \cdot 3200} = 0,72$$

Всі 4 генератора працюють з навантаженням 72 %. По правилам Регістру для забезпечення надійної роботи електричної станції необхідно мати один резервний генератор, який зможе замінити любий з генераторів, який вийшов з ладу. Але конструкція судна не дозволяє встановити додатковий головний дизель-генератор, а збільшення потужності існуючих є економічно не обґрунтованою.

В цьому випадку при виході з ладу одного з чотирьох генераторів є можливість використовувати три генератора. Розрахуємо коефіцієнт навантаження головних дизель-генераторів у маневровому режимі з рефрижераторними контейнерами та підрулюючим пристроєм при роботі від трьох головних дизель-генераторів:

$$k_H = \frac{P_{ЗАГ}}{nP_G} = \frac{9212,95}{3 \cdot 3200} = 0,96$$

Таким чином задовольняються вимоги Регістру щодо забезпечення профілактичних або ремонтних робіт на одному з головних генераторів у найважчому режимі роботи судна.

Загальна потужність при аварійному режимі складає 315 кВА. Для забезпечення надійної роботи аварійного дизель-генератору оберемо дизель-генератор більшої потужності: синхронний генератор безщіткового типу HYUNDAI HFC7-354-4 потужністю 445 кВА (356 кВт), напругою 450 В, частотою 60Гц.

Таблиця 3.1 – Режими роботи СЕЕС

Режими роботи судна	Споживана потужність	Генератори	
		В роботі	В резерві
Ходовий режим з реф. контейнерами	8142,87	3 основних	1 основний
Маневровий режим з реф. контейнерами	9998,47	4 основних	1 основний
Стоянка	2480,75	1 основний	2 основних
Аварійний	315,0	1 аварійний	3 основних

Таблиця 3.2 – Паспортні дані вибраних генераторів

Кількість	Генератор	Тип генератора	Полюси	Потужність, кВт	Потужність, кВА	Частота обертання, об/хв	Напруга, В	Струм, А	Частота, Гц	Cos(φ)
4	Основний	HYUNDAI HSRJ7-805-10	10	3200	4069	720	6600	650	60	0,8
1	Аварійний	HYUNDAI HFC7-354-4	4	356	445	1800	450	571	60	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 акумуляторів та перетворювачів електроенергії

Тип акумуляторної батареї вибирають з урахуванням характеру навантаження і необхідної напруги приймачів електроенергії, а також призначення акумулятора (для основного або резервного живлення). Для отримання необхідної напруги допускається послідовне з'єднання будь-якого числа акумуляторів або батарей. Ємність батареї визначають за розрахунковою таблицею навантажень, в яку включено загальне число приймачів із зазначенням споживаної потужності в різних режимах.

Обираємо для аварійного живлення судна гелеві акумуляторні батареї, які мають ряд переваг в порівнянні з акумуляторами з технологією AGM при збереженні всіх їхніх переваг - герметичності, безобслуговування, практичній відсутності шкідливих газовиділень при роботі, великий термін служби. Гелеві акумулятори мають приблизно на 10-30% більший термін служби, ніж AGM акумулятори. Також вони менш болісно переносять глибокий розряд.

Обираємо акумуляторні батареї типу LX 12-120G напругою 12 В, ємність якого становить 120 Ah.

Для створення 24 В акумуляторні батареї монтуються послідовно по 2 батареї в контурі.

Також акумуляторні батареї типу LX 12-120G використовуються для стартерного пуску дизель-генераторів.

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

Вибираємо СЕЕС трифазного змінного струму. Досвід проектування показує, що для великих транспортних суден, де потужність електростанції 200-4000 кВт, потрібно застосовувати напругу мережі 440 В, 60 Гц. Для електростанцій потужністю від 4000 до 10000 кВт необхідна напруга не менше 1000 В, а при потужності більше 10000 кВт – напруга 6600 В. Для живлення

сучасного навігаційного і аварійного устаткування необхідна змінна напруга 220 В і постійна 24 В.

До 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 і резервні джерела електроенергії розміщуємо в машинному відділенні, ГРЩ на окремій палубі, аварійний генератор і АРЩ на шлюпковій палубі. Кількість і потужність генераторних агрегатів ми визначили в попередньому підрозділі. Напругу судової силової мережі приймаємо 6600 В, частота 60 Гц. Це пов'язано з великою потужністю СЕЕС а також з великою протяжністю кабельних трас, які з'єднують ГРЩ з трансформаторами реф. контейнерів, які споживають велику частину виробленої електроенергії. Використання трансформаторів 6600/440 В для живлення реф. контейнерів дозволяє зробити гальванічну розв'язку розеток контейнерів та основної мережі.

Для живлення споживачів машинного відділення відносно невеликої потужності використовується напруга 440В 60Гц, яку отримують через понижувальний трансформатор 6600/440 В.

Згідно правилам Регістру розробляємо схему ГРЩ та АРЩ. ГРЩ складається з секції управління, генераторної, фідерної і стартової секцій.

Будуємо станцію з вище приведеними вимогами. В центрі знаходяться секції керування (панель синхронізації), де виконується розподіл електроенергії між генераторами, синхронізація, зупинка та інші операції. Далі в сторони від центру йдуть перша, друга, третя та четверта генераторні панелі. Там розташовані прилади управління і захисту генераторів.

За ними слідує 440 В фідерна і стартова панелі, від яких отримують живлення прилади МКВ, палубні механізми, майстерні, частина камбузного обладнання, а також трансформатори, живлячі 220 В фідерну панель. Від цієї панелі отримують живлення навігація, сигналізація і освітлення.

Від фідерних панелей АРЩ живляться основні споживачі, котрі забезпечують живучість судна під час аварії. Далі наведений список розподілу приймачів електроенергії по секціям ГРЩ та АРЩ.

Передача електроенергії від ГРЩ до споживачів відбувається за допомогою електричних кіл. На даному судні використовується фідерно-групова система розподілу електроенергії. Найбільш відповідні і потужні споживачі отримують

живлення від ГРЩ, а не відповідальні від групових розподільних пристроїв, котрі живляться від ГРЩ.

Від шин ГРЩ напругою 6600 В буде отримувати:

- головний агрегат підрулюючого пристрою;
- 2 трансформатори (Tr) 6600/440 В для секцій 440 В;
- 10 трансформаторів (Tr) 6600/440 В для секцій рефрижераторних контейнерів.

З секції 440 В ГРЩ (MSB) отримують живлення:

- насос змащувального масла ГД;
- насоси забортної води охолодження ГД;
- насоси прісної води охолодження ГД;
- насос охолодження зарубашкового простору ГД;
- насос прокачки циркуляційного масла ГД;
- компресори пускового повітря;
- пожежні насоси;
- баластно-осушувальні насоси;
- рульова машина;
- брашпильні якорні носові;
- швартовні лебідки;
- розподільний щит (РЩ) №1 вентиляторів МВ;
- розподільний щит (РЩ) №2 механізмів МВ;
- розподільний щит (РЩ) №3 механізмів МВ;
- розподільний щит (РЩ) №4 механізмів МВ;
- розподільний щит (РЩ) № 5 паливних насосів;
- розподільний щит (РЩ) № 6 провізійних камер;
- розподільний щит (РЩ) № 7 допоміжного котла;
- розподільний щит (РЩ) №8 утиль-котла;
- розподільний щит (РЩ) №9 санітарних механізмів;
- розподільний щит (РЩ) №10 гідравліки люкового закриття;
- розподільний щит (РЩ) №11 майстерні;
- розподільний щит (РЩ) №12 вентиляції трюмів;
- розподільний щит (РЩ) №13 загальної вентиляції;
- розподільний щит (РЩ) №14 кондиціонера;
- розподільний щит (РЩ) №15 палубних механізмів;
- розподільний щит (РЩ) №16 камбуза.

З секції 220 В ГРЩ (MSB) через понижуючий трансформатор 440/220 отримують живлення:

- розподільний щит (РЩ) №17 зовнішнього освітлення;
- розподільний щит (РЩ) №18 загального освітлення;
- розподільний щит (РЩ) №19 освітлення МВ;
- розподільний щит (РЩ) № 20 освітлення МВ;
- розподільний щит (РЩ) №21 прожекторного освітлення;
- підігрівачі генератора;
- радіозв'язок, сигналізація.

Розподіл електроенергії від АРЩ (ESB) напругою 440 В та 220 В згідно з Правилами Регістру:

З секції 220 В отримують живлення:

- 1) аварійне освітлення;
- 2) навігаційні та сигнальні вогні;
- 3) навігаційне обладнання;
- 4) радіообладнання;
- 5) телефонний зв'язок;
- 6) сигналізація;
- 7) схеми автоматики систем.

Генераторні панелі (ГП) призначені для керування і контролю роботою генераторів. На цих панелях встановлені автоматичні повітряні трьохполюсні автомати для комутації головного струму. Автомати забезпечені максимальними розчеплювачами струму для захисту від перевантаження, котушкою відключення для дистанційного керування автоматом, реле зворотної потужності. На панелях установлені кнопки регулювання приводом серводвигуна для керування частотою і навантаженням генераторів, амперметри з перемикачами на 3 положення для контролю фазних струмів, вольтметри, частотоміри з додатковими пристроями, ватметри для контролю навантаження генераторів, амперметри і вольтметри постійного струму для контролю параметрів збудження, плата з запобіжниками для захисту контрольно-вимірювальної апаратури та апаратури керування. На цих панелях також установлені рукоятки автомата "гасіння поля".

Панель синхронізації призначена для керування і вмикання на паралельну роботу генераторів або відключення якогось із них. На цій панелі встановлений секційний трьохполюсний автоматичний вимикач із захистами, аналогічними генераторним. Також установлені: синхроскоп, кнопки керування і лампи

синхронізації генераторів, вимірювальний трансформатор напруги для роботи контрольної апаратури, по два вольтметра, частотоміра і ватметра з перемикачами на 3 положення для контролю параметрів працюючих генераторів. На панелі також встановлений мегомметр для контролю ізоляції в колі 6600 В.

Панель НПП призначена для живлення підрулюючого пристрою. Встановлено амперметр з перемикачами на три положення і сигнальні лампи про положення автомату.

Нижче приведений список споживачів, підключених до розподільних щитів:

Розподільчий щит РЩ-1, 440В:

- 1.1 . Вентилятор №1,3,5 МВ;
- 1.2 . Вентилятори сепараторів №1,2;
- 1.3 . Вентилятори ГРЩ.

Розподільчий щит РЩ-2, 440В:

- 2.1. Компресор пускового повітря №1,2;
- 2.2. Охолоджуючий насос заборотної води ГД №1;
- 2.3. Паливо підкачуючий насос №1.

Розподільчий щит РЩ-3, 440В:

- 3.1. Охолоджуючий насос прісної води ГД високої температури;
- 3.2. Охолоджуючий насос прісної води ГД низької температури;
- 3.3. Насос циркуляційної змазки ГД;
- 3.4. Насос змащування крейцкопфу ГД.

Розподільчий щит РЩ-4, 440В:

- 4.1. Насос змазки дейдвудного пристрою;
- 4.2. Живлячий насос важкого палива №1;
- 4.3. Допоміжний повітрянагнітач;
- 4.4. Баластний насос №1.

Розподільчий щит РЩ-5, 440В:

- 5.1. Перекачуючий насос мастила №1;
- 5.2. Насос перекачки важкого палива №1;
- 5.3. Насос системи вирівнювання крену;
- 5.4. Компресор суднових потреб №2;
- 5.5. Живлячий насос важкого палива №2.

Розподільчий щит РЩ-6, 440В:

- 6.1. Вентиляція МВ №1,2;
- 6.2. Осушувальний насос;

6.3. Насос перекачки легкого палива №1;

6.4. Провізійне реф. устаткування.

Розподільчий щит РЩ-7, 440В:

7.1. Вентилятор котла;

7.2. Насос легкого палива котла №1;

7.3. Насос важкого палива котла №1.

Розподільчий щит РЩ-8, 440В:

8.1. Охолоджуючий насос заборотної води ГД №2;

8.2. Паливопідкачуючий насос №2;

8.3. Охолоджуючий насос прісної води ГД високої температури №2;

8.4. Насос циркуляції котла;

8.5. Насос підкачки палива котла №1.

Розподільчий щит РЩ-9, 440В:

9.1. Охолоджуючий насос прісної воді ГД низької температури №2;

9.2. Насос циркуляційної змазки ГД №2;

9.3. Насос змащування крейцкопфу ГД №2;

9.4. Насос змазки дейдвудного пристрою №2;

9.5. Вакуумна установка №1;

9.6. Насос гідрофора №1;

9.7. Насос гідрофора №2.

Розподільчий щит РЩ-10, 440В:

10.1. Допоміжний повітря нагнітач №2;

10.2. Насос циркуляції котла №2;

10.3. Насос підкачки палива котла №2;

10.4. Насос гідравліки люкового закриття.

Розподільчий щит РЩ-11, 440В:

11.1. Маслоперекачуючий насос №2;

11.2. Насос перекачки важкого палива;

11.3. Насос системи вирівнювання крену №2;

11.4. Устаткування майстерні.

Розподільчий щит РЩ-12, 440В:

12.1. Вентилятор трюму №1,2;

12.2. Вентилятор трюму №3,4;

12.3. Вентилятор трюму № 4, 5.

Розподільчий щит РЩ-13, 440В:

- 13.1. Вакуумна установка №4;
- 13.2. Трюмний пожежний насос;
- 13.3. Вентиляція МВ №3;
- 13.4. Насос важкого палива котла №2.

Розподільчий щит РЩ-14, 440В:

- 14.1. Головний кондиціонер надбудови;
- 14.2. Кондиціонер ЦПК.

Розподільчий щит РЩ-15, 440В:

- 15.1. Провізійний кран;
- 15.2. Трапова лебідка №1;
- 15.3. Трапова лебідка №2;
- 15.4. Привод лебідки рятувальної шлюпки (катер);
- 15.5. Привод лебідки рятувальної шлюпки.

Розподільчий щит РЩ-16, 440В:

- 16.1. Електрообладнання камбузу;
- 16.2. Пральні машини.

Розподільчий щит РЩ-17, 220В:

- 17.1. Освітлення надбудови;
- 17.2. Освітлення палуб;
- 17.3. Освітлення лашінгу.

Розподільчий щит РЩ-18, 220В:

- 18.1. Освітлення трюмів 3,4;
- 18.2. Освітлення трюмів 6,8;
- 18.3. Освітлення проходів.

Розподільчий щит РЩ-19, 220В:

- 19.1. Освітлення 2-ї нижньої палуби;
- 19.2. Освітлення кладовок.

Розподільчий щит РЩ-20, 220В:

- 20.1 Освітлення МВ;
- 20.2. Машинні розетки.

Розподільчий щит РЩ-21, 220В:

- 21.1. Зовнішнє прожекторне освітлення;
- 21.2. Палубні розетки.

Особливо відповідальні споживачі отримують живлення від АРЩ, при цьому зв'язок АРЩ з ГРЩ забезпечується автоматичними апаратами, які

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 (ЩЖБ).

Від АРЩ отримують живлення:

- 1) Аварійна рульова машина;
- 2) Аварійний пожежний насос;
- 3) Аварійний компресор пускового повітря;
- 4) Осушувальний насос;
- 5) Аварійне освітлення;
- 6) Навігаційні та сигнальні вогні;
- 7) Штурманське обладнання;
- 8) Радіозв'язок, сигналізація;
- 9) Система зв'язку «INNARSAT-C».

Розробка мереж розподілення електроенергії СЕЕС проводиться після вибору генераторів і розміщенню всіх приймачів електричної енергії, які мають підключитися до електростанції. При цьому перш за все визначаються приймачі електроенергії, які будуть отримувати живлення безпосередньо від ГРЩ.

Однолінійна схема ГРЩ і АРЩ приведені в Додатку В.

3.4. Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів

Для захисту СЕЕС і її елементів від коротких замикань і перевантажень використовуються автоматичні вимикачі (автомати) і запобіжники.

На підставі номінального струму (350 А) та напруги генераторів вибираємо високовольтні автоматичні вимикачі фірми HYUNDAI типу HVF1061.

Автомат має наступні характеристики:

- номінальний струм автомата - 630 А;
- номінальна напруга – 7,2 кВ;
- ударний струм - 104 кА;
- діюче значення – 40 кА;
- межі уставок на струм спрацювання - $(2 : 8) I_n$ розчіплювача;
- уставка на час спрацювання – 0,63 с;
- термічна стійкість - $3000 I_n^2 \times A^2 s$.



Рисунок 3.1 – Генераторний автомат HVF1061

Струмо-часова характеристика автомата, побудована на підставі віртуальної моделі, приведена на рисунку 3.2.

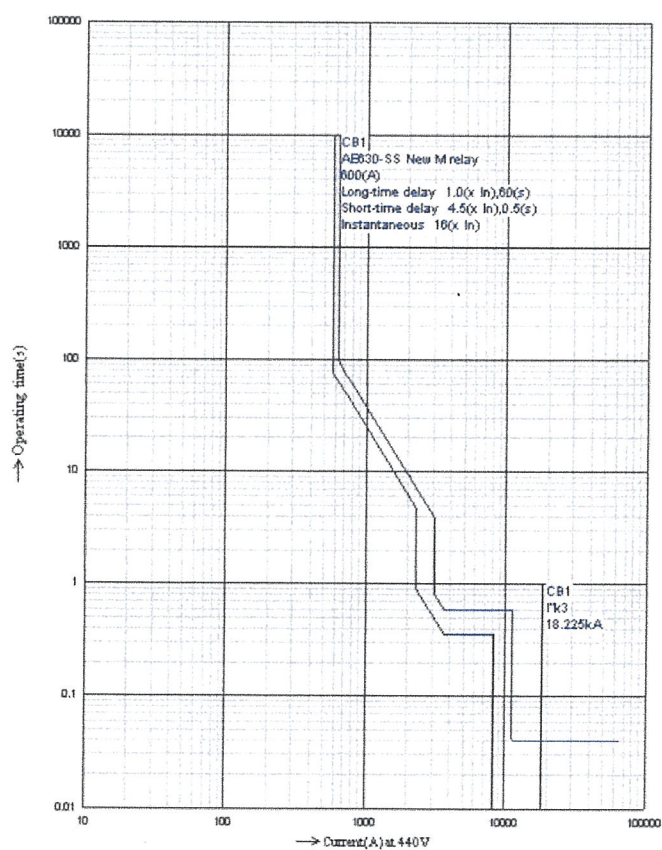


Рисунок 3.2 – Струмова часова діаграма

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

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.

На судні застосована фідерно-групова система розподілу електроенергії. В цьому випадку безпосередньо від ГРЩ (MSB) або АРЩ (ESB) прокладені самостійні лінії живлення (фідери) до всіх відповідальних споживачів і груповим РЩ. Групові РЩ здійснюють розподіл електроенергії серед групи однакових або близьких за призначенням споживачів.

Основні траси кабелів прокладаються по бортах судна з переходом по перегородках до щитів і приймачів електроенергії. На судні застосовуємо приховану проводку кабелів в спеціальних каналах, які забезпечують огляд кабельних трас.

Передача електроенергії споживачам здійснюється по трьохпроводній системі з ізолюваною нейтраллю, оскільки вона має велику електробезпеку. З'єднання фази на корпус судна не є коротким замиканням.

Для передачі енергії споживачам вибираємо трижильні кабелі японського виробництва стандарту JIS C3410, марки FA-TPYCY.

Суднові електричні кабелі типу FA-TPYCY - 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 7 x 1,7 мм² до 37 x 2,52 мм²;
- номінальний перетин жили: від 16 до 150 мм² ;
- номінальна напруга: 6/10 кВ;
- максимальна температура: 90°C.

Кабель FA-TPYCY застосовується для передачі електроенергії в суднових силових ланцюгах напругою 6/10 кВ при закріпленій прокладці.

Зробимо вибір кабелів, що відходять від ГРЩ. Переріз кабелів вибираємо по струмовому навантаженню, виходячи з роботи в найбільш важкому режимі.

Для вибору кабелю, що з'єднує генератор трифазного змінного струму з ГРЩ, розрахунковий струм визначаємо по формулі:

$$I_{\text{зн}} = \frac{P_{\text{зн}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{зн}} \cdot \cos \phi} = \frac{3200000}{\sqrt{3} \cdot 6600 \cdot 0,8} = 349.909 \text{ А}; \quad (3.15)$$

Для кабелів, що з'єднують окремі споживачі з РЩ:

$$I_{\text{зн}} = \frac{P_{\text{зн}} \cdot k_3}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{зн}} \cdot \eta_n \cos \phi}; \quad (3.16)$$

де k_3 - коефіцієнт завантаження споживача.

Розрахунковий струм кабелю розподільного щита, який живить групу споживачів, знаходимо по формулі:

$$I_{\Sigma} = k_0 \sqrt{\Sigma I_a^2 + \Sigma I_r^2} \quad (3.17)$$

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

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

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

Для трифазної лінії при визначенні втрати ΔU напруги користуємося формулою:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3}IL(r \cos \phi + x \sin \phi)}{U} \cdot 100\%; \quad (3.18)$$

де L - довжина кабелю;

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

Робочий струм кабелю генератора приймаємо рівним номінальному струму генераторного автомата HVF1061 рівним 630 А.

Вибираємо чотири трижильних кабелі марки FA-ТРҮСҮ-150(255 А на кабель) з загальним перетином жил 600 мм².

Кабелі з'єднуємо паралельно. Робимо перевірку на втрату напруги:

$L = 410 \text{ м} = 0,41 \text{ км}; I = I_{\text{га}} = 630 \text{ А}; \cos \phi = 0,8; \sin \phi = 0,6; r = 0,126 \text{ Ом/км}; x = 0,0922 \text{ Ом/км};$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3}IL(r \cos \phi + x \sin \phi)}{U} \cdot 100 = \frac{\sqrt{3} \cdot 630 \cdot 0,41 \cdot (0,126 \cdot 0,8 + 0,0922 \cdot 0,6)}{6600} \cdot 100 = 1,058 \%$$

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

Розрахунок інших кабелів проводимо аналогічно.

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

$$U_n \geq U_{\text{раб}}, I_n \geq I_{\text{раб}} \quad (3.19)$$

де U_n , $U_{\text{раб}}$, I_n , $I_{\text{раб}}$ - номінальні та робочі для даної схеми включення значення напруги та струму.

Автоматичні вимикачі вибираємо по струмах, які розраховуємо по формулі:

$$I_{ab} \geq k_0 \sum I_i + k I_n \quad (3.20)$$

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.

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:

4 генератори G1, G2, G3, G4:

$S_{H1}=4069\text{kVA}$; $U_H=6600\text{ В}$; $I_H=350\text{ А}$; $x_d''=0,117\text{ Ом}$; $r_\Gamma=0,0889\text{ Ом}$;

$S_{H2}=4069\text{kVA}$; $U_H=6600\text{ В}$; $I_H=350\text{ А}$; $x_d''=0,117\text{ Ом}$; $r_\Gamma=0,0889\text{ Ом}$;

$S_{H3}=4069\text{kVA}$; $U_H=6600\text{ В}$; $I_H=350\text{ А}$; $x_d''=0,117\text{ Ом}$; $r_\Gamma=0,0889\text{ Ом}$;

$S_{H4}=4069\text{kVA}$; $U_H=6600\text{ В}$; $I_H=350\text{ А}$; $x_d''=0,117\text{ Ом}$; $r_\Gamma=0,0889\text{ Ом}$.

Складаємо розрахункову схему (рис.3.3) 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:

$$S_6 = 4 \cdot 4069 = 16276\text{kVA}; U_6 = 6600\text{В};$$

$$I_6 = 16276000 / (\sqrt{3} \cdot 6600) = 1423,7 \text{ А.}$$

Визначаємо значення опорів обмоток статора генераторів G1-G4, що входять в схему:

Активні:

$$r_1 = r_2 = r_3 = r_4 = r_A \cdot \frac{S_d \cdot 1000}{U_d^2} = 0,0889 \cdot \frac{16276 \cdot 1000}{6600 \cdot 6600} = 0,033, \text{ Ом};$$

Реактивні:

$$x_1 = x_2 = x_3 = x_4 = x_d'' \cdot \frac{S_d}{S_i} = 0,117 \cdot \frac{16276,7}{4069} = 0,468, \text{ Ом};$$

Опори кабелю FA-ТРҮСУ-150 (3х150) складають: активне $R=0,126 \text{ Ом/км}$, індуктивне $X=0,0922 \text{ Ом/км}$. Опори 4-х паралельно прокладених кабелів завдовжки 10 м (приймається точка короткого замикання на відстані 10 м від ГРЩ) рівні:

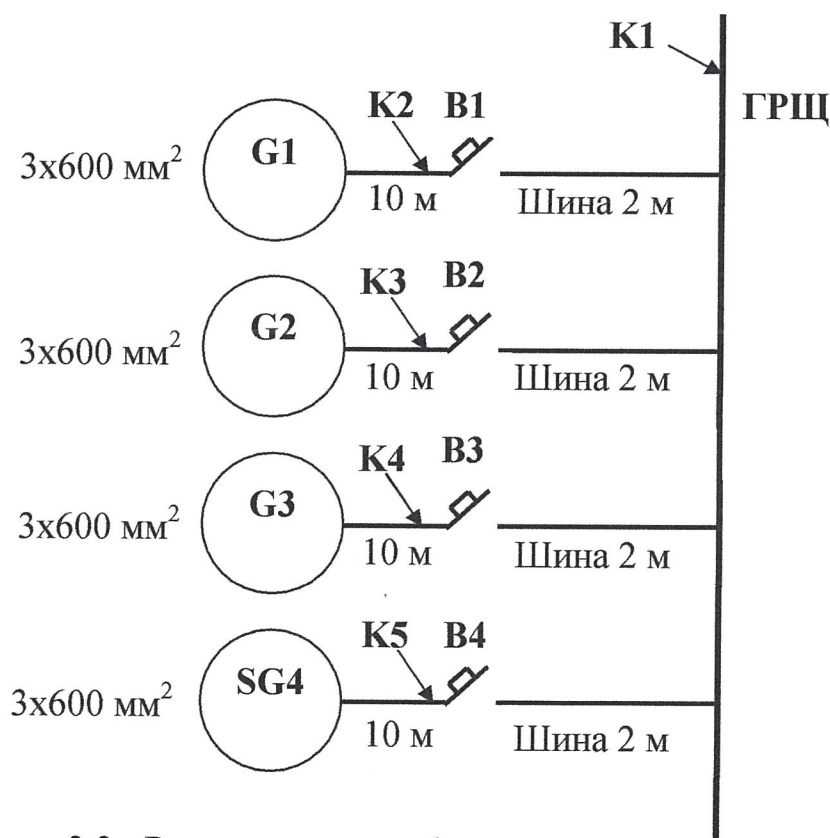


Рисунок 3.3 - Розрахунок струмів короткого замикання генераторів

активний: $r_k = \frac{0,126}{1000} \cdot 10 \cdot \frac{1}{4} = 3,15 \cdot 10^{-4}, \text{ Ом};$

індуктивний: $x_k = \frac{0,0922}{1000} \cdot 10 \cdot \frac{1}{4} = 2,305 \cdot 10^{-4}, \text{ Ом};$

Активний опір вимикачів В1, В2, В3, В4 ряду контактів і шин ГРЩ приймаємо рівним 0,0002 Ом, індуктивне 0,0001 Ом.

Тоді загальний опір кабелю і шин буде:

$$r_5 = (3,15 \cdot 10^{-4} + 2 \cdot 10^{-4}) \frac{16276,7 \cdot 1000}{6600 \cdot 6600} = 1,924 \cdot 10^{-4} = 0,0001924 \text{ Ом};$$

$$x_5 = (2,305 \cdot 10^{-4} + 10^{-4}) \frac{16276,7 \cdot 1000}{6600 \cdot 6600} = 1,235 \cdot 10^{-4} = 0,0001235 \text{ Ом};$$

Загальний опір чотирьох однакових генераторних променів

$$r_6 = r_1 + r_5 = 0,033 + 0,0001924 = 0,0331924 \text{ Ом};$$

$$x_6 = x_1 + x_5 = 0,468 + 0,0001235 = 0,4681235 \text{ Ом};$$

Для визначення еквівалентного опору скористаємося комплексною формою їх запису:

$$Z_6 = r_6 + jx_6 = 0,033 + j \cdot 0,468 \text{ Ом};$$

$$Z_7 = r_7 + jx_7 = 0,033 + j \cdot 0,468 \text{ Ом};$$

$$Z_8 = r_8 + jx_8 = 0,033 + j \cdot 0,468 \text{ Ом};$$

$$Z_9 = r_9 + jx_9 = 0,033 + j \cdot 0,468 \text{ Ом};$$

$$Z_{10} = \frac{Z_6 Z_7 Z_8 Z_9}{Z_7 Z_8 Z_9 + Z_6 Z_8 Z_9 + Z_6 Z_7 Z_9 + Z_6 Z_7 Z_8} = 8,352 \cdot 10^{-3} + 0,117j \text{ Ом};$$

Звільнимися від комплексного числа в знаменнику множенням дробу на зв'язаний комплекс знаменника:

$$r_{10} = 0,008532 \text{ Ом}; \quad x_{10} = 0,117 \text{ Ом};$$

$$Z_{10} = \sqrt{0,008532^2 + 0,117^2} = 0,117 \text{ Ом}.$$

Отримані опори r_{10} , x_{10} , Z_{10} є результуючими при короткому замиканні в точці K_1 .

$$I_0 = 8,1; I_{0,01} = 7,2; I_{0,25} = 4,2; I_\infty = 4,05$$

Відношенню $x_{10}/r_{10} = 117/0,008532 = 14,009$ відповідає ударний коефіцієнт $K_{уд} = 1,8$ (рис. 3.4):

$$i_{yд.г} = \sqrt{2} \cdot I_0 \cdot [I_{0,01} + I_0 \cdot (K_{yд} - 1)] \quad (3.21)$$

$$i_{yд.г} = \sqrt{2} \cdot 1423,7 \cdot (7,2 + 8,1 \cdot (1,8 - 1)) = 27550 \text{ А}.$$

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

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

$$Z_{\partial} = \frac{1}{5} \cdot \frac{S_{\partial}}{S_n} = 0,2 \cdot \frac{S_{\partial}}{0,75 \cdot S_{\partial}} = 0,266 \quad (3.22)$$

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

Струм підживлення двигунів:

$$i_{удд} = \sqrt{2} \cdot I_{\partial} \cdot I_d = \sqrt{2} \cdot 1423,7 \cdot 3,38 = 6805,3 \text{ А};$$

Ударний струм в точці К₁ буде рівний сумі:

$$i_{уд} = i_{удд} + i_{уд,г} = 6805,3 + 27550 = 34350,3 \text{ А}.$$

По одержаному струму КЗ 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 КЗ в точках К2, К3, К4, К4. Орієнтовно ударні струми КЗ в точках рівні:

$$\text{К2: } i_{удг} = i_{уд} \cdot \frac{S_g}{S_{\partial}} + i_{удд} = 34350,3 \cdot \frac{4069}{16276} + 6805,3 = 1,539 \cdot 10^4 = 15390 \text{ , А};$$

$$\text{К3: } i_{удг} = i_{уд} \cdot \frac{S_g}{S_{\partial}} + i_{удд} = 34350,3 \cdot \frac{4069}{16276} + 6805,3 = 1,539 \cdot 10^4 = 15390 \text{ , А};$$

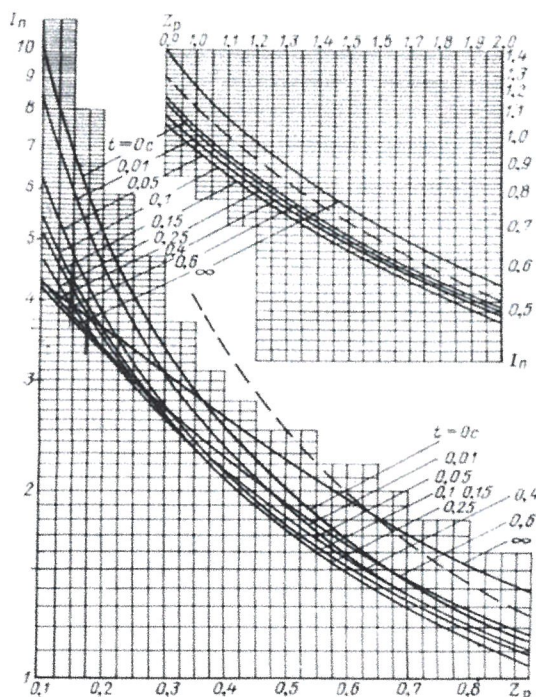


Рисунок 3.4 – Розрахункові криві для визначення періодичної складової струму КЗ СЕЕС залежно від результуючого опору кола КЗ і часу

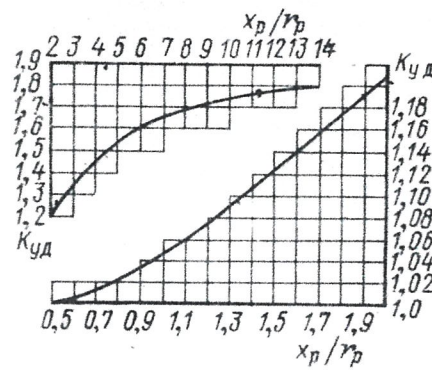


Рисунок 3.5 – Залежність ударного коефіцієнта $K_{уд}$ відношенням x_{10}/r_{10} .

$$K4: i_{удГ} = i_{уд} \cdot \frac{S_{Г}}{S_{б}} + i_{уд\partial} = 34350,3 \frac{4069}{16276} + 6805,3 = 1,539 \cdot 10^4 = 15390 \text{ , А};$$

$$K5: i_{удГ} = i_{уд} \cdot \frac{S_{Г}}{S_{б}} + i_{уд\partial} = 34350,3 \frac{4069}{16276} + 6805,3 = 1,539 \cdot 10^4 = 15390 \text{ , А};$$

Ці струми більші струмів динамічної стійкості вимикачів В1, В2, В3, В4.

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

$$I_{розр} = \frac{\sum P_i}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos \varphi} \quad (3.23)$$

$$I_{розр} = \frac{4 \cdot 3200}{2 \cdot \sqrt{3} \cdot 6600 \cdot 0,8} \cdot 1000 = 699,819 \text{ , А}$$

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 навантаженнях приймають рівним 14000 Н/см^2 , а максимально допустиму (короткочасну) температуру - 300° С .

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

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

Визначаємо значення виразів:

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

На підставі кривих рисунку 3.6 визначаємо значення коефіцієнта форми $K_{\phi}=0,88$.

Момент опору шин прямокутного перетину визначаємо по формулі:

$$W = \frac{b^2 \cdot h}{6} = \frac{1,6^2 \cdot 10}{6} = 4,267, \text{см}^3 \quad (3.24)$$

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

$$f = K \cdot K_\phi \cdot i_{\text{кз}}^2 \cdot \frac{1}{a} \cdot 10^{-7} = 1,76 \cdot 0,88 \cdot 34350,3^2 \cdot \frac{1}{10} \cdot 10^{-7} = 18,275, \text{Н/см} \quad (3.25)$$

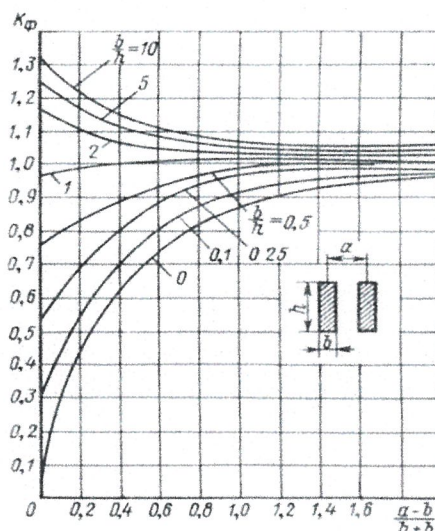


Рисунок 3.6 – Криві для визначення коефіцієнта форми

Найбільше допустиме значення прольоту між опорами шин:

$$l_{\text{max}} = \sqrt{\frac{10 \cdot \sigma_{\text{дон}} \cdot W}{f}} = \sqrt{\frac{10 \cdot 14000 \cdot 4,267}{18,275}} = 57,174, \text{см} \quad (3.26)$$

Приймаємо 50 см.

При довжині секції ГРЩ 100 см шини повинні бути закріплені у трьох точках в кожній секції.

Згідно кривим рисунок 3.7 початковій (номінальній) температурі нагріву мідних шин, рівної 90°C , відповідає значення $A_H=1,7 \cdot 10^4$.

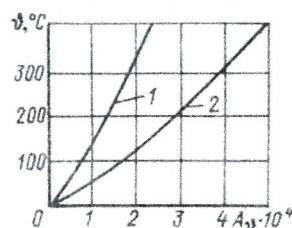


Рисунок 3.7 – Криві для визначення температури нагрівання струмопроводів
1- для алюмінію, 2 – для міді.

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

$$A_k = A_n + \frac{I_{K3}^2}{S^2} \cdot t_\phi \quad (3.27)$$

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

$$A_k = 1,7 \cdot 10^4 + \frac{34350,3^2}{(100 \cdot 16)^2} \cdot 2 = 1,792 \cdot 10^4$$

Згідно кривим на рисунку 3.7 значенню $A_n = 1,792 \cdot 10^4$ відповідає температура приблизно рівна 100°C , що менше 300°C . У зв'язку з цим вважаємо що шини задовольняють термічній стійкості з великим запасом, оскільки здатні витримати ударний струм КЗ з витримкою більше 2-х секунд.

3.5 Вибір системи збудження синхронних генераторів

Для високовольтних без щіткових синхронних генераторів HYUNDAI HSRJ7-805-10 з номінальною напругою 6600 В виберемо систему збудження Basler Electric типу DECS – 300. Це є сучасна цифрова система збудження.

DECS-300 забезпечує функції регулювання напруги, управління коефіцієнтом потужності і реактивної потужністю, а також регулювання струму збудження. DECS-300 включає аналогові/цифрові входи/виходи, що дозволяють виділити аварійний сигнал, управління і спрацьовування системи збудження.

Користувач може проводити роздільну настройку збудження, вибирати режими роботи, програмувати і калібрувати операції. Зручні для читання індикатори на світлодіодах видають своєчасну інформацію про конкретні умови функціонування. На передній панелі розташований великий РК дисплей, що відображає в режимі реального часу заміряні інформаційні дані, стан входів і виходів.

DECS-300 є цифровим регулятором, який управляє картою збудження, призначеною для управління мостом потужності транзисторного (IGBT) або тиристорного типу. Він призначений для використання в системах збудження статичного типу або на діодах, що обертаються. Випрямний міст визначає рівень збудження системи. DECS-300 працює в різноманітних режимах, що надає великі можливості для управління синхронними машинами. У режимі регулювання

напруги, що дозволяє досягати точності 0,25%, регулятор дає швидкий перехідний сигнал у разі виникнення порушень. Стабільність забезпечується програмою PID, яка управляє змінами параметрів генератора до оптимального у відповідь на сигнал.

Система збудження типу DECS-300 має також функцію управління реактивними вольт-амперами, коефіцієнтом потужності, а також вирівнювання напруги. Струм збудження також може регулюватися. Ця функція дуже зручна при запуску генератора або у разі проведення тестів.

Властивості DECS-300:

- Вимірювання в режимі реального часу;
- З'єднання Modbus™;
- Мікропроцесор 32 біта;
- Незалежна флеш-пам'ять;
- 40 типів кривих стійкості регулювання напруги з точністю до 0,25% (режим AVR);
- Програмована функція лінійно наростаючого включення напруги;
- Програмований поріг нижнього значення частоти;
- Вимірювання дійсної напруги (RMS), однофазне або трифазне;
- Регулювання струму збудження;
- Однофазне вимірювання напруги мережі для вирівнювання напруги;
- Компенсація кола зворотного зв'язку струму;
- Межа збудження (верхній і нижній);
- Регулювання коефіцієнта потужності і VAR;
- Автоматичний вибір всіх робочих режимів;
- Контроль налаштувань;
- Управління через вхідний роз'єм, вимикач на передній панелі або з'єднання через послідовний порт (RS-232 і RS-485);
- Світловий індикатор роботи через контакти загального аварійного сигналу або комунікаційного порту RS-485;

Наявний захист від:

1. Наднизької і надвисокої напруги генератора;
2. Наднизької частоти генератора;
3. Надвисокої напруги збудження;
4. Надвисокого струму збудження;
5. Втрати вимірювання напруги.

Обмежувачі збудження забезпечують корекцію первинного контролера для зниження струму збудження, якщо наднизьке або надвисоке значення збудження є причиною дуже низької частоти. Наднизьке або надвисоке збудження може привести до перевантаження або до виникнення надвисокої напруги на генераторі. Регулятор також включає обмежувач наднизької частоти, а також функції захисту від наднизької і надвисокої напруги. При спрацьовуванні обмежувачів система аварійного сповіщення визначає причину, виводячи її вказівку на РК дисплей (рисунок 3.8) і дані можуть передаватися через комунікаційний порт.

Комунікаційна програма DECS 300.

Якщо перезбуджування приводить до ненормальних умови функціонування, то система управління генератором зупинить машину для забезпечення повної безпеки.

Користувачі можуть управляти генератором різними способами. Локальний контроль може виконуватися через РК дисплей і управлятися клавішами на передній панелі DECS-300, дистанційне керування – через входні роз'єми або послідовний порт RS-485.

Індикатор стану системи є на комунікаційному порту, на якому дані вимірювань генератора прямують в протокол Modbus в режим реального часу, як і аварійні сигнали і стан.

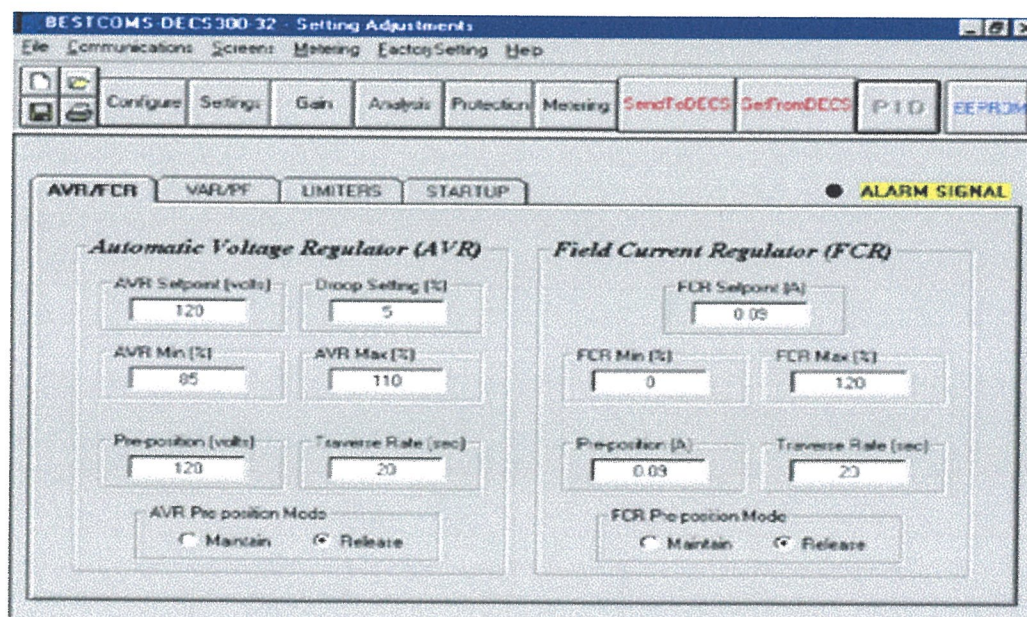


Рисунок 3.8 – Панель налаштування

Схема системи збудження показана на рисунку 3.9.

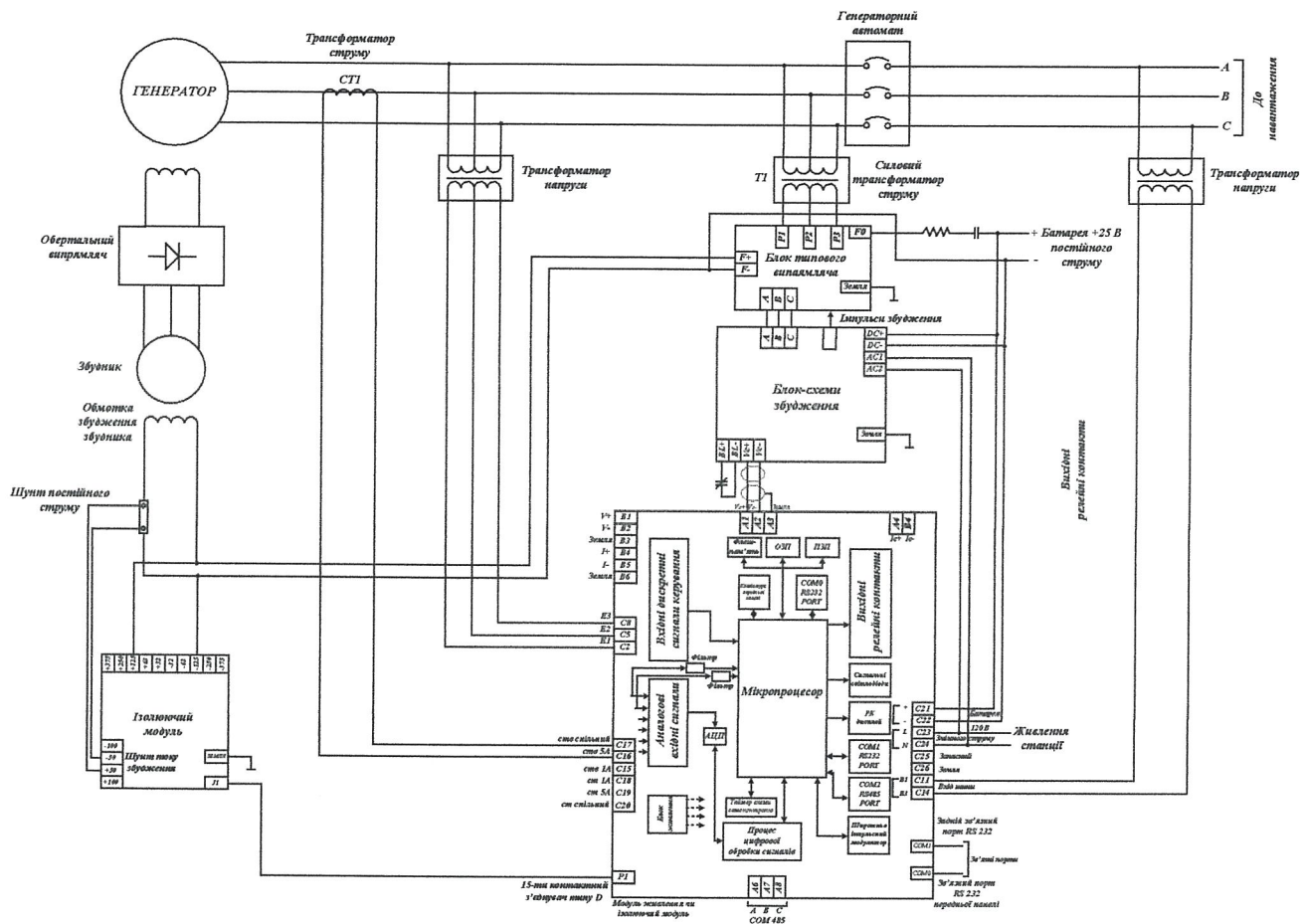


Рисунок 3.9 – Принципова схема системи збудження
Basler Electric типу DECS – 300

Вхідна потужність від джерела електроживлення AC або DC забезпечує робочу напругу для системи DECS-300. Система DECS-300 зчитує напругу генератора і струм через трансформатори напруги та струму. Напруга і струм збудження зчитуються за допомогою ізоляційних модулів (Isolation Module) і перетворюються в сигнали аналогової напруги (рисунок 3.10).

Згідно робочого стану системи DECS-300 передає аналоговий сигнал, що управляє, до схеми запалення. Це аналоговий сигнал (від 4 до 20 мА, від 0 до 10 В (VDC) або + 10 В (VDC)), що управляє фазовим кутом імпульсів запалення SCR, вироблених в схемі запалення.

DECS-300 може управляти електричними мостами, які мають різну потужність вихідного струму в діапазоні від 20 до 5.000 А DC на рівнях номінальної напруги від 32 до 3,75 V DC. Ці мости можуть бути наполовину керованими або повністю керованими. Повністю керовані мости забезпечують швидше самозбудження генератора або поля збудника.

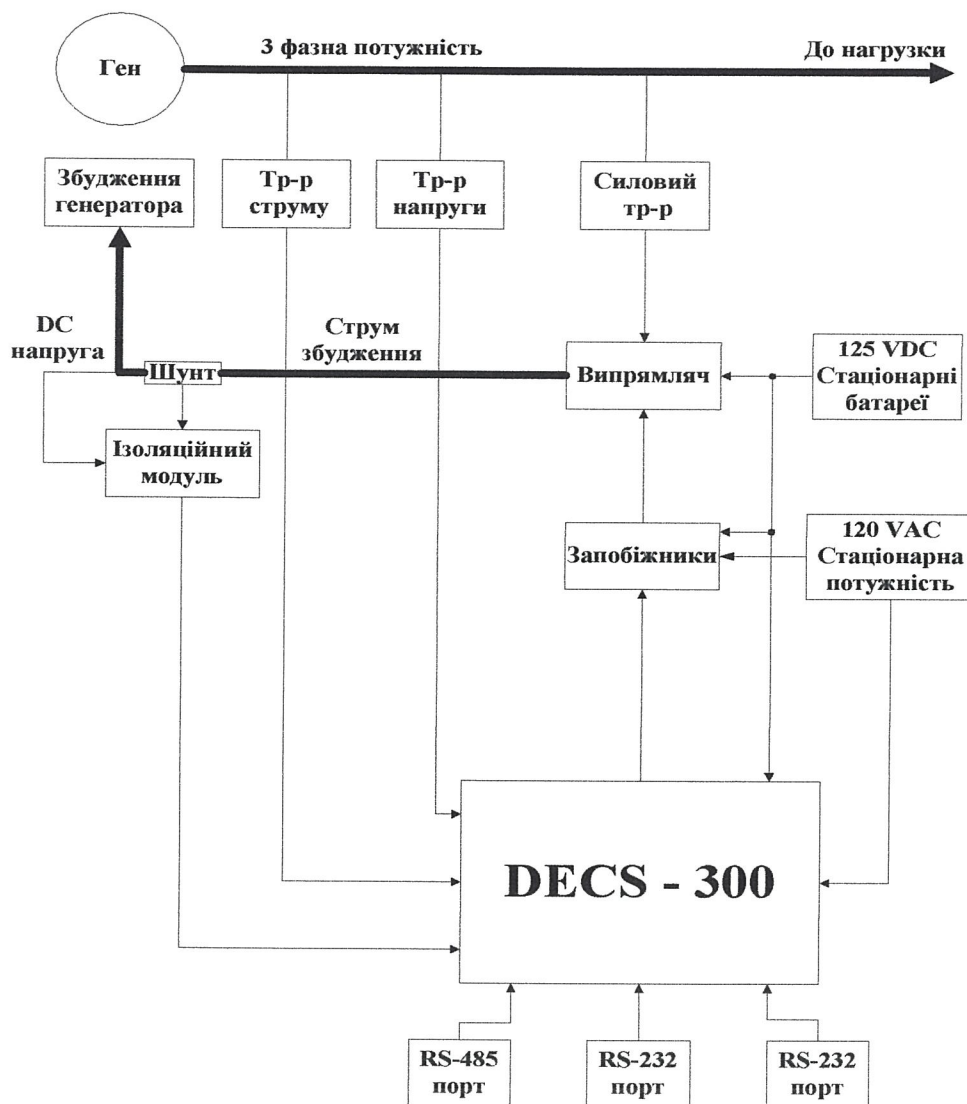


Рисунок 3.10 – Структурна діаграма типової системи DECS-300

Ізоляційний модуль (transducer) зчитує поле напруги і струму і розвиває аналогову напругу для системи DECS-300. Він теж ізолює систему DECS-300 від поля. Ці аналогові сигнали напруги приводяться до системи DECS-300 через кабель, зв'язаний між обома з'єднувачами (P1 у системи DECS-300 і J1 у ізоляційного модуля). Робоча напруга для схем в ізоляційному модулі приводиться від системи DECS-300 через той же самий кабель.

Кожна система DECS-300 має інтегровані обмежувачі перезбудження і недозбудження. Обмежувачі перезбудження є як на зв'язаних, так і на незв'язаних рівнях. Ця функція забезпечує максимальний захист від перезбудження, оскільки вона має різні значення установки для незв'язаної операції. Під час незв'язаної роботи потрібні нижчі значення установки обмежувачів для правильного захисту генератора.

Система DECS-300 має багато функцій, які можуть бути пристосовані до потреб користувачів з метою виконання різних вимог систем виробництва електроенергії. Пристрої управління VAR коефіцієнтом потужності надаються для застосування генератора паралельно з постачанням електроенергії (utility). Інша функція - 20 стандартних заздалегідь програмованих параметрів стабілізації, які можуть бути вибрані користувачем для застосувань поля збудження, 20 стандартних параметрів стабілізації для застосувань головного поля збудження, і один параметр стабілізації, який може бути заздалегідь запрограмований користувачем. Вона має програмовані вихідні контакти для індикації різних операційних і захисних функцій системи DECS-300. Система DECS-300 може бути запрограмована з метою надійної роботи у разі відмови зчитування.

Для критичних застосувань, де генератор не може працювати в результаті відмови системи збудження, резервна (redundant) система DECS-300 може бути використана для забезпечення управління допоміжним збудженням. Резервні системи збудження повинні бути налагоджені необхідним чином для правильного виведення системи, що вийшла з ладу, а також для правильного запуску допоміжної системи. Крім того, повинні бути прийняті заходи для періодичної перевірки допоміжної системи з метою забезпечення її готовності експлуатації і можливості пуску в експлуатацію без попереджувального сигналу. DECS-300 забезпечує резервне страхування системи збудження шляхом автоматичного стеження і перемикання між контрольними модулями. У разі окремого застосування DECS-300, система DECS-300 може бути налагоджена таким чином, що неактивні операційні режими системи DECS-300 слідує за активним операційним режимом.

Якщо система збудження зазвичай працює зв'язаним чином в автоматичному режимі і при цьому виникає відмова зчитування, то можна перейти до ручного режиму роботи пристрою, де відмова зчитування не робить шкідливого впливу на здатність збудника забезпечувати правильні рівні збудження. Під час проведення стандартного обслуговування система DECS-300 в резервному режимі внутрішнього стеження дозволяє перемикання в неактивний режим, який не приводить до перешкод системи. DECS-300 також забезпечує стеження між пристроями DECS-300. Резервний пристрій DECS-300 може бути програмований для того, щоб примусити будь-який з операційних режимів слідувати первинному операційному режиму системи DECS-300.

DECS-300 сумісний з Modbus™ через порт RS-485.

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

$$x_d'' = 0,117$$

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

$$x_d' = 0,191$$

Синхронний індуктивний опір обмотки статора синхронного генератора по поздовжній осі:

$$x_d = 1,18$$

Постійна часу обмотки ротора при розімкненій обмотці статора:

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

Спочатку розрахуємо потужність, споживану при пуску даного двигуна:

$$S_n = \sqrt{3} \cdot \frac{U}{1000} + I_n \cdot K_n \cdot \cos(\phi) \quad (3.31)$$

де U – напруга двигуна,

I_n - номінальний струм,

K_n – кратність пускового струму двигуна.

$$P_n = \sqrt{3} \cdot \frac{6600}{1000} \cdot 341,7 \cdot 6 \cdot 0,8 = 18750, \text{ кВт}$$

Оскільки потужність при пуску такого двигуна більше потужності одного генератора, то для роботи підрулюючим пристроєм необхідно запускати всі чотири генератори одночасно ($4 \cdot 4069 = 16280 \text{ кВА}$), які на час пуску будуть працювати з перевантаженням. Розрахунок провалу напруги виконаємо при чотирьох працюючих однакових генераторах. Тоді їх загальні опори будуть рівні:

$$x_d' = 0,048, \quad x_d'' = 0,029, \quad x_d = 0,295, \quad \tau_{d0}' = 1,73$$

Визначимо реактивний опір двигуна:

$$x_d = \frac{S_{нг}}{K_n \cdot S_{нд}} \cdot \left(\frac{U_{нд}}{U_{нг}} \right)^2 \quad (3.32)$$

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

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

K_n – кратність пускового струму двигуна.

$$x_d = \frac{16280}{2 \cdot 3750} \cdot \left(\frac{6600}{6600} \right)^2 = 0,723$$

Початкова напруга:

$$U_{нач} = \frac{x_{\delta}}{x_{\delta} + x'_{\delta}} = \frac{0,723}{0,723 + 0,048} = 0,938 \quad (3.33)$$

Стала напруга:

$$U_{уст} = \frac{x_{\delta}}{x_{\delta} + x_d} = \frac{0,723}{0,723 + 0,295} = 0,710 \quad (3.34)$$

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

$$\tau'_d = \tau'_{d0} \cdot \frac{x_{\delta} + x'_d}{x_{\delta} + x_d} = 1,73 \cdot \frac{0,723 + 0,048}{0,723 + 0,295} = 1,310 \quad (3.35)$$

Час досягнення мінімального значення напруги для генераторів з самозбудженням.

$$t_{min} = \tau'_d \cdot \ln \left(\frac{U_{нач} - U_{уст}}{K_2 \cdot K \cdot \tau'_d} + 1 \right) \quad (3.36)$$

З формули (3.36) $K=20$, а K_2 буде:

$$K_2 = \frac{x_{\delta}}{x_{\delta} + x_d} = \frac{0,723}{0,723 + 0,295} = 0,71 \quad (3.37)$$

$$t_{min} = 1,310 \cdot \ln \left(\frac{0,938 - 0,710}{0,71 \cdot 20 \cdot 1,310} + 1 \right) = 0,016, \text{с.}$$

Значення мінімальної напруги:

$$U_{min} = U_{уст} + (U_{нач} - U_{уст}) \cdot e^{\frac{-t_{min}}{\tau'_d}} + K_2 \cdot K \cdot \left[t_{min} - \tau'_d \cdot \left(1 - e^{\frac{-t_{min}}{\tau'_d}} \right) \right] \quad (3.38)$$

$$U_{min} = 0,710 + (0,938 - 0,710) \cdot e^{\frac{-0,016}{1,310}} + 0,71 \cdot 6 \cdot \left[0,016 - 1,310 \cdot \left(1 - e^{\frac{-0,016}{1,310}} \right) \right] = 0,937$$

Максимальний провал напруги:

$$\Delta U_{max} = (1 - U_{min}) \cdot 100\% = (1 - 0,937) \cdot 100 = 6,33\% \quad (3.39)$$

Як бачимо, падіння напруги на клеммах генератора знаходиться в допустимих межах, тобто менше 7%.

3.7 Перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги

Розрахуємо втрату напруги в кабелі підрулюючого пристрою з робочим струмом двигуна 341,7 А при номінальній напрузі 6600 В.

Допустиме струмове навантаження кабелю можна визначити по формулі:

$$I_K = I_1 \cdot k_n \cdot k_{\text{реж}} \cdot k_T^0 \cdot k_{\text{Пр}}; \quad (3.40)$$

де I_1 -тривало допустиме струмове навантаження для одножильного кабелю;

k_n - поправочний коефіцієнт, враховуючий кількість жил в кабелю;

$k_{\text{реж}}$ - поправочний коефіцієнт, враховуючий режим роботи живлячого споживача електроенергії;

k_T - поправочний коефіцієнт, враховуючий температуру навколишнього середовища;

$k_{\text{Пр}}$ - поправочний коефіцієнт, враховуючий спосіб прокладки кабелю.

Вибираємо паралельно прокладені два кабелі марки FA-ТРУСУ-150 (150 мм², 255 А на кабель) з ізоляцією із етиленпропилену сумарним перерізом жил 300 мм² з наступними характеристиками: $I_1=510$ А, $k_n=0,7$ для трижильного кабелю, $k_{\text{реж}}=1,3$ для ПВ 40% при $I_1=500$ А, $k_T=1$ для температури 45°C, $k_{\text{Пр}}=0,85$ для випадку, коли доступ повітря утруднений, у нашому випадку прокладка кабелю проходить у кабельній трасі:

$$I_K = 510 \cdot 0,7 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 0,85 = 394,485 \text{ А.}$$

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

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{роз}} \cdot l}{\gamma \cdot U_n \cdot s} \cdot 100\%; \quad (3.41)$$

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

Визначимо падіння напруги для вибраного кабелю: $s=300$ мм², $U_n=6600$ В, $I_{\text{роз}}=394,485$ А, $l=390$ м.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 394,485 \cdot 390}{48 \cdot 6600 \cdot 300} \cdot 100 = 0,28\%.$$

Кабель вибраний вірно, тому що падіння напруги на лінії складає 0,28 %, а це набагато менше, ніж встановлені Регістром максимальні 5%.

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

3.8.1. Система автоматизації СЕЕС НІМАР

НІМАР - це цифровий пристрій управління і захисту для використання в низьковольтних і високовольтних енергетичних установках. За допомогою трьох потужних мікропроцесорів НІМАР повністю забезпечує захисні функції для генераторів, електродвигунів (синхронних і асинхронних), трансформаторів, ліній електропередач і розподілу. НІМАР дозволяє управляти п'ятьма вимикачами, забезпечуючи всі необхідні функції, такі як відображення, контроль і блокування, для оптимального управління вимикачем.

Інтегрований ПЛК дозволяє виробляти індивідуальну конфігурацію функцій управління. Для збільшення гнучкості і вибіркової приладу в експлуатації є можливість використання як цифрових, так і аналогових виходів для підключення пристрою управління НІМАР до головного розподільного щита. Крім того, для комунікації між пристроями НІМАР і центральною системою контролю може використовуватися ряд послідовних інтерфейсів з різними видами протоколів.

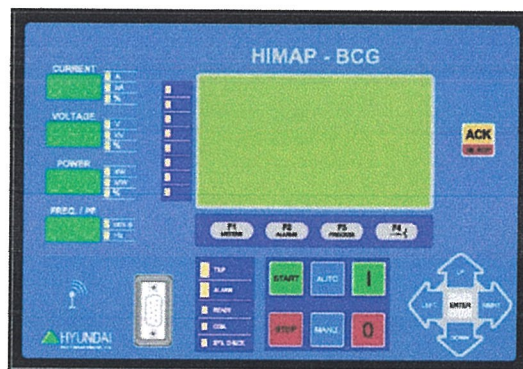


Рисунок. 3.14 – Зовнішній вигляд панелі управління НІМАР

3.8.2. Інтерфейс користувача (НМІ) НІМАР

НІМАР легкий в управлінні і в програмуванні. Великий графічний рідкокристалічний дисплей з опційними світлодіодами відображає необхідні дані, такі як положення всіх підключених вимикачів або установки параметрів. Вся системна конфігурація НІМАР може бути здійснена за допомогою кнопок лицьової панелі, що дозволяє обходитися без зовнішніх пристроїв програмування. НІМАР має чотири «гарячі» кнопки внизу під дисплеєм, за допомогою яких

можуть бути активовані чотири основні функціональні групи: «Виміри», «Несправності», «Процеси» і «Управління вимикачем».

Кнопка “Meters” («Виміри») відображує детальну інформацію про значення електричних вимірів, лічильників активної і реактивної потужності, а також відпрацьованого годинника.

Кнопка “Alarms” («Несправності») відображує всі несправності, що діють, пам'ять подій і блокування.

Кнопка “Process” («Процеси») виводить всі оброблювані дані процесів, такі як екран синхронізації, теплову індикацію двигуна і лічильники вимикача.

Кнопка “Breaker Control” («Управління вимикачем») відкриває доступ і управління вимикачів, до п'яти штук.

3.8.3. Клемні з'єднання

Проводи контрольних кіл підводяться до НІМАР ззаду через клеми з штирьовими роз'ємами, що дозволяє легко замінювати пристрій.

За допомогою аналогових вимірювальних входів можна виміряти і відображувати наступні величини: 3-х фазна і лінійна напруга генератора і шин 1 і 2; 3-х фазний струм генератора (середнє/максимальне значення); 3-х фазний диференціальний струм (максимальне значення); частоти всіх систем (мінімальне/максимальне значення); струм і напруга замикання на землю (максимальне значення); активна і реактивна потужність кожної фази; активна і реактивна потужність замикання на землю; коефіцієнт потужності кожної фази.

НІМАР пропонує наступні додаткові аналогові входи і виходи для аналогових сигналів: 4 аналогові входи 4-20 мА (0-20 мА); 4 аналогові виходи 4-20 мА (0-20мА).

НІМАР забезпечує наступні дискретні входи і виходи: 14 дискретних входів; 12 дискретних релейних виходів.

До НІМАР може бути підключений модуль-розширювач вхід/вихід, що забезпечує додаткові вхідні і вихідні канали. Модуль-розширювач конфігурується відповідно до індивідуальних вимог і може бути максимально обладнаний наступними вхідними і вихідними каналами: 6 дискретних входів; 4 релейних виходів; 8 аналогових виходів 4-20мА; 21 аналоговий вхід РТ 100 / РТ 1000 або аналогових входів 4 – 20 мА.

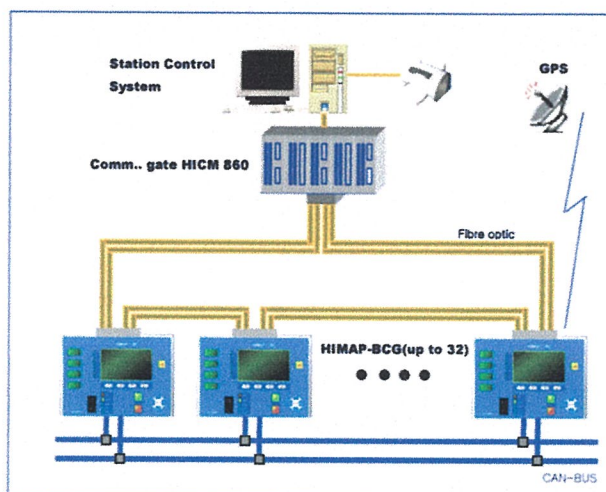


Рисунок 3.15 – Конфігурація комунікаційної системи з HIMAP

3.8.4. Функції захисту HIMAP

HIMAP забезпечує функції захисту, представлені в наступній таблиці відповідно до ANSI. Функції захисту засновані на вимогах норм ІЕС.

Таблиця 3.3 – Функції захисту HIMAP

№ ANSI	Функції захисту
2	Затримка при пуску або включенні
12	Захист по перевищенню швидкості
14	Контроль зниженої швидкості
15	Пристрій, що погоджує (функція потенціометра)
24	Контроль перезбудження
25 /A	Автоматична синхронізація
27	Знижена напруга, миттєве спрацювання, встановлювана затримка
27B	Знижена напруга, встановлювана затримка (лише BUS1)
32	Зворотна потужність
37	Знижений струм
40/Q	Реле втрати збудження (обриву поля)
46	Контроль зворотної фази струму
47	Контроль послідовності фаз
49	Тепловий захист від перевантаження
50BF	Несправність автоматичного вимикача
50	Перевантаження по струму, миттєве спрацювання
50G/N	Струм замикання на землю, миттєве спрацювання
51	Перевантаження по струму, встановлювана затримка, IDMT (6 кривих)

51G/N	Струм замикання на землю, встановлювана затримка, IDMT (6 кривих)
51LR	Загальмований ротор
51V	Перевантаження по струму з обмеженням по напрузі
59	Перенапруження, миттєве спрацювання, встановлювана затримка
59B	Реле максимальної напруги шини, встановлювана затримка
59N	Залишкове перенапруження
64	Контроль напруги відносно землі
66	Кількість пусків
67	Направлене перевантаження по струму, встановлювана затримка, IDMT
67GS/GD	Направлене замикання на землю, встановлювана затримка
78	Реле контролю вибігання вектора
78S	Генератор «не в ногу» / реле гойдання потужності
79	Автоматичне повторне включення
81	Контроль частоти
81B	Реле контролю частоти шини
86	Електричне блокування на включення
87M	Диференціальний захист електродвигуна
87T	Диференціальний захист трансформатора
87G	Диференціальний захист генератора
87LD	Лінійний диференціальний захист
87N	Обмеження замикання на землю
90	Регулювання напруги
94	Контроль ланцюга відключення
95i	Блокування захисту при скачках струму (2-я гармоніка)
FF	Контроль відмови запобіжників (вимірювальних напруг)

3.8.5. Загальні відомості про розроблену систему управління електростанцією

Система складається з блоків управління генераторами (Deif Generator Unit - DGU), їх панелей управління (ПУ) (Control Panel - CP) і програмного забезпечення. Взаємодія блоків DGU між собою і зі своїми панелями управління (CP) здійснюється за допомогою мережі ARC-network. Прикладне програмне забезпечення (ПЗ) системи складається з двох блоків, що взаємодіють між собою: ПЗ управління генераторним агрегатом і ПЗ автоматичного управління електростанцією (Power Management System - PMS).

ПО управління генераторним агрегатом здійснює контроль і безпосереднє управління агрегатом, виконуючи команди, отримані від оператора або PMS. ПЗ PMS здійснює управління електростанцією в цілому, відповідно до вибраного режиму управління електростанцією. При управлінні електростанцією з системою PMS можливе задання наступних режимів: напівавтоматичний (SEMI-AUTO); автоматичний (AUTOMATIC); безпечний (маневрений) (SECURED).

Напівавтоматичний режим роботи. Даний режим вимагає безпосереднього втручання оператора. Всі автоматичні дії виконуються тільки після його команд, що задаються за допомогою кнопок, розташованих на ПУ. В даному режимі реалізовані наступні автоматичні функції: автоматична послідовність запуску і зупинки; автоматична послідовність включення генераторного автомата, в тому числі і динамічна синхронізація; автоматична послідовність виключення генераторного автомата.

Автоматичний режим роботи. В цьому режимі знаходяться всі генераторні агрегати, які були вибрані для контролю PMS. Генератори забезпечують живлення обох секцій шин, між секційний автомат включений.

Автоматичний пуск і зупинка генераторів в залежності від навантаження на ГРІЩ виконується відповідно до заданих параметрів і в порядку заданої черги. При цьому враховуються задані обмеження на кількість працюючих / зупинених генераторних агрегатів, також враховуються можливі несправності в процесі пуску і синхронізації. Дані несправності призводять до заміщення несправного ДГ наступним у черзі.

Система автоматизації СЕЕС контейнеровозу місткістю 8700 контейнерів за допомогою НІМАР показана в додатку В.

Безпечний режим роботи.

Режим роботи схожий на автоматичний. Але в безпечному режимі межа, при якій здійснюється запуск/зупинка чергового ДГ, встановлена рівною номінальній потужності самого потужного генератора. Це дозволяє мати на шинах достатній резерв потужності і раптове відключення будь-якого з генераторів не зможе привести до знеструмлення електростанції.

Режим ручного управління (SWBD).

В цьому режимі генераторний агрегат виведений з автоматичного режиму управління. DGU забезпечує тільки такі функції захисту генераторного агрегату: внутрішній контроль системи; контроль параметрів дизеля; контроль параметрів

шин ГРЩ; захист дизеля; захист від КЗ; відключення невідповідальних споживачів при перевантаженні ГА.

3.8.6. Пуск і синхронізація генераторів

В системі управління електростанцією відповідно до виконуваних функцій реалізується розподілене управління генераторними агрегатами електростанції. Організація процесів автоматичного пуску і зупинки дизель-генераторних агрегатів представлена на рисунку 3.16.

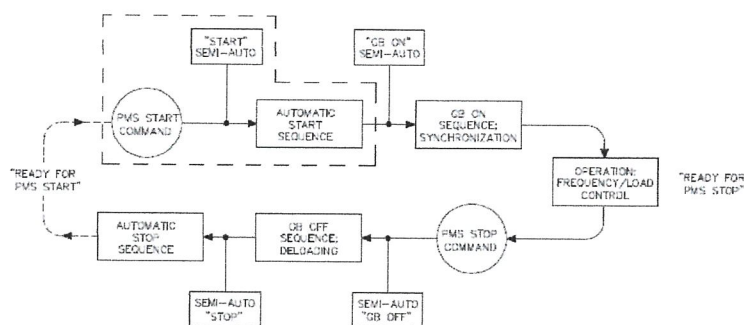


Рисунок 3.16 – Організація процесів автоматичного пуску і зупинки ДГ

Перед початком процесів пуску/зупинки ГА перевіряється його готовність до автоматичного виконання цього процесу, тобто перевіряється «READY FOR PMC START» і «READY FOR PMS STOP». При вступі на DGU, що знаходиться в автоматичному режимі управління (PMS - управління), команди на запуск ДГ (PMS START COMMAND) виконують такі функції:

- Автоматичний пуск ДГ ("AUTOMATIC START SEQUENCE");
- Автоматичне включення генератора на шини ГРЩ (GB ON SEQUENCE; SYNCHRONIZATION). Потім виконуються операції з управління частотою і розподілом навантаження (OPERATION: FREQUENCY / LOAD CONTROL). При надходженні команди на зупинку ДГ (PMS STOP COMMAND) в автоматичному режимі виконуються наступні дії: автоматичне розвантаження і відключення генераторного автоматичного вимикача (GB OFF SEQUENCE; DELOADING); автоматична зупинка генераторного агрегату (AUTOMATIC STOP SEQUENCE). У випадку, якщо електростанція знаходиться в режимі напівавтоматичного управління (SEMI-AUTO), відповідні функції виконуються за командами оператора, що задаються натисканням на кнопки ПУ відповідного DGU, тобто задаючи команди "START SEMI-AUTO", "GB ON SEMI-AUTO", "SEMI-AUTO GB OFF", "SEMI-AUTO STOP".

В режимі автоматичного управління (PMS-управління), генератор управляється системою автоматично або напівавтоматично по командам з пульта управління відповідно до вибраного режиму роботи електростанції.

Для задання режиму ручного управління використовується спеціальний перемикач: PMS/SWBD CONTROL. Індикація обраного режиму проводиться за допомогою світлодіода (PMS CONTROL), що знаходиться на відповідній ПУ. Якщо світлодіод не горить, значить, генератор знаходиться в режимі ручного управління. Якщо генератор з яких-небудь причин переведений системою управління з автоматичного у ручний режим управління, то даний світлодіод горить жовтим кольором. В автоматичному режимі цей світлодіод горить зеленим кольором.

3.8.7. Функція автоматичного пуску

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

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

Значення операторів алгоритму пуску ДГ наступне:

A1 - команда PMS-системи на пуск ДГ;

B1 - перевірка готовності даного ДГ до автоматичного пуску ("Ready for PMS start");

A2 - передача команди від PMS-системи на пуск наступного в черзі ДГ;

A3 - включення насоса маслопрокачки і запуск таймера контролю часу маслопрокачки;

B2 - час роботи насоса маслопрокачки вичерпався?;

A4 - включення (відкриття) клапана пускового повітря і запуск таймера контролю часу пуску дизеля на повітрі;

B4 - дизель-генератор вийшов на задані обороти, "ENGINE RUNNING / ENGINE RPM"?;

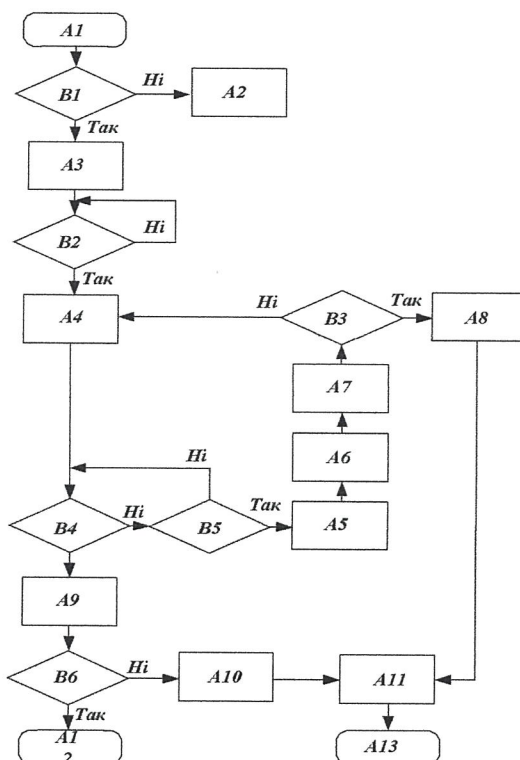


Рисунок 3.17 – Алгоритм пуску ДГ

В5 - час пуску на повітрі минув?;

А5 - скасування команди на пуск, формування команди на зупинку, зменшення числа спроб пуску на 1;

А6 - задання часу паузи між спробами пуску ДГ, протягом цього часу сигнал знімається з виходу «SRART», і подається на вихід «STOP»;

А7 - скасування команди зупинки;

В3 - число спроб пуску ДГ закінчилося?;

А8 - включення аварійної сигналізації «Пуск не відбувся»;

А9 - скасування команди на пуск (на відкриття клапана пускового повітря), завдання часу паузи 5 с.;

В6 - напруга і частота генератора в нормі?;

А10 - включення аварійної сигналізації «Пуск не відбувся»;

А11 - передача команди від PMS - сигналу на пуск наступного в черзі ДГ;

А12 - формування сигналу, процес пуску ДГ закінчено;

А13 - формування команди на запуск процесу зупинки ДГ.

Автоматичний пуск вважається завершеним, якщо виконані наступні умови:

- дизель працює на заданих оборотах;

- на шинах генератора встановилися номінальна напруга і частота. При успішному завершенні пуску світлодіод «START» гасне, а світлодіод «RUNNING» загоряється зеленим кольором.

Після завершення процесу пуску ДГ починається процес динамічної синхронізації включення генератора на шини ГРІЦ.

DGU почне автоматичну синхронізацію тільки в тому випадку, якщо буде підтверджено стан готовності генератора до автоматичної синхронізації («ready for PMS synchronization»).

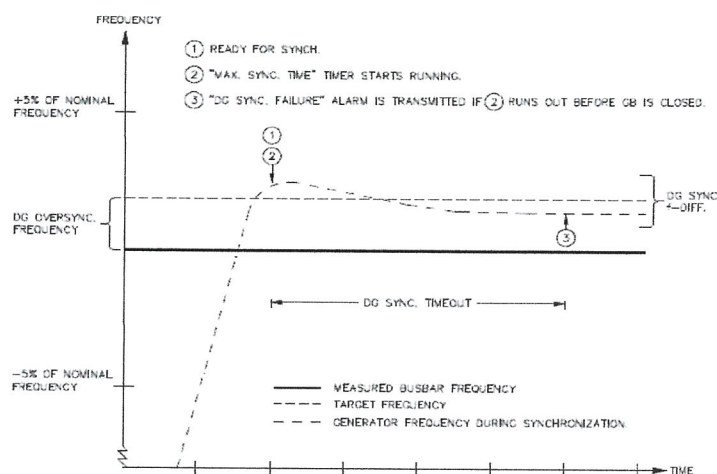


Рисунок 3.18 – Часова діаграма синхронізації ДГ

3.8.8 Виведення СЕЕС із знеструмленого стану

Знеструмлення СЕЕС судна оцінюється її системою керування по зникненню напруги на шинах ГРІЦ або відключенню всіх АВГ.

При знеструмленні судна система автоматики забезпечує спочатку екстрений пуск АДГ, а потім мінімум двох резервних ДГ або заданого їхнього числа в СЕЕС з трьома і чотирма ДГ.

Перший ДГ, що досяг номінальної частоти обертання та напруги, одержує команду включення на шини ГРІЦ. Якщо він за якимиись причинами не включиться на шини ГРІЦ, він буде блокований і наступний ДГ одержить аналогічну команду. Пуск декількох резервних ДГ передбачається для запобігання невдалого пуску одного з них в умовах знеструмлення судна і надійного забезпечення швидко зростаючого навантаження після ліквідації знеструмлення.

Сигнал на включення автоматичного вимикача резервного ДГ формується при виконанні наступних умов: відсутнє блокування ДГ (немає аварії і перемикач

керування ДГ знаходиться в положенні «Автомат»; частота обертання ДГ перевищує її мінімально припустиме значення; немає команди на включення автоматичних вимикачів інших ГА. При цьому можливо підключення на знеструмлені шини ГРЩ тільки одного резервного ДГ, що першим вийшов на задану частоту обертання. Сигнал на включення його автоматичного вимикача подається протягом визначеного часу (0,5 с), після закінчення якого включення генераторного автомата блокується. Якщо напруги на шинах ГРЩ немає, то представляється можливість для підключення наступного з запущених резервних ДГ.

У граф-схемі (рис. 3.20) алгоритму виведення СЕЕС (що має у своєму складі чотири ДГ) із знеструмленого стану, оператори мають наступні значення:

P_1 - відсутня напруга на шинах ГРЩ;

$P_2, P_3 > P_1$ - автоматичні вимикачі першого, другого третього і четвертого дизель-генераторів відключені;

A_1 - формування сигналу на роботу мінімум двох резервних ДГ;

$P_5, P_{10}, P_{15}, P_{20}$ - частота обертання першого, другого третього і четвертого дизель-генераторів перевищує мінімально припустимі значення;

$P_6, P_{11}, P_{16}, P_{21}$ - відсутність блокування пуску першого, другого третього і четвертого ДГ;

P_7, P_8, P_9 - відсутність команди на включення автоматичного вимикача другого ДГ;

P_{12}, P_{13}, P_{14} - те ж для першого;

P_{17}, P_{18}, P_{19} - те ж для третього;

P_{22}, P_{23}, P_{24} - те ж для четвертого;

A_2, A_3, A_4, A_5 - формування сигналу на включення автоматичного вимикача першого, другого третього і четвертого ДГ;

A_6 - формування сигналу АПС «Аварія системи керування».

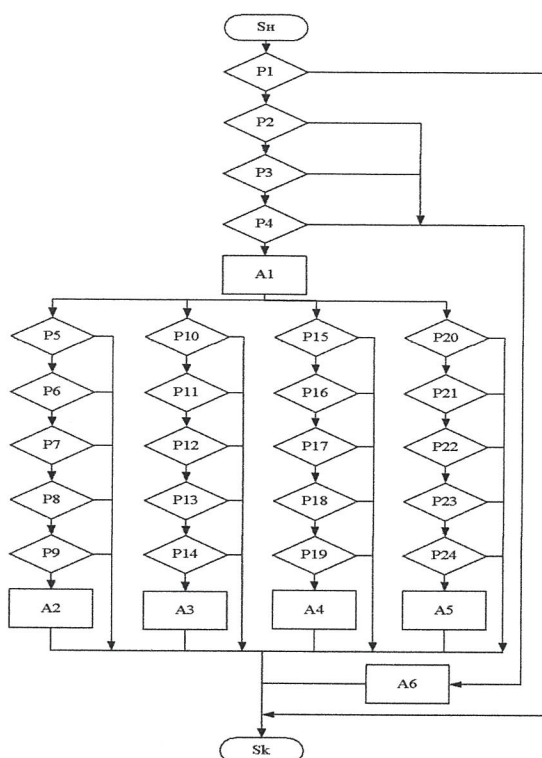


Рисунок 3.20 – Граф-схема алгоритму виведення СЕЕС із знеструмленого стану

3.8.9. Загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення

Електричне (штучне) освітлення на судах застосовується для створення нормальних умов в приміщеннях з недостатнім природним освітленням, а також в темний час доби. Освітлення ділиться на основне, аварійне, переносне, прожекторне. Основне освітлення отримує живлення від головного електророзподільного щита і повинно забезпечувати необхідну освітленість всіх суднових приміщень, палуб, переходів і трюмів. Необхідну освітленість отримують завдяки загальному освітленню, світильники якого жорстко кріплять до стелі і рівномірно розподіляють по приміщенню, або в результаті комбінованого освітлення, що складається із загального і місцевого. Світильники місцевого освітлення розташовують безпосередньо у робочих місцях, де повинна бути забезпечена необхідна освітленість поверхонь. До них відносяться настільні та ручні переносні лампи, настінні світильники.

Аварійне освітлення призначене для забезпечення мінімально-допустимої освітленості в суднових приміщеннях загального користування у разі виходу з ладу основного освітлення судна. Аварійні джерела світла можуть бути вбудовані в світильники основного освітлення або розташовані в спеціальних світильниках. Список приміщень, обладнаних системою аварійного освітлення, повинен

відповідати Правилам Регістру. Аварійні джерела світла живляться від аварійної електростанції або акумуляторної батареї і включаються автоматично при відключенні основного освітлення. Світильники, що мають аварійні джерела світла, маркуються червоною смугою.

Переносне освітлення призначене для тимчасового освітлення (на період проведення ремонтних робіт) окремих робочих поверхонь, наприклад, суднових механізмів, двигунів і т. п.

Прожекторне освітлення повинно забезпечувати нормальну роботу судноводія в темний час доби, дозволяючи йому висвітлювати місця швартування, входи в вузькості, орієнтування по береговій смузі.

Крім освітлення, джерела світла необхідні для сигнальних пристроїв судна (пожежна сигналізація, сигналізація розподільних щитів, сигналізація механізмів, приладів, апаратів), сигнально-відмінних вогнів.

Як електричні джерела світла на судах використовують лампи розжарювання, люмінесцентні і газорозрядні. Найбільш широке поширення одержали люмінесцентні (для загального освітлення) і лампи розжарювання (для освітлення кают та місцевого освітлення).

В даний час вважається найбільш доцільним створення єдиної мережі суднового освітлення, тобто об'єднання з основною мережею мереж малого аварійного та переносного освітлення. Мережа переносного освітлення об'єднується з мережею нормального освітлення за допомогою штепсель-трансформаторів, що включаються безпосередньо в мережу нормального освітлення. Це є економічно більш вигідним і в той же час задовольняє вимогам суднового освітлення.

На робочі поверхні не повинні падати тіні ні від працюючого, ні від навколишніх предметів. У разі якщо за місцевими умовами тіні зберігаються, то освітленість в затіненому місці від нерухомих предметів повинна бути не менше 0,3 освітленості в сусідньому незатіненому місці і від рухомих предметів (тіні рухомі) не менше 0,5 освітленості в тому ж місці без тіні. Якщо в полі зору працюючого знаходиться джерело світла з яскравістю, що значно перевищує яскравість поля зору, то функції зору послаблюються. Це явище по відношенню до джерела світла називається блискуванням, а по відношенню до очей - сліпністю.

Для запобігання працюючих від прямого та відбитого блискування джерело світла не повинно викликати засліплення зору ні безпосередньо, ні через відбиття від блискучих полірованих поверхонь.

Трапи повинні освітлюватися так, щоб піднімаючись або опускаючись по трапу не було видно частин ламп і ковпаків, які світяться під кутом 14° і менше над горизонтом.

Лампи, застосовувані для освітлення місць навантажувальних робіт, повинні перебувати поза полем зору працюючих. Розташування світлових точок у вантажних приміщеннях повинно забезпечувати хорошу освітленість вантажних проходів і люків.

4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ

4.1. Система дистанційного управління ГД

Система дистанційного автоматизованого управління (ДАУ) Auto Chief C20 двигуном типу MAN B&W-ME-C забезпечує автоматизацію виконання алгоритмів пуску, реверса, зупинки, зміна режиму роботи двигуна відповідно до отриманої команди з ходового містка. Установка забезпечує захист двигуна, сигналізацію про несправності в системі й контроль за правильністю виконання команди.

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

На центральному посту керування встановлені: Data chief C20 (система сигналізації та моніторингу), система машинного телеграфу, табло маневрене, сигнальне і виконуваних операцій (мнемосхема); головний вимикач, що встановлює режим керування двигуном; маневрений пост керування двигуном.

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

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

Схема ДАУ забезпечує підвищення частоти обертання двигуна до номінальної по нормальній програмі без якого-небудь додаткового втручання.

Уповільнена програма використовується звичайно при підвищенні частоті обертання двигуна від 80 до 101 об/хв. для поступового прогріву СДВЗ, для зменшення його теплових навантажень. Прискорена програма використовується тільки при аварійній ситуації.

Система автоматизації Auto Chief C20 - це система управління, модульний проект якої дозволяє налаштовувати систему до індивідуальних умов і складається з системи сигналізації та моніторингу, допоміжної системи контролю, системи розподілення потужності, системи автоматизації баласту, HVAC (кондиціонування повітря), системи підтримка керування.

Система управління розроблена для дистанційного управління головним двигуном від телеграфу. Переміщуючи цей важіль, система автоматично почне виводити двигун на задану швидкість.

Головними компонентами системи Auto Chief C20 є панель управління, система дистанційного управління, система машинного телеграфу, система безпеки головного двигуна, система цифрового регулятора, реєстратор маневрів.

Система Auto Chief C20 виконує вимоги IMO, IACS та одинадцяти кваліфікаційних організацій. Вона розроблена для того, щоб полегшити роботу і дати можливість без вартового режиму роботи в машинному відділенні.

Система безпеки головного двигуна має такі функції: Shut Down Warning; Cancel Shut Down; Shut Down Active; Slow Down Warning; Cancel Slow Down; Slow Down Active; Over-speed; Emergency Stop.

4.1.1. Структурна схема й алгоритм системи керування обертання валу головного двигуна

Розглянемо систему контролю обертання валу головного двигуна. Вона складається з панелі Auto Chief (ACP), регулятора (GOV), серво-блоку, електричного актуатора, системи зчитування оборотів на валу ГД.

Складемо структурну схему системи контролю обертання валообертального двигуна.

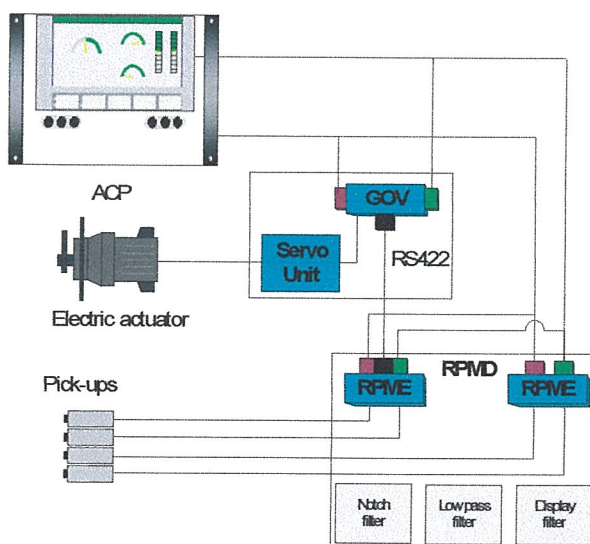


Рис. 4.1 – Структурна схема системи контролю обертання валу ГД

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

Система управління розроблена для дистанційного управління головним двигуном від телеграфу. Переміщуючи цей важіль, система автоматично почне виводити двигун на задану швидкість.

Головними компонентами системи Auto Chief C20 є панель управління, система дистанційного управління, система машинного телеграфу, система безпеки головного двигуна, система цифрового регулятора, реєстратор маневрів.

Система Auto Chief C20 виконує вимоги ІМО, ІАСВ та одинадцяти кваліфікаційних організацій. Вона розроблена для того, щоб полегшити роботу і дати можливість без вартового режиму роботи в машинному відділенні.

Система безпеки головного двигуна має такі функції: Shut Down Warning; Cancel Shut Down; Shut Down Active; Slow Down Warning; Cancel Slow Down; Slow Down Active; Over-speed; Emergency Stop.

4.1.1. Структурна схема й алгоритм системи керування обертання валу головного двигуна

Розглянемо систему контролю обертання валу головного двигуна. Вона складається з панелі Auto Chief (ACP), регулятора (GOV), серво-блоку, електричного актуатора, системи зчитування оборотів на валу ГД.

Складемо структурну схему системи контролю обертання валообертального двигуна.

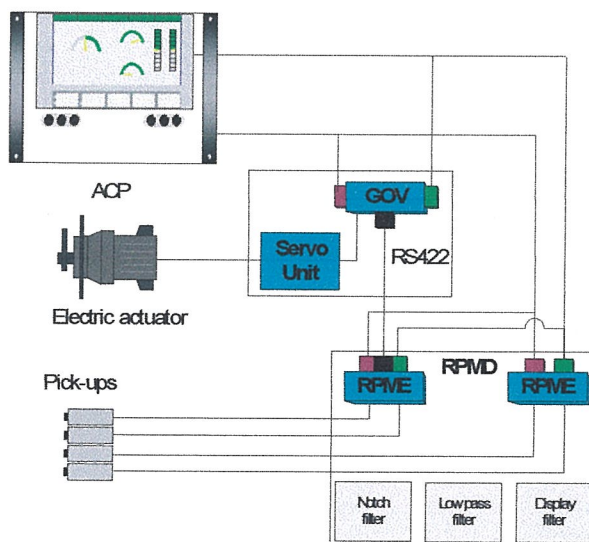


Рис. 4.1 – Структурна схема системи контролю обертання валу ГД

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

Функції регулятора:

- контроль швидкості ГД та відповідності цієї швидкості до заданої уставки оператором;
- захист двигуна від перенавантаження;
- постійна підтримка потрібної кількості пального;
- змащення циліндрів залежно від навантаження.

Функції актуатора:

- підтримка та керування паливної рейки в правильному положенні, в залежності від заданого регулятором;
- при несправності блокування пального для зменшення швидкості.

Якщо управління ДАУ ГД з містка, то управління регулятора здійснює дистанційна система керування. Якщо управління ГД з машинного відділення, то управлінням регулятора буде займатися Auto Chief C20, який знаходиться в ЦПГУ.

Система зчитування обертів на валу ГД працює наступним чином. Auto Chief C20 системи регулятора відсилає оберти ГД до Auto Chief C20 системи зчитування обертів ГД, інформація передається за допомогою комунікаційних ліній RS-422, а потім інформація повертається до Auto Chief C20 за допомогою комунікаційної сітки CAN.

4.1.2. ГСА алгоритму системи контролю обертання валу ГД

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

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

$$v_{коп} = \frac{K_{оп}(t-1) - K_{оп}(t)}{\tau} \quad (4.1)$$

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

$$\Delta t = \frac{K_{оп}(t) - K(\min)}{v_{коп}} \quad (4.2)$$

Якщо отримане значення Δt виявляється менше наперед заданого $\Delta t_{\text{доп}}$, то операторів система видає сигнал, що $K_{\text{оп}}$ інтенсивно падає.

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

A1 - Опитування всіх датчиків системи;

A2 - Визначення $K_{\text{оп}}$ у цей момент часу;

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

P4 - Кількість опитувань датчиків більше двох?

A5 - Визначення $v_{\text{коп}}$ – швидкості зміни $K_{\text{оп}}$ по формулі (4.1);

A6 - Визначення часу відходу параметра за норму по формулі (4.2);

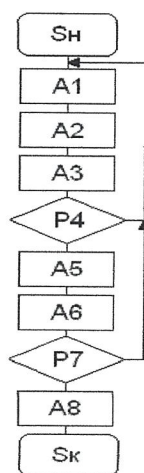


Рис. 4.2 – Граф-схема алгоритму системи контролю обертання валу ГД

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

A8 - Видача попереджувального сигналу операторів і формування сигналів на протиаварійне керування ГД.

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

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

OPC- сервер – (OLE for Process Control) - набір повсюдно прийнятих специфікацій, що надають універсальний механізм обміну даними в системах контролю і управління. OPC технологія забезпечує незалежність споживачів від наявності або відсутності драйверів або протоколів, що дозволяє вибрати

устаткування і програмне забезпечення якнайповніше, що відповідає реальним потребам.

Приклад архітектури такої системи показаний на рисунку 4.4. Вона є достатньо загальною і широко використовується як для лабораторної автоматизації, так і для автоматизації технологічних процесів. Завдяки наявності мережі Ethernet в систему легко можуть бути включені сервери баз даних, комунікаційні сервери, сервери-веб, принтери, плоттери, АТС, факси, технологічне устаткування і інші пристрої з Ethernet-інтерфейсом.

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

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

Нижчий (нульовий) рівень включає датчики і виконавчі пристрої (актуатори): датчики температури, тиск, кінцеві вимикачі, дискретні датчики наявності напруги, вимірювальні трансформатори, реле-пускатчі, контактори, електромагнітні клапани, електроприводи і ін. Датчики і актуатори можуть мати інтерфейси типу AS - інтерфейс (ASI), 1 - Wire або CAN, HART і ін. Перший рівень складається з програмованих логічних контролерів і модулів аналого-цифрового і дискретного введення-висновку, які обмінюються інформацією по промисловій мережі (Fieldbus) типу Modbus RTU, Modbus TCP, Profibus і ін. Іноді модулі вводу-виводу виділяють в окремий рівень ієрархії.

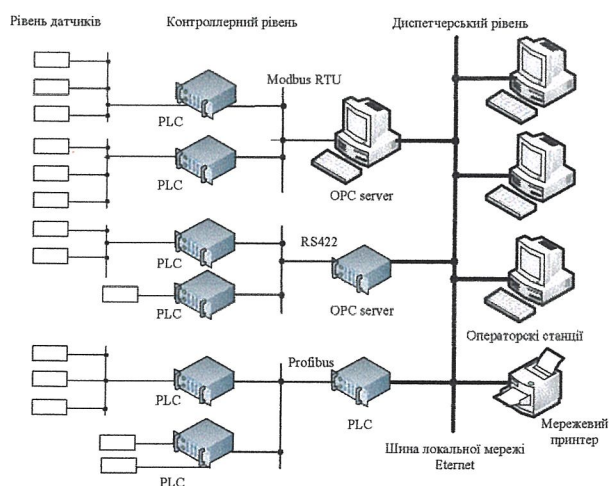


Рисунок 4.3 – Типова сучасна розподілена система автоматизації

Другий рівень складається з робочих станцій - комп'ютерів з людино-машинним інтерфейсом (ЛМІ, НМІ – Human Machine Interface), найпоширенішими варіантами якого є SCADA -пакети. Диспетчер (оператор) здійснює спостереження за ходом технологічного процесу або управління ним за допомогою мнемосхеми на екрані монітора комп'ютера. Диспетчерський комп'ютер виконує також архівацію зібраних даних, записує дії оператора, аналізує сигнали системи технічної діагностики, дані аварійної і технологічної сигналізації, сигнали спрацювання пристроїв протиаварійних захистів, а також виконує частину алгоритмів управління технологічним процесом. Права операторів встановлюються засобами обмеження доступу мережевого серверу. Важливою частиною другого рівня є також бази даних реального часу, які є сховищами інформації і засобом обміну з третім рівнем ієрархії системи управління.

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

Машинні телеграфи - це синхронні прилади передачі кута, які служать для двостороннього зв'язку між командними пунктами і машинним відділенням судна. Особливостями машинного телеграфа є розвинена система сигналізації і з'єднання елементів синхронного зв'язку, які працюють на одну шкалу, в одному приладі. На судах, як правило, встановлюють основний і резервний машинний телеграф. Основний машинний телеграф є автономною установкою синхронних приладів передачі кута, який забезпечує передачу наказів з постів управління судном (рубка, місток) в машинне відділення і передачу з машинного відділення в командні пункти відповідей про прийом наказів, а також отриманні в спеціальних постах як переданих наказів, так і прийнятих відповідей. На командних пунктах встановлюють датчики, приймачі - в машинному відділенні. Управління машинним телеграфом можна здійснювати тільки з одного командного пункту.

Рульові телеграфи застосовуються для передачі команд з рульової рубки в румпельне відділення про необхідні переключення керма при переході на аварійне управління кермом у разі виходу з ладу основного дистанційного керування, а рульові індикатори - для контролю на всіх постах за переключенням і положенням керма.

На рисунку 4.4 показана структурна схема рульового телеграфу і рульових індикаторів. Рульовий телеграф складається з датчика команд ДК і пристрою включення сигналізації виклику ВС, розташованих в рульовій рубці; приймача команд ПК і електроакустичних сигнальних приладів — дзвінка Зв або ревуна, розташованих в румпельному відділенні, і ліній зв'язку між ними.

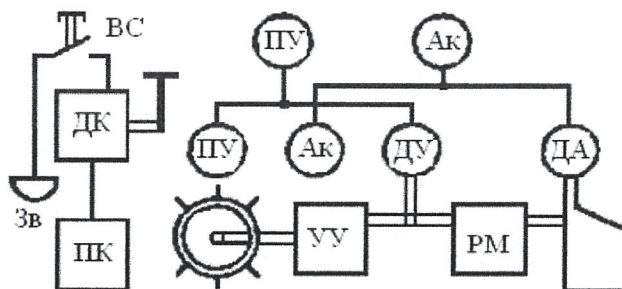


Рисунок 4.4 – Структурна схема рульового телеграфу і рульових індикаторів

При перекладках керма задаються кутом установки рукоятки і стрілки рульового телеграфу на відповідний розподіл шкали команд, при якому змінюється стан датчика ДК. Від датчика ДК по лінії зв'язку команда передається на приймач ПК, на якому стрілка встановлюється на відповідний розподіл шкали.

Для дистанційного контролю частоти обертання і напрямку обертання гребного гвинта в рульовій рубці, в центральному і місцевому постах управління встановлюються електричні тахометри і індикатори напрямку обертання гвинта.

Електричні тахометри призначені для вимірювання частоти обертання гребних валів судна, виявляють собою автономну систему приладів. На судах звичайно встановлюють індукційні системи тахометрів постійного і змінного струму.

Електрична сигналізація на судах є невід'ємною частиною багатьох суднових систем: енергетичної установки, допоміжних механізмів, загально суднових систем, систем судноводіння та ін. Сигналізація служить для попередження обслуговуючого персоналу про досягнення граничних значень деяких параметрів.

Авральна сигналізація обладнується на судах, на яких оголошення авралу голосом або гучномовцем не може бути чути одночасно у всіх місцях, де можуть перебувати люди. За допомогою авральної сигналізації повинна бути забезпечена гарна чутність сигналів у всіх місцях, де можуть перебувати люди; звукові прилади повинні встановлюватися в наступних місцях: у машинних приміщеннях; у суспільних приміщеннях, якщо їхня площа перевищує 150 м²; у коридорах

житлових, службових і суспільних приміщень; на відкритих палубах, у виробничих приміщеннях.

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

У кермовій рубці встановлюється станція пожежної сигналізації із мнемосхемою, за допомогою якої швидко визначається місце пожежі. Система пожежної сигналізації для виявлення пожежі має датчики-сповісуювачі ручної і автоматичної дії.

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

Попереджувальна сигналізація об'ємного пожежогасіння обладнується в машинно-котельних відділеннях, трюмах із сухими вантажами, у яких в умовах нормальної експлуатації перебувають або можуть перебувати люди.

Аварійно-попереджувальна сигналізація (АПС) обладнується практично на всіх самохідних судах і призначена для сигналізації стану енергетичної установки, роботи допоміжних механізмів і компонується залежно від типу судна, енергетичної установки, рівня автоматизації і т.д. На автоматизованих судах застосовують узагальнену аварійно-попереджувальну сигналізацію (ОАПС), що подає сигнали не тільки в машинному відділенні й у ЦПУ, але і на зовнішніх об'єктах - у кермовому рубці, каюті механіків і інші.

Сигналізація про наявність води в ль'яхах і стічних колодязях трюмів обладнується на різних судах і в обов'язковому порядку на електродах для сигналізації рівня води в колодязях під гребними електродвигунами.

Прилади суднової електричної сигналізації по виду можна розділити на три групи: акустичні, оптичні (світлові й візуальні), комбіновані.

Група акустичних приладів складається із дзвінків, ревунів, сирен і їхніх комбінацій. Застосування різних по характеру, тембру і силі звуку приладів забезпечує розпізнавання акустичних сигналів і визначення їхнього призначення.

Прилади сигналізації по роду електроживлення діляться на прилади постійного і змінного однофазного струму. Конструкція і виконання приладів суднової електричної сигналізації відповідають специфічним судновим умовам.

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

Автоматична ідентифікаційна система (АІС) перш за все призначена для використання на судах при рішенні задач попередження зіткнень, а також для автоматичного обміну з іншими судами і компетентними береговими службами навігаційною, рейсовою і іншою інформацією, пов'язаною з безпекою.

АІС виконує наступні функції:

- автоматичну ідентифікацію судів (номер судна ІМО, ММСІ, позивний і назва), прийом і передачу по радіоканалах АІС навігаційної інформації (координати, курс, швидкість, швидкість повороту і т.д.), рейсової інформації (пункт призначення, очікуваний час прибуття, тип вантажу) і статичної інформації (назва і позивний судна, габарити і осадки судна, положення антени); видачу цих видів інформації для відображення на мінімальному дисплеї АІС і дисплеї електронних карт;
- отримання координат судна і параметрів його руху від зовнішнього джерела (ГНСС, лага, компаса або інтегруючого пристрою, наприклад, електронної картографічної системи);
- визначення координат судна за допомогою внутрішнього ГНСС приймача, зокрема з використанням диференціального режиму;
- прийом і видачу статичних, рейсових даних, текстових і двійкових повідомлень на електронні карти;
- передачу по каналах АІС диференціальних поправок ГНСС (функція базової станції);
- прийом диференціальних поправок ГНСС по каналу АІС і видача їх приймачу ГНСС зовнішньому і вбудованому (функція мобільної станції);
- видачу інформації про стан АІС на пульт управління;
- видачу розрахованих по координатах суден і власних координат пеленгів і дистанцій до цих суден;
- завдання (береговими АІС) відповідних режимів роботи судновим і береговим станціям, зокрема завдання районів, частот, потужності випромінювання, слотів, періодів доповідей, кількість повторень доповідей, а також режимів роботи ретрансляторів. Включення/виключення резервних берегових станцій АІС.

Принцип дії AIS пояснюється на рис. 4.5. Судна, обладнані апаратурою AIS, знаходячись у відкритому морі або в прибережних районах, автоматично і регулярно передають в діапазоні УКВ морської рухомої радіослужби стандартні повідомлення, що містять інформацію про судно, його координати, курс, небезпечний вантаж на борту, порт призначення, час прибуття і інші дані.

Одночасно кожним судном, обладнаним AIS, приймається аналогічна інформація від інших суден, що знаходяться в радіусі дії, обмеженому розповсюдженням радіохвиль УКВ діапазону (20 – 30 морських миль). Прийнята інформація автоматично обробляється і відображається на судновому навігаційному дисплеї. Синхронізація роботи всіх станцій AIS, як суднових, так і берегових, забезпечується глобальною навігаційною супутниковою системою. По сигналах ГНСС в суднових навігаційних приймачах розраховуються поточні координати судна і вектор швидкості.

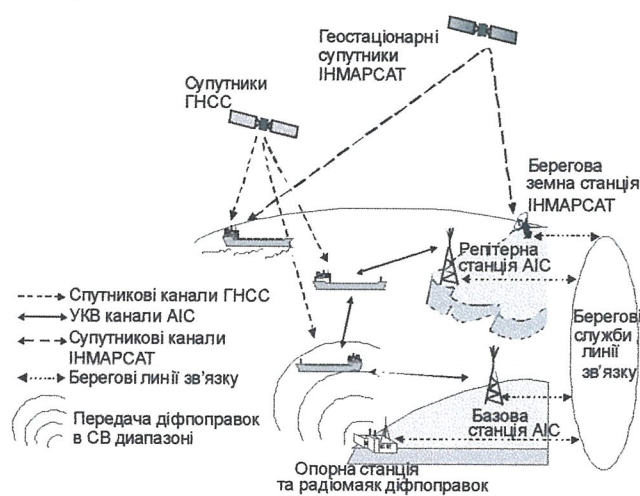


Рисунок 4.5 – Принцип функціонування AIS

У прибережних районах, де встановлені базові станції AIS, інформація, що передана судами, приймається базовими станціями і поступає в розпорядження берегових служб (СРДС, системи суднових повідомлень, служби пошуку і рятування, служби екологічного контролю і ліквідації наслідків забруднення, прикордонні і митні служби, різні портові служби). Звичайно, для отримання цілісної картини судноплавства в контрольованому районі, базові станції AIS об'єднуються в мережі, що дозволяють інтегрувати інформацію від окремих базових станцій. Для розширення зони дії базової станції AIS можуть встановлюватися так звані повторювальні станції AIS для розширення зони дії берегової станції, наприклад, при затінюючому береговому рельєфі.

Для істотного розширення зони дії базової станції АІС може використовуватися режим телекомунікації, коли суднові дані передаються по каналах ІНМАРСАТ-С. У цьому режимі забезпечується автоматична передача інформації від суден на адресу берегових служб в цілях моніторингу судноплавства в територіальних водах, виняткових економічних зонах і районах відповідальності морських рятувально-координаційних центрів (МСКЦ).

Апаратура АІС може також встановлюватися на літальних апаратах, що беруть участь в пошуково-рятувальних операціях на морі, і на засобах навігаційного устаткування (СНО) морських шляхів (плавучих і стаціонарних). Лоцманські служби можуть використовувати портативну апаратуру АІС, що доставляється на борт судна і працює автономно, або з підключенням до судового устаткування АІС.

Реєстратор даних рейсу (РДР). Апаратура РДР повинна безперервно автоматично фіксувати дані, одержані від судових приладів і систем, команди по управлінню судном і навколишнє оточення. До складу апаратури РДР входять наступні блоки: основний блок з виносним/вбудованим пультом управління; блок збору даних; резервний блок живлення; мікрофони; захищена капсула з носієм інформації.

У основному блоці дані від різних джерел перетворюються в потрібний формат, захищаються від можливих спотворень і фальсифікацій. Підключення апаратури РДР жодним чином не впливає на роботу джерел інформації. У цьому значенні РДР є повністю пасивною системою.

Блок збору даних служить для підключення зовнішніх датчиків інформації. Конструктивно може входити до складу основного блоку.

Резервний блок живлення забезпечує працездатність апаратури РДР за відсутності основного і аварійного живлення. Функціонально він є джерелом безперебійного живлення з електричною місткістю, достатньою для роботи устаткування РДР протягом 2-х годин.

Мікрофони (у кількості від 3 до 7 штук) служать для реєстрації звукових сигналів – переговорів, команд, звуків усередині ходового містка і на крилах.

Захищена капсула з носієм записаної інформації служить для надійного зберігання всієї інформації, що постуила від основного блоку протягом останніх 12 годин. Капсула встановлюється на відкритій палубі і може мати конструкцію з жорстким кріпленням або вільно спливаючого типу.

5. ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1. Безпека та виживання на морі.

5.1.1. Застосування на суднах сигнальних кольорів і знаків безпеки відповідно до вимог ІМО.

Сигнальні кольори і знаки безпеки призначені для попередження екіпажу судна і пасажирів про можливу небезпеку, заборони або дозволу певних дій, а також для отримання ними необхідної інформації.

Знаки безпеки, встановлені на входних дверях, означають, що зона дії цих знаків охоплює усе приміщення. При необхідності обмежити зону дії знаку можна відповідною вказівкою з пояснюючим написом.

Знаки безпеки повинні контрастно виділятися на навколишньому їхньому фоні, бути розташовані з таким розрахунком, щоб вони добре проглядалися і не відволікали уваги працюючих.

Стрілка, розміщена поруч зі знаком (або під ним), вказує потрібний напрямок руху до об'єкта.

Покажчики напрямку руху до місць збору повинні бути у всіх коридорах пасажирських приміщень, біля трапів і в проходах, що ведуть до місць збору, біля дверей, що забезпечують доступ до місця збору.

Покажчики напрямку руху до місць посадки в рятувальні засоби повинні бути на всьому шляху від місць збору до місць посадки.

Значення та область використання сигнальних кольорів занесені в табл. 5.1.

На підставі цих сигнальних кольорів встановлено чотири групи знаків безпеки: заборонні, попереджувальні, наказові та вказівні.

Заборонні знаки призначені для заборони певної дії. Виконуються у вигляді кола червоного кольору з білим полем усередині, білою по контуру знака каймою із символічним зображенням чорного кольору на внутрішньому білому полі, перекресленому нахиленою смугою червоного кольору.

Попереджувальні знаки призначені для попередження працюючих про можливу небезпеку. Вони виконуються у вигляді рівнобічного трикутника з округленими кутами жовтого кольору, направленою вершиною догори, з каймою чорного кольору та символічним зображенням чорного кольору.

Наказові знаки призначені для дозволу певних дій працюючих тільки за умов дотримання конкретних вимог безпеки праці, пожежної безпеки та позначення шляхів евакуації. Виконуються вони у вигляді квадрата зеленого кольору з білою каймою по контуру і білим полем квадратної форми усередині нього. Усередині білого квадрата наносяться чорним кольором символічне зображення або пояснюючий напис.

Вказівні знаки призначені для позначення місць знаходження різних об'єктів, пунктів медичної допомоги, вогнегасників тощо. Виконується знак у вигляді синього прямокутника, окантованого білою каймою по контуру з білим квадратом усередині.

Таблиця 5.1 - Значення та область використання сигнальних кольорів

Сигн. колір / контр. колір	Значення	Область використання
Червоний / білий	Безпосередня небезпека	Заборона небезпечної поведінки або дії
		Позначення безпосередньої небезпеки
	Аварійна або небезпечна ситуація	Повідомлення про аварійне відключення або аварійний стан обладнання (технологічного процесу)
	Пожежна техніка, засоби протипожежного захисту, їх елементи	Позначення і визначення місцезнаходження пожежної техніки, засобів протипожежного захисту, їх елементів
Жовтий / червоний	Можлива небезпека	Позначення можливої небезпеки, небезпечної ситуації
		Попередження, застереження про можливу небезпеку
Зелений / білий	Безпека, безпечні умови	Повідомлення про нормальну роботу обладнання, про нормальний стан технологічного процесу
	Допомога, порятунок	Позначення шляхів евакуації, аптечок, кабінетів, засобів з надання першої медичної допомоги
Синій / білий	Припис для уникнення небезпеки	Вимога обов'язкових дій з метою забезпечення безпеки
	Вказівка	Дозвіл конкретних дій

5.1.2. Технічні вимоги до попереджувального сигналізатора на 15 млн.⁻¹

Попереджувальний сигналізатор на 15млн-1 повинний бути стійким до корозії в умовах морського середовища.

Попереджувальний сигналізатор на 15млн-1, призначений для установки в місцях можливої наявності займистих повітряних сумішей, повинний відповідати вимогам розділу 2 частини XI «Електричне обладнання» Правил класифікації та побудови морських суден.

Будь-які частини, що рухаються, сигналізатора на 15млн-1, встановленого в небезпечній зоні, повинні мати конструкцію, що запобігає можливість утворення статичної електрики.

Попереджувальний сигналізатор на 15млн-1 повинний надійно працювати в кліматичних умовах і при механічних впливах відповідно до 2.1 частини XI «Електричне обладнання» Правил класифікації та побудови морських суден. Попереджувальний сигналізатор на 15 млн-1 повинний надійно працювати при нахилі на кут $22,5^{\circ}$ у будь-якій площині від нормального робочого положення.

Попереджувальний сигналізатор на 15млн-1 повинний бути оснащений електричним/ електронним пристроєм, попередньо настроєним виробником на спрацювання, коли вміст нафти в стоці перевищує 15млн-1 з одночасною подачею команди на керування автоматичним запірним пристроєм для припинення скидання за борт. Цей пристрій повинний також автоматично спрацьовувати при будь-якій несправності, коли сигналізатор вийде з ладу, коли йде прогрів пристрою або коли пристрій знеструмлений у силу інших причин. Світлові і звукові сигнали повинні бути виведені до місця несення вахти обслуговуючим персоналом.

Попереджувальний сигналізатор на 15млн-1 повинний реєструвати дату, час і стан сигналу, а також робочий стан суднової установки очищення нафтовмісних вод на 15млн-1. Пристрій, що реєструє, повинний також зберігати дані щонайменше за останні вісімнадцять місяців і повинний бути здатний відображати або друкувати протокол для офіційних перевірок, якщо це буде потрібно. У випадку заміни попереджувального сигналізатора на 15млн-1 повинні бути передбачені засоби, що забезпечують, щоб зареєстровані дані залишалися на судні протягом 18 місяців.

Повинна бути передбачена індикація «млн-1». На індикацію «млн-1» не повинні впливати емульсія і/або сорт нафти, з огляду на те, що випробна рідина, докладно описана в 1.2.4 частини 1 додатка до резолюції МЕРС.107(49) з поправками резолюцією МЕРС.285(70), вважається такою, що представляє суміш, наявність якої можна припускати в лялах машинного приміщення судна.

Час спрацювання попереджувального сигналізатора на 15млн-1, тобто час, що пройшов з моменту зміни складу проби, що надходить у попереджувальний сигналізатор на 15млн-1, і до індикації «млн-1», що показує остаточний результат, не повинний перевищувати 5 секунд.

Точність попереджувального сигналізатора на 15млн-1 повинна бути в межах ± 5 млн-1. Точність попереджувального сигналізатора повинна залишатися в зазначених межах незалежно від наявності забруднюючих речовин, інших ніж нафта, а подача енергії повинна відхилятися на 10% від проектної величини, тобто відносно електричного струму, стисненого повітря тощо. Частина I. Вимоги до конструкції суден та їх обладнання щодо запобігання забрудненню нафтою 37.10 Точність попереджувальних сигналізаторів на 15млн-1 повинна перевірятися під час оглядів для поновлення Свідоцтва ІОРР відповідно до інструкцій підприємства - виробника. Калібрувати попереджувальний сигналізатор на 15млн-1 на борту судна необов'язково, але допускається його випробування на судні відповідно до інструкцій підприємства - виробника. Як альтернатива прилад може замінятися відкаліброваним попереджувальним сигналізатором на 15млн-1. Свідоцтво про калібрування попереджувального сигналізатора на 15млн-1, що підтверджує дату останньої калібрувальної перевірки, повинне зберігатися на судні для цілей перевірки. Перевірки точності можуть виконуватися тільки підприємством - виробником або особами, уповноваженими підприємством - виробником.

Рекомендується передбачити наявність на борту судна простих пристроїв для перевірки відхилень і повторюваності показань приладу, а також можливості повторної установки приладу на «нуль».

Попереджувальний сигналізатор повинний бути постачений чіткими написами або загальноприйнятими символами, що вказують на його призначення і дію. Для запобігання навмисного включення попереджувальних сигналізаторів на 15млн-1 повинне бути передбачене наступне: при кожному доступі до попереджувального сигналізатора на 15млн-1, що виходить за межі необхідних вимог пункту 2.2.4.11, потрібне зняття пломби, і попереджувальний сигналізатор на 15млн-1 повинний мати таку конструкцію, щоб сигнал включався завжди, коли для очищення або установки на «нуль» використовується чиста вода.

У попереджувальному сигналізаторі на 15млн-1 не повинні утримуватися і використовуватися речовини, що мають небезпечні властивості, якщо не прийняті

відповідні схвалені Адміністрацією заходи для усунення будь-яких небезпек, які можуть бути викликані такими речовинами.

Конструкція попереджувального сигналізатора повинна забезпечувати можливість надійного кріплення.

Попереджувальний сигналізатор на 15млн-1 повинний бути змонтований на судні щодо суднової установки очищення нафтовмісних вод на 15млн-1 таким чином, щоб загальний час спрацювання (включаючи час спрацювання самого сигналізатора) у проміжку часу між початком зливання води з вмістом нафти більше 15млн-1 із суднової установки очищення нафтовмісних вод на 15млн-1 і припиненням зливання води за борт при спрацюванні автоматичного запірного пристрою був мінімальним, у будь-якому випадку цей час не повинний перевищувати 20 секунд.

Змонтований на судні пристрій для відведення нафтовмісної води із зливального трубопроводу суднової установки очищення нафтовмісних вод на 15млн-1 до попереджувального сигналізатора на 15млн-1 повинний забезпечувати потік води з необхідним тиском і витратою.

Система добору проб повинна забезпечувати відповідність проб, що добираються, складу стоку. Місця добору проб повинні бути передбачені на всіх зливальних трубопроводах, які підлягають контролю. Пристрої, що перебувають на борту судна, для добору проб зі зливального трубопроводу суднової установки очищення нафтовмісних вод на 15млн-1 до попереджувального сигналізатора на 15млн-1, повинні забезпечувати повну відповідність проб складу стоку з належними тиском і витратою. Пристрій добору проб повинний розташовуватися на вертикальній ділянці зливального трубопроводу. Установлення його на горизонтальній ділянці може бути допущене Регістром, якщо забезпечене повне заповнення всього перетину зливальної труби рідиною протягом усього часу скидання.

5.1.3. Профілактика і заходи щодо зменшення впливу на організм людини шуму і вібрації.

Шум і вібрація - це механічні коливання, що розповсюджуються в газоподібному і твердому середовищах. Шум і вібрація різняться між собою частотою коливань.

Джерелами шуму на судах є головні двигуни, допоміжні дизель-генератори, системи вентиляції машинно-котельних відділень, житлових і службових приміщень, рефустановки, технологічне обладнання, рушії судна, водяні системи побутового обслуговування, ліфти, лебідки, промислові механізми, вантажні крани, удари хвиль і льоду по корпусу судна, звукові сигнали і т.п.

До особливої категорії джерел шуму слід віднести навігаційні прилади, шум яких є серйозною перешкодою в приміщеннях ходового містка. Природа цього шуму - змінні електромагнітні процеси, створювані електричними машинами-сельсинами.

Боротьба з шумом ведеться у двох напрямках - зниження шуму в самому джерелі і ослаблення звукової енергії, що розповсюджується по повітрю і конструкціям корпусу, застосуванням засобів звукоізоляції, віброізоляції, звукопоглинання і вібропоглинання.

Заходи та засоби захисту від вібрації за організаційною ознакою поділяються на колективні та індивідуальні. Колективні заходи та засоби віброзахисту можна розподілити за такими напрямками: зниження вібрації в джерелі її виникнення; зменшення параметрів вібрації на шляху її поширення від джерела; організаційно-технічні заходи; лікувально-профілактичні заходи.

Зменшення вібрації в джерелі її виникнення досягається шляхом застосування таких кінематичних та технологічних схем, які усувають чи мінімально знижують дію динамічних сил.

Контакту працівника з віброоб'єктом, а відтак і шкідливої дії вібрації можна уникнути шляхом використання дистанційного керування, автоматичного контролю та сигналізації, а також застосування захисного огородження. Якщо цього досягти неможливо, то необхідно при контакті працівника з віброоб'єктом домогтися зменшення параметрів вібрації на шляху її поширення від джерела прикладеної сили. Цього можна досягти за допомогою вібропоглинання, віброгасіння та віброізоляції.

Для зниження вібрації застосовують ударні віброгасники маятникового, пружинного і плаваючого типів. У них здійснюється перехід кінетичної енергії відносного руху елементів, що контактують, в енергію деформації з поширенням напружень із зони контакту за елементами, що взаємодіють.

Динамічне віброгасіння досягається встановленням агрегату на масивному фундаменті. Маса фундаменту добирається таким чином, щоб амплітуда його коливань не перевищувала допустимих значень.

Циркуляційний насос забортної води складається з рухомих металічних частин, які рухаються, вібрують, створюють шум, що негативно впливає на обслуговуючий персонал. Для зменшення шуму і вібрації електропривода потрібно нанести на поверхню, що вібрує, шар пружно-в'язких матеріалів, які збільшують внутрішнє тертя в коливній системі (гума та пружно-в'язкі мастики на основі полімерів). Використання дистанційного керування, автоматичного контролю та сигналізації, а також застосування захисного огороження також є необхідним фактором збереження від шуму та вібрації.

5.1.4. Аварійний пост машинного відділення. Засоби гасіння пожежі в машинному відділенні.

Машинне відділення - найбільш важливий для життєзабезпечення судна відсік, через що фактор часу для прийняття першочергових активних дій по локалізації місця горіння тут набуває виняткового значення. Головним завданням першочергових дій є: локалізувати або хоча б стримати розвиток горіння до задіяння основних сил і засобів боротьби з пожежею.

Першочергові дії. Повідомивши на місток вахтовому помічнику про пожежу, машинна вахта зобов'язана негайно задіяти первинні засоби пожежогасіння. Наприклад, вуглекислотні та порошкові вогнегасники і установки використовуються, якщо в осередку горіння знаходяться електричні пристрої під напругою.

У міру накопичення сил, зі збільшенням кількості задіяних первинних засобів, готуються і вводяться пінні стволи системи піногасіння.

При знаходженні в зоні горіння механізмів їх необхідно зупинити, перекрити подачу палива.

Електрообладнання аварійної ділянки необхідно відключити, крім освітлення, якщо воно не підсилює горіння.

Активний спосіб гасіння. Прямий вплив вогнегасних засобів на осередок горіння при правильному виборі місця їх подачі та забезпеченні необхідної інтенсивності, здатна в короткий час і з найменшими втратами локалізувати, а потім і ліквідувати горіння. Для цього необхідно дотримуватися наступних рекомендацій:

- Введення вогнегасних засобів слід починати з найближчого місця фронту полум'я, а при горінні на вертикальних або похилих поверхнях подачу струменів

води або піни подавати на верхні ділянки для того, щоб, стікаючи вниз, вони гасили або охолоджували ці поверхні;

- Після задіяння достатньої кількості стовбурів і наявності резерву, рекомендується розглянути питання про вентиляцію машинного відділення;

- Якщо пожежа виникла в тому відсіку машинного відділення, де розміщені основні насоси водопожежної системи, роботу яких довелося припинити, необхідно нормувати навантаження аварійного насоса, не допускаючи його вище технічних можливостей насоса.

Об'ємне пожежогасіння. Для успішного гасіння цим способом необхідно дотримуватися наступних рекомендацій:

- Зупинити шляхом перекриття подачі палива та знеструмлення електроживлення роботу всіх механізмів у відсіку машинного відділення.

- Вивести людей з аварійного відсіку;

- Провести герметизацію приміщення;

- Провести пуск вогнегасного агента в кількості, зазначеній на станції.

У процесі подачі вогнегасного агента вести спостереження по периметру аварійного відсіку і по вихідному диму встановити місця наявних нещільностей і вжити заходів щодо їх усунення.

На час витримки (не менше 2-х годин) встановити температурний контроль за прогріванням переборок і палуб. При виявленні значного прогріву слід організувати охолодження цих місць.

Може бути організована розвідка в аварійне приміщення шляхом направлення туди не менше 2-х членів аварійної партії. Вони повинні бути в спорядженні пожежного і обов'язково в автономних дихальних апаратах зі страхувальними тросами і засобами освітлення.

По закінченні необхідної витримки або з отриманням розвідувальних даних про відсутність горіння, машинне відділення слід провентилувати.

5.2. Охоронні заходи та цивільна оборона на судні.

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

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

Балкер «ShinSanyoMaru» стоїть в порту Гамбург (Німеччина) у причалі № 4 під загрузкою. Отримано повідомлення про інцидент на території спеціалізованого перевантажувального комплексу для хімічних вантажів: внаслідок погіршення стану залізнодорожного шляху зійшов з рейок вагон-цистерна. В результаті залізнодорожної аварії з пошкодженого вагона-цистерни вилилось 5 т фосгена, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Характер розливу СДОР - «вільно». Метеорологічні умови на момент аварії: час доби – день, 12.00, температура повітря 0°, швидкість вітру 2 м/с, вітер – зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії – 5 км. Характер місцевості – промислова забудова і територія порту.

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

Оцінка масштабів хімічного зараження території.

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

а) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря.

За заданими метеорологічними умовами (час доби - день, швидкість вітру 2 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по таблиці 1 ступень вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

Таблиця 1–Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

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

б) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі.

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

При розливі токсичних рідин фосгену первинна хмара не утворюється, тому еквівалентна кількість $Q_{\Sigma 1}$ (т) речовини у первинній хмарі:

$$Q_{\Sigma 1} = 0 \text{ т.}$$

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

Площа розливу S_p (м²) фосгену дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0 / \rho}{h} = \frac{5 / 1,432}{0,05} = 69,83 \text{ м}^2$$

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

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

$\rho = 1,432$ - щільність фосгену, т/м³ (таблиця 2);

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

Таблиця 2–Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/ м³		Температура кипіння °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			К1	К2	К3	К7 для температури повітря (°С)				
								- 40	- 20	0	20	40
Фосген	-	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1	0 0,1	0 0,3	0 0,7	1 1	2,7 1

Примітка:

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

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.) фосгену:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}} + \frac{1}{K_M \cdot v_{II}} = \frac{0,05 \cdot 1,432}{0,061 \cdot 1,33 \cdot 0,7} + \frac{1}{0,2 \cdot 12} = 1,61 \text{ год} = 1 \text{ год } 36 \text{ хв.},$$

де: $K_2 = 0,061$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей фосгену (таблиця 2);

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

$K_7^{II} = 0,7$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (таблиця 2);

$K_M = 0,2$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари фосгену (таблиця 4);

$v_n = 12$ – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря, км/год (таблиця 5).

Таблиця 3–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 4–Значення коефіцієнту K_m залежно від впливу характеру місцевості

Рельєф місцевості, вид рослинності і забудови	Вертикальна стійкість повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
Водна поверхня, відкрита місцевість	1	1	1
Рівнинний, поодинокі дерева	0,5	0,6	0,6
Рівнинний, густий ліс	0,3	0,4	0,4
Пагорби, поодинокі дерева	0,2	0,3	0,4
Пагорби, густий ліс	0,1	0,2	0,3
Передгір'я, поодинокі дерева	0,1	0,2	0,3
Передгір'я, густий ліс	0,1	0,1	0,1
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 5 – Швидкість (км/год) перенесення v_n переднього фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру

Ступень вертикальної стійкості повітря	Швидкість вітру (u), м/с									
	$1 \leq$	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 фосгену Q_{92} (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{92} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7'' \cdot \frac{Q_0}{h \cdot \rho} = 0,95 \cdot 0,061 \cdot 1 \cdot 1,33 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{5}{0,05 \cdot 1,263} = 0,86 \text{ , т}$$

де: $K_1 = 0,05$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 2);
 $K_3 = 1$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози фосгена (таблиця 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.

Таблиця 6 – Глибина (км) зони зараження

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

Так як первинна хмара відсутня, то для $Q_{\text{в1}} = 0,0$ т та швидкості вітру $u = 2$ м/с глибина зони зараження буде дорівнювати: $\Gamma_1 = 0,0$ км.

Для $Q_{\text{в2}} = 0,86$ т та швидкості вітру $u = 2$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою фосгену: $\Gamma_2 = 2,84$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 2,84 + 0,5 \cdot 0,0 = 2,48 \text{ км} ,$$

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

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

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 12 = 12 \text{ км}.$$

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

$$\Gamma = 2,84 \text{ км} .$$

Визначаємо площу зони можливого зараження $S_{\text{в}}$ (км²) хмарою фосгену:

$$S_{\text{в}} = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 2,84^2 \cdot 90^0 / 360^0 = 6,33 \text{ км}^2 ,$$

де: $\Gamma = 2,84$ – розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 90^0$ - кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 7).

Таблиця 7 – Кутові розміри зони можливого зараження СДОР залежно від швидкості вітру

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

Визначаємо площу зони фактичного зараження $S_{\text{ф}}$ (км²):

$$S_{\text{ф}} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 2,84^2 \cdot 1^{0,2} = 1,07 \text{ км}^2 ,$$

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).

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 90^\circ$ (таблиця 7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 2,84$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження - місцем розливу фосгену. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_1} \right)^\Psi = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,86}{6} \right)^{0,580} = 0,149 \text{ км},$$

де: $\lambda = 2,31$; $\Psi = 0,58$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 8);

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,0 + 0,86 = 0,86$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

$D_1 = 6$ – летальна токсодоза для хлору, мг.хв/л.

Таблиця 8 – Коефіцієнти λ і ψ , що залежать від швидкості вітру

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

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

$$\Gamma_{0,41} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,41}} \right)^\Psi = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,89}{2,4} \right)^{0,58} = 0,254 \text{ км},$$

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\phi = 90^\circ$ (таблиця 7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 2,84$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження - місцем розливу фосгену. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_1}\right)^\Psi = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,86}{6}\right)^{0,580} = 0,149 \text{ км},$$

де: $\lambda = 2,31$; $\Psi = 0,58$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 8);

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,0 + 0,86 = 0,86$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

$D_1 = 6$ – летальна токсодоза для хлору, мг.хв/л.

Таблиця 8 – Коефіцієнти λ і ψ , що залежать від швидкості вітру

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

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

$$\Gamma_{0,41} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,41}}\right)^\Psi = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,89}{2,4}\right)^{0,58} = 0,254 \text{ км},$$

де: $D_{0,4i} = 0,4 \cdot D_i = 2,4$ - значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

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

$$\Gamma_{0,2i} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2i}} \right)^\Psi = 2,31 \cdot 0,2 \cdot \left(\frac{0,86}{1,2} \right)^{0,58} = 0,38 \text{ км},$$

де: $D_{0,2i} = 0,2 \cdot D_i = 1,2$ - значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 2,84$ км.

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

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

$$t = \frac{x}{K_M \cdot v_{II}} = \frac{5}{0,2 \cdot 12} = 2,08 \text{ год} \approx 2 \text{ год } 5 \text{ хв.},$$

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

5.2.2. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат.

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті аварійного розливу фосгену показала, що хмара зараженого повітря підійде до судна через 2 год. 5 хв.

На основі виконаних розрахунків можна зробити висновок, що судно знаходиться не в зоні ураження концентрацій хмари зараженого повітря. Для зменшення людських втрат необхідно, обмежити вихід членів екіпажу на палубу судна, контролювати напрям переміщення хмари зараженого повітря та концентрації фосгену в повітрі.

Враховуючи, що час дії вражаючих концентрацій буде значним - 1 год. 36 хв., тому слід на протязі цього часу забезпечити підвищену готовність екіпажа до виконання додаткових мір, пов'язаних з загрозою зараження.

ВИСНОВКИ

В дипломній роботі було розглянуто електроенергетичну систему контейнеровоза місткістю 8700 контейнерів. 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 4 дизель-генератора HYUNDAI HSRJ7-805-10 (по 3200 кВт кожен). Також було обрано один допоміжний генератор фірми HYUNDAI HFC7-354-4, 356 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 циркуляційного насоса забортної води. Після розрахунків потрібної потужності було обрано електродвигун ABB типу M2QA355M6B потужністю 220 кВт, було обрано захисну комутаційну апаратуру та кабель живлення.

Проаналізовано систему дистанційного автоматичного управління головним двигуном на основі системи Auto Chief C20 та систему сигналізації та моніторингу Data chief C20. Охарактеризовано всі режими роботи даної системи управління з головним двигуном типу MAN B&W-ME-C.

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 Інтернету. Це дозволило мені користуватися описом новітніх досягнень у плані проектування суднових електроенергетичних станцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Москаленко В.В. Электрический привод: учебник для студ. высших 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, Дон ГТУ, 2005. – 382 с.
4. Ключев В.И. Теория электропривода: учебник для студентов ВУЗов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров и магистров "Электротехника, электромеханика и электротехнологии" и по специальности "Электропривод и автоматика промышленных установок и технологических комплексов" - М.: Энергоатомиздат, 2001.
5. Ковчин С.А., Сабинин Ю.А. Теория электропривода: Учебник для вузов.- Санкт-Петербургское отделение, 1994.- 496с.: ил.
6. Локарев В.И. Судовые автоматизированные электроприводы: Учеб. пособие. - Николаев: УГМТУ, 2002.-160с.
7. Иванов В.И. и др. Полупроводниковые оптоэлектронные приборы: Справочник/ В.И.Иванов, А.И.Аксёнов, А.М.Юшин-2-е изд., переработанное и дополненное.-М.:Энергоатомиздат,1988.-448с.: ил.
8. Усатенко С.Т., Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. - М.: Издательство стандартов, 1989. - 325с.
9. Власенко А.А., Стражмейстер В.П., Судовая электроавтоматика. - М.: Транспорт. 1983. - 367с.
10. Правила Регистра Украины для морских и речных судов. Киев: 2003.
11. Правила технической эксплуатации судовых технических средств. - М.: В/О Мортехинформреклама, 1984. - 388с.
12. Правила техники безопасности на судах морского флота. РД31.81.10-75. - М «Мортехинформреклама», 2004.- 300с.
13. Піпченко О.М. Розрахунок суднових електроенергетичних систем. - М.: Мортехінформреклама, 1988 - 39 с.
14. Яковлев Г.С. Суднові електроенергетичні системи,- Л.; Суднобудування, 1987.- 272 с.

15. Толстов А.А. Устройство и эксплуатация судовых синхронных генераторов: Учеб. пособие.- Одеська нац. Морська академія. – Одеса, 2006.
16. Толстов А.А. Автоматические выключатели: Учеб. пособие.- Одеська нац. Морська академія. – Одеса, 2012.
17. Воскобович Ю. В. и др. Электроэнергетические установки и силовая электроника транспортных судов. – СПб: Элмор, 2001.
18. Иванов Б.Н., Колегаев М.А., Касилов Ю.И., Иванов А.И. Основы охраны труда на морском транспорте – Одесса: Компас, 2003.
19. Колегаєв М.О., Іванов Б.М., Басанець М.Г. Під редакцією В.В. Пономаренка. Безпека життєдіяльності і виживання на морі. Навч. посібн. Друге видання – перероблене та доповнене./ Одеська нац. Морська академія. – Одеса, 2008. – 416 с.
20. Технічна документація та інструкції по експлуатації судна MSC FRANCESCA.
21. Інтернет ресурс, сайти: www.mitsubishiautomation.ru, www.deif.com, www.selko.com, www.abb.com., www.hyundai.com

Таблиця електричних навантажень СЕЕС в ходовому режимі

№ п/п	Найменування груп споживачів	Кількість споживачів	Номинальні дані						Параметри споживача в режимі "Холодний"						
			Потужність механізму, кВт	Ном. потужність ел. двигуна, кВт	ККД ел. двигуна	Коеф-т потужності	Сумарна потужність			Коефіцієнт навантаження	Коефіцієнт ступеня навантаження	Коефіцієнт потужності режиму	Сумарна споживання		
							P, кВт	Q, кВАр	S, кВА				P, кВт	Q, кВАр	S, кВА
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. Промислова установка															
1	Компресор пускового повітря ГД	4	75	79,79	0,94	0,7	319,15	325,60	455,93	0,9	0,5	0,700	100,53	102,56	143,62
2	Насос прісної води охолодження головного двигуна ГД	2	84	90,32	0,93	0,9	180,65	87,49	200,72	0,9	0,66	0,900	96,57	46,77	107,30
3	Насос підтримки зрубувального простору ГД	2	9	10,23	0,88	0,84	20,45	13,21	24,35	0,9	0,5	0,840	7,73	4,99	9,20
4	Насос водопостачання холодильника очищувача забортної води (ГД)	2	1,3	1,63	0,8	0,69	3,25	3,41	4,71	0,9	0,5	0,690	1,01	1,06	1,46
5	Насос зрубувального простору ГД водою охолодження	2	1,3	1,63	0,8	0,69	3,25	3,41	4,71	0,9	0,5	0,690	1,01	1,06	1,46
6	Насос насос подачі важкого палива ГД	2	18	20,45	0,88	0,78	40,91	32,82	52,45	0,9	0,5	0,780	14,36	11,52	18,41
7	Циркуляційний насос важкого палива ГД	2	8,6	10,36	0,83	0,77	20,72	17,17	26,91	0,9	0,5	0,770	7,18	5,95	9,33
8	Веломоторний пристрій	1	15	18,07	0,83	0,77	18,07	14,98	23,47	0,9	0	0,770	0,00	0,00	0,00
9	Головний насос мастила	2	355	373,68	0,95	0,8	747,37	560,53	934,21	0,9	1	0,800	538,11	403,58	672,63
2. Генераторна установка															
10	Насос підтримки зрубувального простору ДД	2	1,5	1,88	0,8	0,8	3,75	2,81	4,69	0,9	1	0,800	2,70	2,03	3,38
11	Бустерний насос дизельного палива	1	1,52	1,92	0,79	0,83	1,92	1,29	2,32	0,9	1	0,830	1,44	0,97	1,73
12	Насос подачі важкого палива ДД	2	13,5	16,27	0,83	0,75	32,53	28,69	43,37	0,8	1	0,750	19,52	17,21	26,02
13	Циркуляційний насос важкого палива ДД	2	20	23,26	0,86	0,74	46,51	42,28	62,85	0,8	1	0,740	27,53	25,03	37,21
14	Насос подачі дизельного палива ДД	2	3,5	4,22	0,83	0,68	8,43	9,09	12,40	0,8	1	0,680	4,59	4,95	6,75
15	Насос мастила заповнення	4	0,8	1,08	0,74	0,8	4,32	3,24	5,41	0,9	0,66	0,800	2,05	1,54	2,57
3. Водо-оброблююче обладнання															
16	Головний насос забортної води	3	220	234,04	0,94	0,85	702,13	435,14	826,03	0,9	0,66	0,850	354,50	219,70	417,06
17	Насос ПТ охолодження прісної води	3	147	156,38	0,94	0,85	469,15	290,75	551,94	0,9	0,5	0,850	179,45	111,21	211,12
18	Насос дистильованої прісної води	1	1,5	1,88	0,8	0,82	1,88	1,31	2,29	0,85	1	0,820	1,31	0,91	1,59
19	Ежекторний насос прісної води	1	21	23,60	0,89	0,87	23,60	13,37	27,12	0,9	0,5	0,870	9,24	5,24	10,62
20	Насос охолодження повітряного кондиціонування ПК	2	1,1	1,38	0,8	0,64	2,75	3,30	4,30	0,9	1	0,640	1,58	1,90	2,48
4. Мазильно-оброблююче обладнання															
21	Сепаратор ВП	4	26	28,89	0,9	0,74	115,56	105,03	156,16	0,9	0,5	0,740	38,48	24,98	52,00
22	Живильний насос сепаратора ВП	4	3,5	4,07	0,86	0,68	16,28	17,55	23,94	0,9	1	0,680	9,96	10,74	14,65
23	Насос розвантаження сепаратора ВП	1	3,5	4,07	0,86	0,7	4,07	4,15	5,81	0,9	1	0,700	2,56	2,62	3,66
24	Сепаратор ДП	2	8	10,00	0,8	0,8	20,00	15,00	25,00	1	1	0,800	16,00	12,00	20,00
25	Живильний насос сепаратора ДП	1	1,8	2,20	0,82	0,73	2,20	2,06	3,01	0,9	1	0,730	1,44	1,35	1,98
26	Перекачуючий насос ВП	2	26	28,89	0,9	0,81	57,78	41,83	71,33	1	0	0,810	0,00	0,00	0,00
27	Підкачуючий насос ВП	1	15	17,44	0,86	0,68	17,44	18,81	25,65	0,9	1	0,680	10,67	11,51	15,70
28	Перекачуючий насос ВП/ДП	1	26	28,89	0,9	0,67	28,89	32,01	43,12	0,9	1	0,670	17,42	19,30	26,00
29	Сепаратор мастила ГД	2	17,5	19,66	0,89	0,8	39,33	29,49	49,16	1	1	0,800	31,46	23,60	39,33
30	Живильний насос сепаратора мастила	2	3,5	4,07	0,86	0,7	8,14	8,30	11,63	0,9	0,5	0,700	2,56	2,62	3,66
31	Сепаратор мастила ДД	2	8,6	10,49	0,82	0,72	20,98	20,22	29,13	0,9	0,5	0,720	6,80	6,55	9,44
32	Живильний насос сепаратора мастила	2	1,5	2,03	0,74	0,68	4,05	4,37	5,96	0,9	0,5	0,680	1,24	1,34	1,82
33	Перекачуючий насос мастила кормової труби	1	1,2	1,50	0,8	0,7	1,50	1,53	2,14	0,9	0,5	0,700	0,47	0,48	0,68
34	Перекачуючий насос мастила кормової труби	1	1,2	1,50	0,8	0,7	1,50	1,53	2,14	0,9	0,5	0,700	0,47	0,48	0,68
35	Перекачуючий насос циліндрового мастила	2	1,8	2,20	0,82	0,75	4,39	3,87	5,85	0,9	0	0,750	0,00	0,00	0,00
5. Котельна установка															
36	Вентилятор ДК	1	16,5	19,41	0,85	0,83	19,41	13,04	23,39	0,9	1	0,830	14,50	9,74	17,47
37	Двигун паливника	1	3,6	4,19	0,86	0,8	4,19	3,14	5,23	0,9	0	0,800	0,00	0,00	0,00
38	Насос важкого палива ДК	2	0,6	0,81	0,74	0,8	1,62	1,22	2,03	0,9	1	0,800	1,17	0,88	1,46
39	Живильний насос мастила ДК	2	9,6	11,43	0,84	0,82	22,86	15,95	27,87	0,9	1	0,820	16,87	11,77	20,57
40	Живильний насос економізатора	2	13	14,61	0,89	0,87	29,21	16,56	33,58	0,9	1	0,870	22,87	12,96	26,29
41	Перекачуючий насос живильної води	1	1,8	2,20	0,82	0,77	2,20	1,82	2,85	0,9	0,5	0,770	0,76	0,63	0,99
6. Решта обладнання та вентилятори															
42	Головний повітряний компресор	4	64	69,57	0,92	0,8	278,26	208,70	347,83	0,9	1	0,800	200,35	150,26	250,43
43	Сервісний повітряний компресор	1	35	38,89	0,9	0,97	38,89	9,75	40,09	0,9	0,5	0,970	16,98	4,25	17,50
44	Вентилятор машинного відділення	6	75	82,42	0,91	0,83	494,51	332,31	595,79	0,9	1	0,830	369,40	248,24	445,05
45	Витяжний вентилятор сепараторного відділення	2	11	12,64	0,87	0,86	25,29	15,00	29,40	0,9	1	0,860	19,57	11,61	22,76
46	Витяжний вентилятор робочого відділення	1	0,4	0,59	0,68	0,7	0,59	0,60	0,84	0,9	1	0,700	0,27	0,38	0,52
47	Витяжний вентилятор форсуночного відділення	1	0,4	0,59	0,68	0,77	0,59	0,49	0,76	0,9	1	0,770	0,41	0,34	0,53
48	Відстійний насос	1	18,5	20,79	0,89	0,85	20,79	12,88	24,45	0,9	1	0,850	15,90	9,85	18,71
49	Насос льодяної вод	2	3,7	4,30	0,86	0,8	8,60	6,45	10,76	0,9	1	0,800	6,20	4,65	7,74
50	Інвертерний вентилятор	1	34,5	38,33	0,9	0,8	38,33	28,75	47,92	1	0,5	0,800	15,33	11,50	19,17
7. Суднові системи															
51	Баластний насос	2	99	106,45	0,93	0,9	212,90	103,11	236,56	0,8	0,5	0,900	76,65	37,12	85,16
52	Хлоринговий насос	2	112	120,43	0,93	0,84	240,86	155,58	286,74	0,9	0	0,840	0,00	0,00	0,00
53	Пожарний насос	1	180	191,49	0,94	0,9	191,49	92,74	212,77	0,9	0	0,900	0,00	0,00	0,00
54	Аварійний пожежний насос	1	49	52,13	0,94	0,87	52,13	29,54	59,92	0,9	0	0,870	0,00	0,00	0,00
8. Рефрижиратори															
55	Вентилятор реф. Контейнерного трюма	24	5,5	7,24	0,76	0,8	173,68	130,26	217,11	0,9	1	0,800	125,05	93,79	156,32
56	Рефрижераторна розетка	701	7	7,00	1	1	4907,00	0,00	4907,00	0,9	1	1,000	4416,30	0,00	4416,30
9. Маневрове обладнання															
57	Рульова машина	4	80	88,89	0,9	0,84	355,56	229,67	423,28	0,9	1	0,840	268,80	173,63	320,00
58	Аварійна рульова машина	1	80	88,89	0,9	0,83	88,89	59,73	107,10	0,9	0	0,830	0,00	0,00	0,00
59	Гідравлічний пристрій	1	3000	3157,89	0,95	0,93	3157,89	1248,08	3395,59	0,9	0	0,930	0,00	0,00	0,00
60	Гарантійний насос ПП	2	5,5	6,40	0,86	0,8	12,79	9,59	15,99	0,9	1	0,800	9,21	6,91	11,51
61	Вентилятор приміщення ПП	1	11	12,50	0,88	0,82	12,50	8,73	15,24	0,9	1	0,820	9,23	6,44	11,25

10. Надубий механізми														
62	Брашпиль	2	110	122,22	0,9	0,8	244,44	183,33	205,56	0,8	0	0,800	0,00	0,00
63	Швертовна лезка	10	80	86,02	0,93	0,84	860,22	555,64	1024,07	0,8	0	0,840	0,00	0,00
64	Прокісний кран	2	15	17,86	0,84	0,8	35,71	26,79	44,64	0,8	0	0,800	0,00	0,00
11. Повітряне кондиціювання та вентиляція														
65	Вантажний трюм	9	3	3,49	0,86	0,74	31,40	28,54	42,43	0,8	1	0,740	18,59	25,12
66	Кладові бойман	1	1,6	2,00	0,8	0,8	2,00	1,50	2,50	0,8	1	0,800	1,28	0,96
67	СО2 приміщення	1	1,7	2,05	0,83	0,75	2,05	1,81	2,73	1	1	0,750	1,54	2,05
68	Вантажний трюм (1)	12	2,3	2,67	0,86	0,84	32,09	20,72	38,21	0,8	0,5	0,840	10,78	6,97
69	Вантажний трюм (2)	15	11	15,49	0,71	0,72	232,39	223,99	322,77	0,6	1	0,720	100,29	96,77
70	Вантажний трюм (3)	10	22	29,73	0,74	0,76	297,30	254,24	391,18	0,6	1	0,760	135,57	115,93
71	Компресор надбудови повітряного кондиціонування	2	150	172,41	0,87	0,88	344,83	186,12	391,85	0,9	0,5	0,880	136,55	72,70
72	Вентилятори надбудови	7	42	51,22	0,82	0,8	358,54	268,90	448,17	0,9	0,66	0,800	170,38	127,78
73	Вентилятор приміщення ЦПУ	1	0,5	0,66	0,76	0,8	0,66	0,49	0,82	0,9	1	0,800	0,47	0,36
74	Вентилятор надбудови малі	4	1,4	1,94	0,72	0,75	7,78	6,86	10,37	0,9	1	0,750	5,25	4,63
75	Вентилятор камбуза	2	0,8	1,11	0,72	0,75	2,22	1,96	2,96	0,9	1	0,750	1,50	1,32
76	Вентиляція машинного приміщення	4	22	26,83	0,82	0,88	107,32	57,92	121,95	0,9	1	0,880	85,00	45,88
77	Вентиляція вантажних трюмів	10	12	14,81	0,81	0,85	148,15	91,81	174,29	0,9	0,5	0,850	56,67	35,12
78	Приміщення АДУ	1	0,7	0,90	0,78	0,77	0,90	0,74	1,17	0,9	1	0,770	0,62	0,52
79	Вентилятори загальносудової вентиляції	14	2	2,82	0,71	0,76	39,44	33,72	51,89	0,9	1	0,760	26,97	23,07
80	Вентиляція рульового приміщення	2	1,5	2,17	0,69	0,7	4,35	4,44	6,21	0,9	0,5	0,700	1,37	1,40
81	Вентиляція камбузу	2	1,3	1,67	0,78	0,8	3,33	2,50	4,17	0,9	1	0,800	2,40	1,80
12. Освітлення														
82	Освітлення приміщення	5	25	25,00	1	1	125,00	0,00	125,00	1	0,5	1,000	62,50	0,00
83	Освітлення машинного відділення	1	21	21,00	1	1	21,00	0,00	21,00	1	1	1,000	21,00	0,00
84	Зовнішнє освітлення	3	12	12,00	1	1	36,00	0,00	36,00	1	0,25	1,000	9,00	0,00
85	Освітлення трюмів	10	19	19,00	1	1	190,00	0,00	190,00	1	0,25	1,000	47,50	0,00
86	Аварійне освітлення	2	6	6,00	1	1	12,00	0,00	12,00	1	1	1,000	12,00	0,00
87	Навігаційне та сигнальне освітлення	1	0,8	0,80	1	1	0,80	0,00	0,80	1	1	1,000	0,80	0,00
88	Несове прожекторне освітлення	10	12	12,00	1	1	120,00	0,00	120,00	1	1	1,000	120,00	0,00
89	Кормове прожекторне освітлення	7	15	15,00	1	1	105,00	0,00	105,00	1	1	1,000	105,00	0,00
13. зв'язок, управління, слабкий струм.														
90	Штурманське обладнання	1	25	25,00	1	1	25,00	0,00	25,00	1	1	1,000	25,00	0,00
91	Радіозв'язок	1	11,6	11,60	1	1	11,60	0,00	11,60	1	1	1,000	11,60	0,00
92	Трансляція	1	3,5	3,50	1	1	3,50	0,00	3,50	1	1	1,000	3,50	0,00
93	Система зв'язку "INNARSAT-C"	1	1,5	1,50	1	1	1,50	0,00	1,50	1	1	1,000	1,50	0,00
94	Схеми автоматки систем	1	1,5	1,50	1	1	1,50	0,00	1,50	1	1	1,000	1,50	0,00
95	Сигналізація	1	0,9	0,90	1	1	0,90	0,00	0,90	1	1	1,000	0,90	0,00
14. Інші споживачі														
96	Токарний верстак	2	13	16,67	0,78	0,82	33,33	23,27	40,65	0,9	0,5	0,820	12,30	8,59
97	Свердлувальний верстак	1	2,5	3,13	0,8	0,85	3,13	1,94	3,68	0,9	1	0,850	2,39	1,48
98	Точильний верстак	1	3	3,66	0,82	0,85	3,66	2,27	4,30	0,9	1	0,850	2,80	1,73
99	Верстатний пристрій	3	1,1	1,10	1	1	3,30	0,00	3,30	0,8	1	1,000	2,64	0,00
100	Зварювальний апарат	2	14,6	14,60	1	1	29,20	0,00	29,20	0,8	0,5	1,000	11,68	0,00
101	Гостролінійний шліфувальний верстак	1	1,2	1,67	0,72	0,78	1,67	1,34	2,14	0,9	1	0,780	1,17	0,94

Активна та реактивна потужності в режимі			
неперіодична Рп,р, Qп,р	2447,97	1387,35	2877,21
періодична Рп,р, Qп,р	5878,01	1090,52	6246,45
З урахуванням коефіцієнту одночасності	0,85		
неперіодична Рп,р, Qп,р	2080,77	1182,25	2445,63
періодична Рп,р, Qп,р	4996,31	926,94	5309,48
Сумарне навантаження з урахуванням коефіцієнту одночасності режиму, втрат у мережі	7430,93	2193,65	8142,87
Повна потужність S	8142,87		

Таблиця електричних навантажень СЕЕС в маневровому режимі

№ п/п	Найменування груп споживачів	Клас споживачів	Номінальні дані					Параметри споживача в режимі "Маневрений"									
			Потужність механізму, кВт	Ном. потужність ел. двигуна, кВт	ККД ел. двигуна	Коеф-т потужності	Сумарна потужність			Коефіцієнт за навантаженням	Коефіцієнт за навантаженням роботи	Коефіцієнт за навантаженням режиму	Сумарна споживачів				
							P, кВт	Q, кВт	S, кВт				P, кВт	Q, кВт	S, кВт		
																1	2
1. Пропульсивна установка																	
1	Компресор пружинного повітря ГД	4	75	79,79	0,94	0,7	319,15	325,60	455,93	0,9	0,5	0,700	100,53	102,56	143,62		
2	Насос прісної води охолодження газопиного двигуна ГД	2	84	90,32	0,93	0,9	180,65	87,49	200,72	0,9	0,5	0,900	73,16	35,43	81,29		
3	Насос підтримки зарубашечного простору ГД	2	9	10,23	0,88	0,84	20,45	13,21	24,35	0,9	0	0,840	0,00	0,00	0,00		
4	Насос водопостачання охолодження забортної води (ГД)	2	1,3	1,63	0,8	0,69	3,25	3,41	4,71	0,9	0	0,690	0,00	0,00	0,00		
5	Насос зарубашечного простору ГД водою охолодження	2	1,3	1,63	0,8	0,69	3,25	3,41	4,71	0,9	0	0,690	0,00	0,00	0,00		
6	Насос насос подачі вазкого палива ГД	2	18	20,45	0,88	0,78	40,91	32,82	52,45	0,9	0,5	0,780	14,36	11,52	18,47		
7	Циркуляційний насос вазкого палива ГД	2	8,6	10,36	0,83	0,77	20,72	17,17	26,91	0,9	0,5	0,770	7,18	5,95	9,33		
8	Валоповоротний пристрій	1	15	18,07	0,83	0,77	18,07	14,98	23,47	0,9	0	0,770	0,00	0,00	0,00		
9	Головний насос мастила	2	355	373,68	0,95	0,8	747,37	560,53	934,21	0,9	0,5	0,800	269,05	201,79	336,32		
2. Генераторна установка																	
10	Насос підтримки зарубашечного простору ДД	2	1,5	1,88	0,8	0,8	3,75	2,81	4,69	0,9	1	0,800	2,70	2,03	3,28		
11	Бустерний насос дизельного палива	1	1,52	1,92	0,79	0,83	1,92	1,29	2,32	0,9	0,5	0,830	0,72	0,48	0,87		
12	Насос подачі вазкого палива ДД	2	13,5	16,27	0,83	0,75	32,53	28,69	43,37	0,8	1	0,750	19,52	17,21	26,92		
13	Циркуляційний насос вазкого палива ДД	2	20	23,26	0,86	0,74	46,51	42,28	62,85	0,8	1	0,740	27,53	25,03	37,21		
14	Насос подачі дизельного палива ДД	2	3,5	4,22	0,83	0,68	8,43	9,09	12,40	0,8	1	0,680	4,59	4,95	6,75		
15	Насос мастила запалювання	4	0,8	1,08	0,74	0,8	4,32	3,24	5,41	0,9	0,6	0,800	1,87	1,40	2,34		
3. Водо-оброблююче обладнання																	
16	Головний насос забортної води	3	220	234,04	0,94	0,85	702,13	485,14	826,03	0,9	0,5	0,850	268,56	166,44	315,96		
17	Насос ПТ охолодження прісної води	3	147	156,38	0,94	0,85	469,15	290,75	551,94	0,9	0,5	0,850	179,45	111,21	211,12		
18	Насос дистильованої прісної води	1	1,5	1,88	0,8	0,82	1,88	1,31	2,29	0,85	0	0,820	0,00	0,00	0,00		
19	Ежекторний насос прісної води	1	21	23,60	0,89	0,87	23,60	13,27	37,12	0,9	0	0,870	0,00	0,00	0,00		
20	Насос охолодження водопостачання ПТ	2	1,1	1,28	0,8	0,64	2,75	3,30	4,30	0,9	1	0,640	1,58	1,90	2,48		
4. Мийно-оброблююче обладнання																	
21	Сепаратор ВП	4	26	28,89	0,9	0,74	115,56	105,03	156,16	0,9	0,5	0,740	38,48	24,98	52,00		
22	Живильний насос сепаратора ВП	4	3,5	4,07	0,86	0,68	16,28	17,55	23,94	0,9	1	0,680	9,96	10,74	14,65		
23	Насос розвантаження сепаратора ВП	1	3,5	4,07	0,86	0,7	4,07	4,15	5,81	0,9	1	0,700	2,56	2,62	3,66		
24	Сепаратор ДП	2	8	10,00	0,8	0,8	20,00	15,00	25,00	1	1	0,800	16,00	12,00	20,00		
25	Живильний насос сепаратора ДП	1	1,8	2,20	0,82	0,73	2,20	2,06	3,01	0,9	1	0,730	1,44	1,35	1,98		
26	Перекачуючий насос ВП	2	26	28,89	0,9	0,81	57,78	41,83	71,33	1	0	0,810	0,00	0,00	0,00		
27	Підкачуючий насос ВП	1	15	17,44	0,86	0,68	17,44	18,81	25,65	0,9	1	0,680	10,67	11,51	15,70		
28	Перекачуючий насос ВП/ДП	1	26	28,89	0,9	0,67	28,89	32,01	43,12	0,9	1	0,670	17,42	19,30	26,00		
29	Сепаратор мастила ГД	2	17,5	19,66	0,89	0,8	39,33	29,49	49,16	1	1	0,800	31,46	23,60	39,33		
30	Живильний насос сепаратора мастила	2	3,5	4,07	0,86	0,7	8,14	8,30	11,63	0,9	0,5	0,700	2,56	2,62	3,66		
31	Сепаратор мастила ДД	2	8,6	10,49	0,82	0,72	20,98	20,22	29,13	0,9	0,5	0,720	6,80	6,55	9,44		
32	Живильний насос сепаратора мастила	2	1,5	2,03	0,74	0,68	4,05	4,37	5,96	0,9	0,5	0,680	1,24	1,34	1,82		
33	Перекачуючий насос мастила кормової труби	1	1,2	1,50	0,8	0,7	1,50	1,53	2,14	0,9	0,5	0,700	0,47	0,48	0,68		
34	Перекачуючий насос мастила кормової труби	1	1,2	1,50	0,8	0,7	1,50	1,53	2,14	0,9	0,5	0,700	0,47	0,48	0,68		
35	Перекачуючий насос цистерногого мастила	2	1,8	2,20	0,82	0,75	4,39	3,87	5,85	0,9	0	0,750	0,00	0,00	0,00		
5. Котельна установка																	
36	Вентилятор ДК	1	16,5	19,41	0,85	0,83	19,41	13,04	23,39	0,9	1	0,830	14,50	9,74	17,47		
37	Двигун пальника	1	3,6	4,19	0,86	0,8	4,19	3,14	5,23	0,9	0	0,800	0,00	0,00	0,00		
38	Насос вазкого палива ДК	2	0,6	0,81	0,74	0,8	1,62	1,22	2,03	0,9	1	0,800	1,17	0,88	1,46		
39	Живильний насос ДК	2	9,6	11,43	0,84	0,82	22,86	15,95	27,87	0,9	1	0,820	16,87	11,77	20,57		
40	Живильний насос економізатора	2	13	14,61	0,89	0,87	29,21	16,56	33,58	0,9	1	0,870	22,87	12,96	26,29		
41	Перекачуючий насос живильної води	1	1,8	2,20	0,82	0,77	2,20	1,82	2,85	0,9	0,5	0,770	0,76	0,63	0,99		
6. Рента обладнання та вентилятори																	
42	Головний повітряний компресор	4	64	69,57	0,92	0,8	278,26	208,70	347,83	0,9	1	0,800	209,35	150,26	250,43		
43	Сервісний повітряний компресор	1	35	38,89	0,9	0,97	38,89	9,75	40,09	0,9	0	0,970	0,00	0,00	0,00		
44	Вентилятор машинного відділення	6	75	82,42	0,91	0,93	494,51	332,31	595,79	0,9	1	0,930	369,40	248,24	445,05		
45	Витяжний вентилятор сепараторного відділення	2	11	12,64	0,87	0,86	25,29	15,00	29,40	0,9	1	0,860	19,57	11,61	22,76		
46	Витяжний вентилятор робочого відділення	1	0,4	0,59	0,68	0,7	0,59	0,60	0,84	0,9	1	0,700	0,37	0,38	0,53		
47	Витяжний вентилятор форсуночного відділення	1	0,4	0,59	0,68	0,77	0,59	0,49	0,76	0,9	1	0,770	0,41	0,34	0,53		
48	Видільний насос	1	18,5	20,79	0,89	0,85	20,79	12,88	24,45	0,9	0	0,850	0,00	0,00	0,00		
49	Насос льодяних вод	2	3,7	4,30	0,86	0,8	8,60	6,45	10,76	0,9	0	0,800	0,00	0,00	0,00		
50	Інженерний вентилятор	1	34,5	38,33	0,9	0,8	38,33	28,75	47,92	1	0	0,800	0,00	0,00	0,00		
7. Суднові системи																	
51	Видільний насос	2	99	106,45	0,93	0,9	212,90	105,11	236,56	0,8	0	0,900	0,00	0,00	0,00		
52	Хімічний насос	2	112	120,43	0,93	0,84	240,86	155,58	286,74	0,9	0	0,840	0,00	0,00	0,00		
53	Пожарний насос	1	180	191,49	0,94	0,9	191,49	92,74	212,77	0,9	0	0,900	0,00	0,00	0,00		
54	Аварійний пожежний насос	1	49	52,13	0,94	0,87	52,13	29,54	59,92	0,9	0	0,870	0,00	0,00	0,00		
8. Рефрижератори																	
55	Вентилятор реф. Контейнерного трюма	24	5,5	7,24	0,76	0,8	173,68	130,26	217,11	0,9	1	0,800	125,05	93,79	156,32		
56	Рефрижератори розетка	701	7	7,00	1	1	4907,00	0,00	4907,00	0,9	1	1,000	4416,30	0,00	4416,30		
9. Маневрове обладнання																	
57	Рушова машина	4	80	88,89	0,9	0,84	355,56	229,67	423,28	0,9	1	0,840	268,80	173,03	320,00		
58	Аварійна рушова машина	1	80	88,89	0,9	0,83	88,89	59,73	107,10	0,9	0	0,830	0,00	0,00	0,00		
59	Підрулюючий пристрій	1	3000	3157,89	0,95	0,92	3157,89	1248,08	3395,59	0,9	1	0,930	2643,16	1044,64	2842,11		
60	Гідравлічний насос ПП	2	5,5	6,40	0,86	0,8	12,79	9,59	15,99	0,9	1	0,800	9,21	6,91	11,51		
61	Вентилятор економізатора ПП	1	11	12,50	0,88	0,82	12,50	8,73	15,24	0,9	1	0,820	9,22	6,44	11,25		
10. Палубні механізми																	
62	Брашпиль	2	110	122,22	0,9	0,8	244,44	183,33	305,56	0,8	0	0,800	0,00	0,00	0,00		
63	Швартовна лебідка	10	80	86,02	0,93	0,84	860,22	555,64	1024,07	0,8	0	0,840	0,00	0,00	0,00		
64	Примісний кран	2	15	17,86	0,84	0,8	35,71	26,79	44,64	0,8	0	0,800	0,00	0,00	0,00		
11. Повітряне кондиціювання та вентиляція																	
65	Вантажний трюм	9	3	3,49	0,86	0,74	31,40	28,54	42,43	0,8	1	0,740	18,59	16,89	25,12		
66	Кладовка боцмана	1	1,6	2,00	0,8	0,8	2,00	1,50	2,50	0,8	1	0,800	1,28	0,96	1,60		
67	CO2 приміщення	1	1,7	2,05	0,83	0,75	2,05	1,81	2,73	1	1	0,750	1,54	1,25	2,05		
68	Вантажний трюм (1)	12	2,3	2,67	0,86	0,84	32,09	20,73	38,21	0,8	0,5	0,840	10,78	6,97	12,84		
69	Вантажний трюм (2)	15	11	15,49	0,71	0,72	232,29	223,99	322,77	0,6	1	0,720	100,39	96,77	139,44		
70	Вантажний трюм (3)	10	22	25,73	0,74	0,76	297,30	254,24	391,18	0,6	1	0,760	135,57	115,92	178,28		

71	Компресор набудови повітряного кондиціонування	2	150	172,41	0,87	0,88	344,83	186,12	391,85	0,9	0,5	0,880	126,55	73,70	155,17
72	Вентилятор набудови	7	42	51,22	0,82	0,8	358,54	268,90	448,17	0,9	0,66	0,800	170,38	127,78	212,97
73	Вентилятор приміщення ЦПУ	1	0,5	0,66	0,76	0,8	0,66	0,49	0,82	0,9	1	0,800	0,47	0,36	0,59
74	Вентилятор набудови малі	4	1,4	1,94	0,72	0,75	7,78	6,86	10,37	0,9	1	0,750	5,25	4,63	7,00
75	Вентилятор камбуза	2	0,8	1,11	0,72	0,75	2,22	1,96	2,96	0,9	1	0,750	1,50	1,32	2,00
76	Вентиляція машинного приміщення	4	22	26,83	0,82	0,88	107,32	57,92	121,95	0,9	1	0,880	85,00	45,88	96,59
77	Вентиляція вентиляційних трюмів	10	12	14,81	0,81	0,85	148,15	91,81	174,29	0,9	0	0,850	0,00	0,00	0,00
78	Приміщення АДУ	1	0,7	0,90	0,78	0,77	0,90	0,74	1,17	0,9	1	0,770	0,62	0,52	0,81
79	Вентилятори загальнобудової вентиляції	14	2	2,82	0,71	0,76	39,44	33,72	51,89	0,9	1	0,760	26,97	23,07	35,49
80	Вентиляція рульового приміщення	2	1,5	2,17	0,69	0,7	4,35	4,44	6,21	0,9	0,5	0,700	1,37	1,40	1,96
81	Вентиляція камбузу	2	1,3	1,67	0,78	0,8	3,33	2,50	4,17	0,9	1	0,800	2,40	1,80	3,00
12. Освітлення															
82	Освітлення приміщень	5	25	25,00	1	1	125,00	0,00	125,00	1	0,5	1,000	62,50	0,00	62,50
83	Освітлення машинного відділення	1	21	21,00	1	1	21,00	0,00	21,00	1	1	1,000	21,00	0,00	21,00
84	Зовнішнє освітлення	3	12	12,00	1	1	36,00	0,00	36,00	1	0,25	1,000	9,00	0,00	9,00
85	Освітлення трюмів	10	19	19,00	1	1	190,00	0,00	190,00	1	0	1,000	0,00	0,00	0,00
86	Аварійне освітлення	2	6	6,00	1	1	12,00	0,00	12,00	1	1	1,000	12,00	0,00	12,00
87	Навігаційні та сигнальні вогні	1	0,8	0,80	1	1	0,80	0,00	0,80	1	1	1,000	0,80	0,00	0,80
88	Носове прожекторне освітлення	10	12	12,00	1	1	120,00	0,00	120,00	1	1	1,000	120,00	0,00	120,00
89	Кормове прожекторне освітлення	7	15	15,00	1	1	105,00	0,00	105,00	1	1	1,000	105,00	0,00	105,00
13. Зв'язок, управління, слабкий струм.															
90	Штурманське обладнання	1	25	25,00	1	1	25,00	0,00	25,00	1	1	1,000	25,00	0,00	25,00
91	Радіонавігатор	1	11,6	11,60	1	1	11,60	0,00	11,60	1	1	1,000	11,60	0,00	11,60
92	Трансмісія	1	3,5	3,50	1	1	3,50	0,00	3,50	1	1	1,000	3,50	0,00	3,50
93	Система зв'язку "INNARSAT-C"	1	1,5	1,50	1	1	1,50	0,00	1,50	1	1	1,000	1,50	0,00	1,50
94	Схема автоматизації систем	1	1,5	1,50	1	1	1,50	0,00	1,50	1	1	1,000	1,50	0,00	1,50
95	Сигналізація	1	0,9	0,90	1	1	0,90	0,00	0,90	1	1	1,000	0,90	0,00	0,90
14. Інші споживачі															
96	Товарний верстак	2	13	16,67	0,78	0,82	33,33	23,27	40,65	0,9	0,5	0,820	12,30	8,59	15,00
97	Свардувальний верстак	1	2,5	3,13	0,8	0,85	3,13	1,94	3,68	0,9	1	0,850	2,39	1,48	2,81
98	Точильний верстак	1	3	3,66	0,82	0,85	3,66	2,27	4,30	0,9	1	0,850	2,80	1,73	3,29
99	Зарядний пристрій	3	1,1	1,10	1	1	3,30	0,00	3,30	0,8	1	1,000	2,64	0,00	2,64
100	Зварювальний апарат	2	14,6	14,60	1	1	29,20	0,00	29,20	0,8	0	1,000	0,00	0,00	0,00
101	Гостролінійний шліфувальний верстак	1	1,2	1,67	0,72	0,78	1,67	1,34	2,14	0,9	1	0,780	1,17	0,94	1,50

Активна та реактивна потужності в режимі						
неперіодична Рп, Qп				2084,51	1188,34	2485,26
періодична Рп, р, Qп, р				8238,12	1931,40	8737,50
З урахуванням коефіцієнту одночасності				0,85		
неперіодична Рп, Qп				1771,84	1010,09	2095,47
періодична Рп, р, Qп, р				7002,40	1641,89	7426,88
Сумарне навантаження з урахуванням коефіцієнту одночасності режиму, втрат у мережі				9212,95	2784,37	9998,47
Повна потужність S				9998,47		

73	Вентилятор приміщення ППУ	1	0,5	0,66	0,76	0,8	0,66	0,49	0,82	0,9	1	0,800	0,47	0,36	0,59
74	Вентилятор набудови малі	4	1,4	1,94	0,72	0,75	7,78	6,86	10,37	0,9	1	0,750	5,25	4,63	7,00
75	Вентилятор камбуза	2	0,8	1,11	0,72	0,75	2,22	1,96	2,96	0,9	1	0,750	1,50	1,32	2,00
76	Вентиляція машинного приміщення	4	22	26,83	0,82	0,88	107,32	57,92	121,95	0,9	1	0,880	85,00	45,88	96,59
77	Вентиляція вантажних трюмів	10	12	14,81	0,81	0,85	148,15	91,81	174,29	0,9	0,5	0,850	56,67	35,12	66,67
78	Приміщення АДУ	1	0,7	0,90	0,78	0,77	0,90	0,74	1,17	0,9	1	0,770	0,62	0,52	0,81
79	Вентилятори загальнобудової вентиляції	14	2	2,82	0,71	0,76	39,44	33,72	51,89	0,9	1	0,760	26,97	23,07	35,49
80	Вентиляція рульового приміщення	2	1,5	2,17	0,69	0,7	4,35	4,44	6,21	0,9	0,5	0,700	1,37	1,40	1,96
81	Вентиляція камбузу	2	1,3	1,67	0,78	0,8	3,33	2,50	4,17	0,9	1	0,800	2,40	1,80	3,00

12. Освітлення															
82	Освітлення приміщень	5	25	25,00	1	1	125,00	0,00	125,00	1	0,5	1,000	62,50	0,00	62,50
83	Освітлення машинного відділення	1	21	21,00	1	1	21,00	0,00	21,00	1	1	1,000	21,00	0,00	21,00
84	Зовнішнє освітлення	3	12	12,00	1	1	36,00	0,00	36,00	1	0,25	1,000	9,00	0,00	9,00
85	Освітлення трюмів	1	19	19,00	1	1	19,00	0,00	19,00	1	0,25	1,000	4,75	0,00	4,75
86	Аварійне освітлення	2	6	6,00	1	1	12,00	0,00	12,00	1	1	1,000	12,00	0,00	12,00
87	Навігаційне та сигнальне освітлення	1	0,8	0,80	1	1	0,80	0,00	0,80	1	0	1,000	0,00	0,00	0,00
88	Посове прожекторне освітлення	10	6	6,00	1	1	60,00	0,00	60,00	1	1	1,000	60,00	0,00	60,00
89	Кормове прожекторне освітлення	1	6	6,00	1	1	6,00	0,00	6,00	1	1	1,000	6,00	0,00	6,00
13. Ін'язок, управління, слабкий струм.															
90	Штурманське обладнання	1	25	25,00	1	1	25,00	0,00	25,00	1	1	1,000	25,00	0,00	25,00
91	Радіонавігатор	1	11,6	11,60	1	1	11,60	0,00	11,60	1	1	1,000	11,60	0,00	11,60
92	Трансакція	1	3,5	3,50	1	1	3,50	0,00	3,50	1	1	1,000	3,50	0,00	3,50
93	Система зв'язку "INMARSAT-C"	1	1,5	1,50	1	1	1,50	0,00	1,50	1	1	1,000	1,50	0,00	1,50
94	Схеми автоматички систем	1	1,5	1,50	1	1	1,50	0,00	1,50	1	1	1,000	1,50	0,00	1,50
95	Сигналізація	1	0,9	0,90	1	1	0,90	0,00	0,90	1	1	1,000	0,90	0,00	0,90
14. Інші споживачі															
96	Токарний верстак	2	13	16,67	0,78	0,82	33,33	23,27	40,65	0,9	0,5	0,820	12,30	8,59	15,00
97	Свердловальний верстак	1	2,5	3,13	0,8	0,85	3,13	1,94	3,68	0,9	1	0,850	2,39	1,48	2,81
98	Точильний верстак	1	3	3,66	0,82	0,85	3,66	2,27	4,30	0,9	1	0,850	2,80	1,73	3,29
99	Зварювальний пристрій	3	1,1	1,10	1	1	3,30	0,00	3,30	0,8	1	1,000	2,64	0,00	2,64
100	Зварювальний апарат	2	14,6	14,60	1	1	29,20	0,00	29,20	0,8	0,5	1,000	11,68	0,00	11,68
101	Гостролінійно шліфувальний верстак	1	1,2	1,67	0,72	0,78	1,67	1,34	2,14	0,9	1	0,780	1,17	0,94	1,50
Активна та реактивна потужності в режимі															
неперіодична Рп, Qп												1820,16			
періодична Рп,р, Qп,р												592,03			
З урахуванням коефіцієнту одночасності												0,85			
неперіодична Рп, Qп												1547,13			
періодична Рп,р, Qп,р												503,22			
Сумарне навантаження з урахуванням коефіцієнту одночасності режиму, втрат у мережі												2152,88			
Повна потужність S												2480,75			

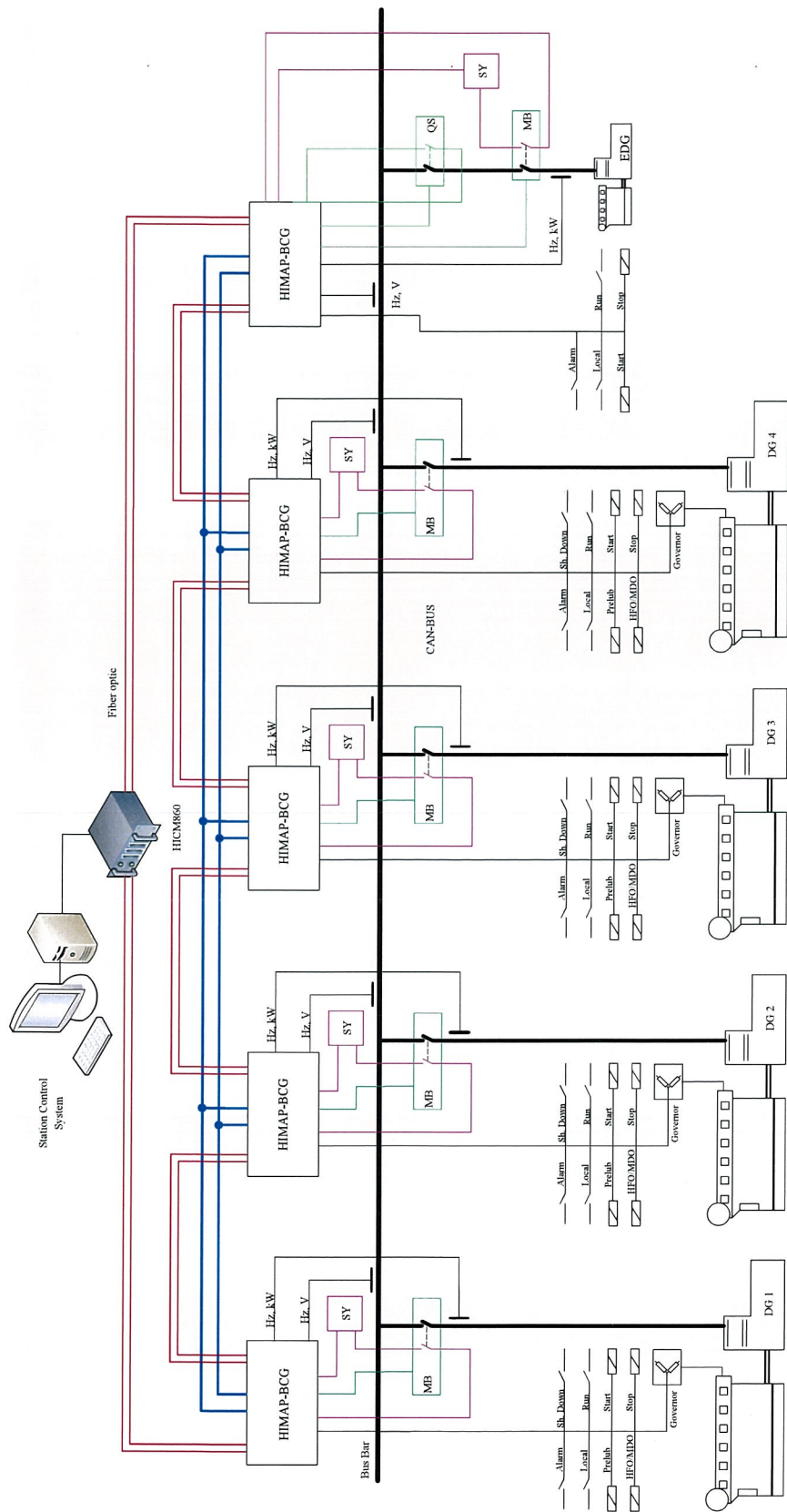
Таблиця електричних навантажень СЕЕС в аварійному режимі

№ п/п	Найменування групи споживачів	Кількість споживачів	Номинальні дані						Параметри споживача в режимі "Аварійний"						
			Потужність механічн, кВт	Пом. потужність ел. двигунів, кВт	ККД електром. двигунів	Коеф-т потужності	Сумарна потужність			Коефіцієнт навантаження	Коефіцієнт спожитої роботи	Коефіцієнт потужності району	Сумарна споживана		
							P, кВт	Q, кВАр	S, кВА				P, кВт	Q, кВАр	S, кВА
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
1. Промислова установка															
1	Компресор азотного повітря ГД	4	75	79,79	0,94	0,7	319,15	325,60	455,93	0,5	0,15	0,700	16,76	17,09	23,94
2	Насос прісної води охолодження газоповного двигуна ГД	2	8,4	90,32	0,93	0,9	180,65	87,49	200,72	0,9	0	0,900	0,00	0,00	0,00
3	Насос підтримки зарубашеного простору ГД	1	9	10,23	0,88	0,84	10,23	6,61	12,18	0,9	0	0,840	0,00	0,00	0,00
4	Насос водопостачання очисника заборної води (ГД)	1	1,3	1,63	0,8	0,69	1,63	1,70	2,36	0,9	0	0,690	0,00	0,00	0,00
5	Насос зарубашеного простору ГД водою охолодження	1	1,3	1,63	0,8	0,69	1,63	1,70	2,36	0,9	0	0,690	0,00	0,00	0,00
6	Насос насос подачі важкого палива ГД	2	18	20,45	0,88	0,78	40,91	32,82	52,45	0,9	0	0,780	0,00	0,00	0,00
7	Циркуляційний насос важкого палива ГД	2	8,6	10,36	0,83	0,77	20,72	17,17	26,91	0,9	0	0,770	0,00	0,00	0,00
8	Вальмоверетний пристрій	1	15	18,07	0,83	0,78	18,07	14,50	23,17	0,9	0	0,780	0,00	0,00	0,00
9	Головний насос мастила	2	355	373,68	0,95	0,8	747,37	560,53	934,21	0,9	0	0,800	0,00	0,00	0,00
2. Генераторна установка															
10	Насос підтримки зарубашеного простору ДД	2	1,5	1,88	0,8	0,8	3,75	2,81	4,69	0,9	0	0,800	0,00	0,00	0,00
11	Бустерний насос дизельного палива	1	1,52	1,92	0,79	0,83	1,92	1,29	2,32	0,9	0,25	0,830	0,36	0,24	0,43
12	Насос подачі важкого палива ДД	2	1,8	2,17	0,83	0,75	4,34	3,83	5,78	0,8	0	0,750	0,00	0,00	0,00
13	Циркуляційний насос важкого палива ДД	2	4,6	5,35	0,86	0,74	10,70	9,72	14,46	0,8	0	0,740	0,00	0,00	0,00
14	Насос подачі дизельного палива ДД	1	3,5	4,22	0,83	0,68	4,22	4,55	6,20	0,8	0,5	0,680	1,15	1,24	1,69
15	Насос мастила змащення	4	0,8	1,08	0,74	0,8	4,32	3,24	5,41	0,9	0,25	0,800	0,78	0,58	0,97
3. Водо-оброблююче обладнання															
16	Головний насос заборної води	3	220	234,04	0,94	0,85	702,13	435,14	826,03	0,9	0	0,850	0,00	0,00	0,00
17	Насос ПТ охолодження прісної води	3	147	156,38	0,94	0,85	469,15	290,75	551,94	0,9	0	0,850	0,00	0,00	0,00
18	Насос дистильованої прісної води	1	1,5	1,88	0,8	0,82	1,88	1,31	2,29	0,85	0	0,820	0,00	0,00	0,00
19	Ежекторний насос прісної води	1	21	23,60	0,89	0,87	23,60	13,37	27,12	0,9	0,25	0,870	4,62	2,62	5,31
20	Насос охолодження повітряного кондиціонування ПК	2	1,1	1,38	0,8	0,64	2,75	3,30	4,30	0,9	0	0,640	0,00	0,00	0,00
4. Мастильно-оброблююче обладнання															
21	Сепаратор ВП	4	2,6	28,89	0,9	0,74	115,56	105,03	156,16	0,9	0	0,740	0,00	0,00	0,00
22	Живильний насос сепаратора ВП	4	3,5	4,07	0,86	0,68	16,28	17,55	23,94	0,9	0	0,680	0,00	0,00	0,00
23	Насос розвантаження сепаратора ВП	1	3,5	4,07	0,86	0,7	4,07	4,15	5,81	0,9	0	0,700	0,00	0,00	0,00
24	Сепаратор ДП	1	8,6	10,75	0,8	0,8	10,75	8,06	13,44	1	1	0,800	8,60	6,45	10,75
25	Живильний насос сепаратора ДП	1	1,8	2,20	0,82	0,73	2,20	2,06	3,01	0,9	1	0,730	1,44	1,35	1,98
26	Перекачуючий насос ВП	1	2,6	28,89	0,9	0,81	28,89	20,92	35,67	1	0	0,810	0,00	0,00	0,00
27	Надичилюючий насос ВП	1	4,6	5,35	0,86	0,68	5,35	5,77	7,87	0,9	0	0,680	0,00	0,00	0,00
28	Перекачуючий насос ВП/ДП	1	2,6	28,89	0,9	0,67	28,89	22,01	43,12	0,9	0,25	0,670	4,36	4,83	6,50
29	Сепаратор мастила ГД	2	17,5	19,66	0,89	0,8	39,33	29,49	49,16	1	0	0,800	0,00	0,00	0,00
30	Живильний насос сепаратора мастила	2	3,5	4,07	0,86	0,7	8,14	8,30	11,63	0,9	0	0,700	0,00	0,00	0,00
31	Сепаратор мастила ДД	2	8,6	10,49	0,82	0,72	20,98	20,22	29,13	0,9	0	0,720	0,00	0,00	0,00
32	Живильний насос сепаратора мастила	2	0,7	0,95	0,74	0,68	1,89	2,04	2,78	0,9	0	0,680	0,00	0,00	0,00
33	Перекачуючий насос мастила кормової труби	1	1,2	1,50	0,8	0,7	1,50	1,53	2,14	0,9	0	0,700	0,00	0,00	0,00
34	Перекачуючий насос мастила кормової труби	1	1,2	1,50	0,8	0,7	1,50	1,53	2,14	0,9	0	0,700	0,00	0,00	0,00
35	Перекачуючий насос циліндрового мастила	2	1,8	2,20	0,82	0,75	4,39	3,87	5,85	0,9	0	0,750	0,00	0,00	0,00
5. Котельна установка															
36	Вентилятор ДК	1	16,5	19,41	0,85	0,83	19,41	13,04	23,39	0,9	0	0,830	0,00	0,00	0,00
37	Двигун паливника	1	3,6	4,19	0,86	0,8	4,19	3,14	5,23	0,9	0	0,800	0,00	0,00	0,00
38	Насос важкого палива ДК	2	0,6	0,81	0,74	0,8	1,62	1,22	2,03	0,9	0	0,800	0,00	0,00	0,00
39	Живильний насос насос ДК	2	9,6	11,43	0,84	0,82	22,86	15,95	27,87	0,9	0	0,820	0,00	0,00	0,00
40	Живильний насос економізатора	2	13	14,61	0,89	0,87	29,21	16,56	33,58	0,9	0	0,870	0,00	0,00	0,00
41	Перекачуючий насос жовтої води	1	1,8	2,20	0,82	0,77	2,20	1,82	2,85	0,9	0	0,770	0,00	0,00	0,00
6. Рента обладнання та вентилятори															
42	Головний повітряний компресор	4	64	69,57	0,92	0,8	278,26	208,70	347,83	0,9	0	0,800	0,00	0,00	0,00
43	Серійний повітряний компресор	1	35	38,89	0,9	0,97	38,89	9,75	40,09	0,9	1	0,970	33,95	8,51	35,00
44	Вентилятор машинного відділення	6	55	60,44	0,91	0,83	362,64	243,69	436,91	0,9	0	0,830	0,00	0,00	0,00
45	Витяжний вентилятор сепараторного відділення	1	11	12,64	0,87	0,86	12,64	7,50	14,70	0,9	1	0,860	9,79	5,81	11,38
46	Витяжний вентилятор робочого відділення	1	0,4	0,59	0,68	0,7	0,59	0,60	0,84	0,9	0	0,700	0,00	0,00	0,00
47	Витяжний вентилятор форсуночного відділення	1	0,4	0,59	0,68	0,77	0,59	0,49	0,76	0,9	0	0,770	0,00	0,00	0,00
48	Відстійний насос	1	18,5	20,79	0,89	0,85	20,79	12,88	24,45	0,9	0	0,850	0,00	0,00	0,00
49	Насос льодяних вод	1	3,7	4,30	0,86	0,8	4,30	3,23	5,38	0,9	0,25	0,800	0,77	0,58	0,97
50	Інженерний вентилятор	1	34,5	38,33	0,9	0,8	38,33	28,75	47,92	1	0	0,800	0,00	0,00	0,00
7. Суднові системи															
51	Баластний насос	2	99	106,45	0,93	0,9	212,90	103,11	236,56	0,8	0	0,900	0,00	0,00	0,00
52	Холодильний насос	1	112	120,43	0,93	0,84	120,43	77,79	143,37	0,9	0	0,840	0,00	0,00	0,00
53	Пожарний насос	1	180	191,49	0,94	0,9	191,49	92,74	212,77	0,9	0	0,900	0,00	0,00	0,00
54	Аварійний пожежний насос	1	49	52,13	0,94	0,87	52,13	29,54	59,92	0,9	0,5	0,870	20,41	11,57	22,46
8. Рефрижератори															
55	Вентилятор реф. Контейнерного трюма	24	5,5	7,24	0,76	0,8	173,68	130,26	217,11	0,9	0	0,800	0,00	0,00	0,00
56	Рефрижератори розетки	701	7	7,00	1	1	4907,00	0,00	4907,00	0,9	0	1,000	0,00	0,00	0,00
9. Маневрове обладнання															
57	Рудова машина	4	80	88,89	0,9	0,84	355,56	229,67	423,28	0,9	0	0,840	0,00	0,00	0,00
58	Аварійна рудова машина	1	80	88,89	0,9	0,83	88,89	59,73	107,10	0,9	1	0,830	66,40	44,62	80,00
59	Підручний пристрій	1	3000	3157,88	0,95	0,93	3157,89	1248,08	3395,59	0,9	0	0,930	0,00	0,00	0,00
60	Гідравлічний насос ПП	2	5,5	6,40	0,86	0,8	12,79	9,59	15,99	0,9	0	0,800	0,00	0,00	0,00
61	Вентилятор приміщення ПП	1	11	12,50	0,88	0,82	12,50	8,73	13,24	0,9	0	0,820	0,00	0,00	0,00
10. Палубні механізми															
62	Браніаль	2	110	122,22	0,9	0,8	244,44	183,33	305,56	0,8	0	0,800	0,00	0,00	0,00
63	Швартовка лебідка	8	80	86,02	0,93	0,84	688,17	444,52	819,25	0,8	0	0,840	0,00	0,00	0,00
64	Провітряний кран	2	15	17,86	0,84	0,8	35,71	26,79	44,64	0,8	0	0,800	0,00	0,00	0,00
11. Повітряне кондиціювання та вентиляція															
65	Витяжний трюм	9	3	3,49	0,86	0,74	31,40	28,54	42,43	0,8	0	0,740	0,00	0,00	0,00
66	Кладовка бомбана	1	1,6	2,00	0,8	0,8	2,00	1,50	2,50	0,8	0	0,800	0,00	0,00	0,00
67	CO2 приміщення	1	1,7	2,05	0,83	0,75	2,05	1,81	2,73	1	0	0,750	0,00	0,00	0,00
68	Витяжний трюм (1)	7	2,3	2,67	0,86	0,84	18,72	12,09	22,29	0,8	0	0,840	0,00	0,00	0,00
69	Витяжний трюм (2)	10	3,7	5,21	0,71	0,72	52,11	50,73	73,38	0,6	0	0,720	0,00	0,00	0,00

70	Вантажний трюм (3)	12	7,5	10,14	0,74	0,76	121,62	104,01	160,03	0,6	0	0,760	0,00	0,00	0,00
71	Компресор набудови повітряного кондиціонера	2	150	172,41	0,87	0,88	344,83	186,12	391,85	0,9	0,25	0,880	68,28	36,85	77,59
72	Вентилятор набудови	1	42	51,22	0,82	0,8	51,22	38,41	64,02	0,9	0,25	0,800	9,22	6,91	11,52
73	Вентилятор приміщення ЦПУ	1	0,5	0,66	0,76	0,8	0,66	0,49	0,82	0,9	0,25	0,800	0,12	0,09	0,15
74	Вентилятор набудови малі	4	1,4	1,94	0,72	0,75	7,78	6,86	10,37	0,9	0	0,750	0,00	0,00	0,00
75	Вентилятор камбузу	2	0,8	1,11	0,72	0,75	2,22	1,96	2,96	0,9	0,5	0,750	0,75	0,66	1,00
76	Вентилятор машинного приміщення	4	22	26,83	0,82	0,88	107,32	57,92	121,95	0,9	0	0,880	0,00	0,00	0,00
77	Вентилятор витяжних трюмів	10	12	14,81	0,81	0,85	148,15	91,81	174,29	0,9	0	0,850	0,00	0,00	0,00
78	Приміщення А,Д	1	0,7	0,90	0,78	0,77	0,90	0,74	1,17	0,9	1	0,770	0,62	0,52	0,81
79	Вентилятор загальноусушової вентиляції	14	2	2,82	0,71	0,76	39,44	33,72	51,89	0,9	0	0,760	0,00	0,00	0,00
80	Вентилятор руляового приміщення	2	1,5	2,17	0,69	0,7	4,35	4,44	6,21	0,9	0,5	0,700	1,37	1,40	1,96
81	Вентилятор камбузу	2	1,3	1,67	0,78	0,8	3,33	2,50	4,17	0,9	0,25	0,800	0,60	0,45	0,75

12. Освітлення															
82	Освітлення приміщень	5	25	25,00	1	1	125,00	0,00	125,00	1	0	1,000	0,00	0,00	0,00
83	Освітлення машинного відділення	1	21	21,00	1	1	21,00	0,00	21,00	1	0	1,000	0,00	0,00	0,00
84	Зовнішнє освітлення	3	12	12,00	1	1	26,00	0,00	26,00	1	0	1,000	0,00	0,00	0,00
85	Освітлення трюмів	1	19	19,00	1	1	19,00	0,00	19,00	1	0	1,000	0,00	0,00	0,00
86	Аварійне освітлення	2	6	6,00	1	1	12,00	0,00	12,00	1	1	1,000	12,00	0,00	12,00
87	Навігаційні та сигнальні вогні	1	0,8	0,80	1	1	0,80	0,00	0,80	1	1	1,000	0,80	0,00	0,80
88	Носове прожекторне освітлення	10	6	6,00	1	1	60,00	0,00	60,00	1	0	1,000	0,00	0,00	0,00
89	Кормове прожекторне освітлення	1	6	6,00	1	1	6,00	0,00	6,00	1	0	1,000	0,00	0,00	0,00
13. Зв'язок, управління, слабкий струм.															
90	Штурманське обладнання	1	25	25,00	1	1	25,00	0,00	25,00	1	1	1,000	25,00	0,00	25,00
91	Радіозв'язок	1	11,6	11,60	1	1	11,60	0,00	11,60	1	1	1,000	11,60	0,00	11,60
92	Трансляція	1	3,5	3,50	1	1	3,50	0,00	3,50	1	1	1,000	3,50	0,00	3,50
93	Система зв'язку "INN-MARSAT-C"	1	1,5	1,50	1	1	1,50	0,00	1,50	1	1	1,000	1,50	0,00	1,50
94	Схеми автоматизації систем	1	1,5	1,50	1	1	1,50	0,00	1,50	1	1	1,000	1,50	0,00	1,50
95	Сигналізація	1	0,9	0,90	1	1	0,90	0,00	0,90	1	1	1,000	0,90	0,00	0,90
14. Інші споживачі															
96	Токерний верстак	2	13	16,67	0,78	0,82	33,33	23,27	40,65	0,9	0	0,820	0,00	0,00	0,00
97	Свердлувальний верстак	1	2,5	3,13	0,8	0,85	3,13	1,94	3,68	0,9	0	0,850	0,00	0,00	0,00
98	Точильний верстак	1	3	3,66	0,82	0,85	3,66	2,27	4,30	0,9	0	0,850	0,00	0,00	0,00
99	Верстатний пристрій	3	1,1	1,10	1	1	3,30	0,00	3,30	0,8	0	1,000	0,00	0,00	0,00
100	Зварювальний апарат	2	14,6	14,60	1	1	29,20	0,00	29,20	0,8	0	1,000	0,00	0,00	0,00
101	Гострильно шліфувальний верстак	1	1,2	1,67	0,72	0,78	1,67	1,24	2,14	0,9	0	0,780	0,00	0,00	0,00

Активна та реактивна потужності в режимі															
неперіодична Рп, Qп												295,56	144,79	338,11	
періодична Рп,р, Qп,р												11,57	7,57	14,83	
З урахуванням коефіцієнту одночасності												0,85			
неперіодична Рп, Qп												251,23	123,07	287,39	
періодична Рп,р, Qп,р												6,83	6,44	12,61	
Сумарне навантаження з урахуванням коефіцієнту одночасності режиму, втрат у мережі												274,11	135,98	315,00	
Повна потужність S												315,00			



P_1 - відсутня напруга на шинах ГРЩ;

$P_2, P_3 > P_1$ - автоматичні вимикачі першого, другого третього і четвертого

дизель-генераторів відключені;

A_1 - формування сигналу на роботу мінімум двох резервних ДГ;

$P_3, P_{10}, P_{15}, P_{20}$ - частота обертання першого, другого третього і четвертого

дизель-генераторів перевищує мінімально припустимі значення;

$P_6, P_{11}, P_{16}, P_{21}$ - відсутність команди на включення пуску першого, другого третього і четвертого ДГ;

P_7, P_8, P_9 - відсутність команди на включення автоматичного вимикача другого ДГ;

P_{12}, P_{13}, P_{14} - те ж для першого;

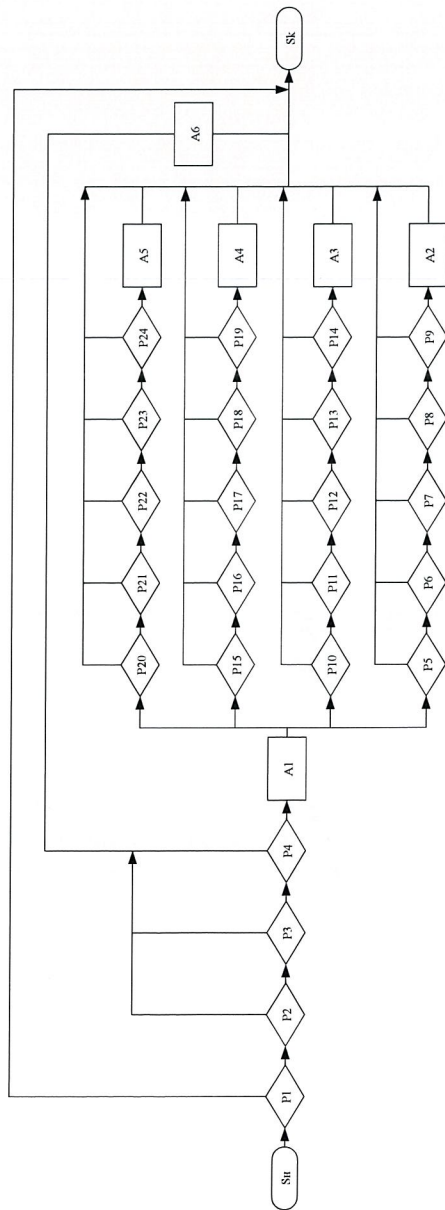
P_{17}, P_{18}, P_{19} - те ж для третього;

P_{22}, P_{23}, P_{24} - те ж для четвертого;

A_2, A_3, A_4, A_5 - формування сигналу на включення автоматичного вимикача

першого, другого третього і четвертого ДГ;

A_6 - формування сигналу АПС «Аварія системи керування»



Електрообладнання, електроприводи та системи управління									
Матеріальна частина									
Система автоматизації СЕС									
ПНАД-РСУ в складі									
виробництва СЕС та									
випробовування ступінь									
№	Дат.	В.контр.	В.контр.	В.контр.	В.контр.	В.контр.	В.контр.	В.контр.	В.контр.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
111	112	113	114	115	116	117	118	119	120
121	122	123	124	125	126	127	128	129	130
131	132	133	134	135	136	137	138	139	140
141	142	143	144	145	146	147	148	149	150
151	152	153	154	155	156	157	158	159	160
161	162	163	164	165	166	167	168	169	170
171	172	173	174	175	176	177	178	179	180
181	182	183	184	185	186	187	188	189	190
191	192	193	194	195	196	197	198	199	200
201	202	203	204	205	206	207	208	209	210
211	212	213	214	215	216	217	218	219	220
221	222	223	224	225	226	227	228	229	230
231	232	233	234	235	236	237	238	239	240
241	242	243	244	245	246	247	248	249	250
251	252	253	254	255	256	257	258	259	260
261	262	263	264	265	266	267	268	269	270
271	272	273	274	275	276	277	278	279	280
281	282	283	284	285	286	287	288	289	290
291	292	293	294	295	296	297	298	299	300
301	302	303	304	305	306	307	308	309	310
311	312	313	314	315	316	317	318	319	320
321	322	323	324	325	326	327	328	329	330
331	332	333	334	335	336	337	338	339	340
341	342	343	344	345	346	347	348	349	350
351	352	353	354	355	356	357	358	359	360
361	362	363	364	365	366	367	368	369	370
371	372	373	374	375	376	377	378	379	380
381	382	383	384	385	386	387	388	389	390
391	392	393	394	395	396	397	398	399	400
401	402	403	404	405	406	407	408	409	410
411	412	413	414	415	416	417	418	419	420
421	422	423	424	425	426	427	428	429	430
431	432	433	434	435	436	437	438	439	440
441	442	443	444	445	446	447	448	449	450
451	452	453	454	455	456	457	458	459	460
461	462	463	464	465	466	467	468	469	470
471	472	473	474	475	476	477	478	479	480
481	482	483	484	485	486	487	488	489	490
491	492	493	494	495	496	497	498	499	500
501	502	503	504	505	506	507	508	509	510
511	512	513	514	515	516	517	518	519	520
521	522	523	524	525	526	527	528	529	530
531	532	533	534	535	536	537	538	539	540
541	542	543	544	545	546	547	548	549	550
551	552	553	554	555	556	557	558	559	560
561	562	563	564	565	566	567	568	569	570
571	572	573	574	575	576	577	578	579	580
581	582	583	584	585	586	587	588	589	590
591	592	593	594	595	596	597	598	599	600
601	602	603	604	605	606	607	608	609	610
611	612	613	614	615	616	617	618	619	620
621	622	623	624	625	626	627	628	629	630
631	632	633	634	635	636	637	638	639	640
641	642	643	644	645	646	647	648	649	650
651	652	653	654	655	656	657	658	659	660
661	662	663	664	665	666	667	668	669	670
671	672	673	674	675	676	677	678	679	680
681	682	683	684	685	686	687	688	689	690
691	692	693	694	695	696	697	698	699	700
701	702	703	704	705	706	707	708	709	710
711	712	713	714	715	716	717	718	719	720
721	722	723	724	725	726	727	728	729	730
731	732	733	734	735	736	737	738	739	740
741	742	743	744	745	746	747	748	749	750
751	752	753	754	755	756	757	758	759	760
761	762	763	764	765	766	767	768	769	770
771	772	773	774	775	776	777	778	779	780
781	782	783	784	785	786	787	788	789	790
791	792	793	794	795	796	797	798	799	800
801	802	803	804	805	806	807	808	809	810
811	812	813	814	815	816	817	818	819	820
821	822	823	824	825	826	827	828	829	830
831	832	833	834	835	836	837	838	839	840
841	842	843	844	845	846	847	848	849	850
851	852	853	854	855	856	857	858	859	860
861	862	863	864	865	866	867	868	869	870
871	872	873	874	875	876	877	878	879	880
881	882	883	884	885	886	887	888	889	890
891	892	893	894	895	896	897	898	899	900
901	902	903	904	905	906	907	908	909	910
911	912	913	914	915	916	917	918	919	920
921	922	923	924	925	926	927	928	929	930
931	932	933	934	935	936	937	938	939	940
941	942	943	944	945	946	947	948	949	950
951	952	953	954	955	956	957	958	959	960
961	962	963	964	965	966	967	968	969	970
971	972	973	974	975	976	977	978	979	980
981	982	983	984	985	986	987	988	989	990
991	992	993	994	995	996	997	998	999	1000

НУ «ОМ»

