

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»
Науково-навчальний інститут автоматики та електромеханіки
Кафедра Електричної інженерії та електроніки

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

тема: Електрообладнання, електронна апаратура і системи управління
газовозом дедвейтом 18600 тон

Виконав: курсант 4 курсу, групи 3401
Спеціальності 271 напрям: «Річковий та
морський транспорт»

Дмитренко Ілля Васильович

(підпис, прізвище та ініціали)

Допущений до
захисту

16.06.21

(дата малого захисту)

Завідуючий кафедрою

Григорук Муха Н.І.

(підпис, прізвище та ініціали)

Керівник

С.А. Михайлов

(підпис, прізвище та ініціали)

Нормо контролер

Шевцов Ю.С.

(підпис, прізвище та ініціали)

Рецензент

В. Шевченко

(підпис, прізвище та ініціали)

м. Одеса – 2021 рік

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Науково-навчальний інститут автоматики та електромеханіки

Спеціальність Експлуатація суднового електрообладнання і засобів

автоматики

Кафедра Електричної інженерії та електроніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою ЕІ та електроніки

„01” листопада 2021р.

ЗАВДАННЯ

до дипломної роботи курсанта

Дмитренка Іллі Васильовича

Тема дипломної роботи: «Електрообладнання, електронна апаратура і системи управління газозову водотоннажністю 18600 тон» затверджена наказом ректора академії від

«15» 06 2021 р. № 819

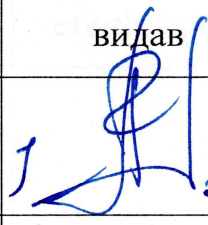
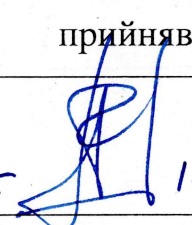
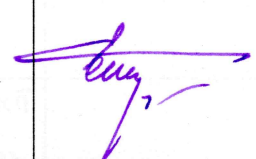
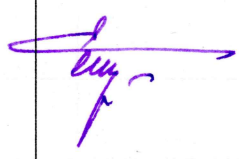
Строки здачі курсантом закінченого проекту :

Вихідні дані до дипломної роботи: технічна документація судна PACIFIC JUPITER

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

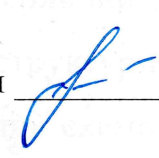
1. Техніко-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна.
 - Опис корпусу судна та рушія, головної енергетичної установки, вантажного комплексу, допоміжних механізмів і систем
 - Вибір та обґрунтування основних параметрів СЕЕС
2. Судновий електропривод та система автоматизації (суднова електромеханічна система):

1. Консультанти розділів дипломного проекту:

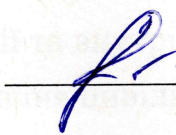
Розділ	Консультант	Підпис і дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Цивільний захист	Кафедра МТ Голобородько О.І.	 27.05	 14.06.21
Безпека та виживання на морі	Кафедра БЖ Григорів Ю.С.	04.06.21 	08.06.21 

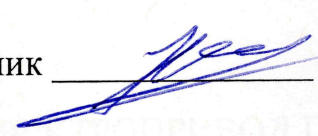
2. Дата видачі завдання: 27.05.2021р.

Керівник  Михайлов С.А.

Завдання прийняв до виконання  Дмитренко І.В.

3.	Аналіз систем та пристроїв управління судном. Засоби автоматизації СЕЕС. Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю та сигналізації; технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв та радіозв'язку. Аналіз структурної схеми суднової комп'ютерної мережі інформаційних та управляючих систем та засобу автоматизації.		
7.	Безпека та виживання на морі (Охорона праці)		
8.	Оформлення дипломного проекту Оформлення креслень Підготовка доповіді		

Курсант-дипломник  Дмитренко І.В.

Керівник  Михайлов С.А

РЕФЕРАТ

Дипломна робота бакалавра: пояснювальна записка – 87 с.,
26 - рисунків., 16 - табл., 28 - джерела, 9 - листів додатків, 5 -креслень.

У дипломній роботі проведено розрахунок електрообладнання, електронної апаратури та системи керування судна газовозу дедвейтом 18600 тон. Наведені техніко-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна.

Проведено розрахунок режимів роботи та вибір електроприводу підрулюючого пристрою та системи її керування; розроблено принципові схеми ЕП та системи його управління; вибрано комутаційна-захисна апаратура

Виконано розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибрано кількість, потужність і тип основних та аварійних генераторних агрегатів СЕЕС (табличним методом розрахунку); вибрано акумулятори та перетворювачі електроенергії; вибрана раціональна структура СЕЕС та розроблена однолінійна схема ГРЩ та АРЩ; проведено розрахунок струмів короткого замикання; підібрані система збудження синхронних генераторів; проведено розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії; обрані засоби автоматизації СЕЕС, проведено розробку алгоритмів управління СЕЕС;

Вказані технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних та управляючих систем; виконано аналіз роботи системи керування ГД; вказані технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації та внутрішнього зв'язку, а також ГМЗСБ і навігація.

Розглянуті питання цивільного захисту та охорони судна.

ЕЛЕКТРОПРИВОД ГЛИБИННОГО НОСОСУ , ПРИНЦИПОВА
СХЕМА , СИСТЕМА ЗБУДЖЕННЯ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ, ГРЩ,
ЗОБРАЖЕННЯ ТА ОПИС ПРИСТРОЮ, СХЕМА

REPORT

Bachelor's degree work: explanatory note – 85 pages, 26 - Drawings, Tables -16 , 28 - source,s 9 -sheets additions, 10 – diagrams.

The research paper calculated the electrical, electronics and of the control system for LPG Tanker deadweight of 18600 tons. These technical and operational characteristics and structural features of the ship main propulsion, auxiliary machinery and systems.

The calculation of operating modes and the choice of electric bow thruster and its control system; developed concepts EP and its management system; selected switching and protection equipment and means of EMC electric; designed instruction manual.

The calculation of power SEEA for the characteristic modes of the vessel, select the number, capacity and type of the main and emergency power generators SEEA (tabular method of calculation), chosen batteries and power converters; developed a single-line diagram of the main and emergency switchboard; The calculation of short-circuit currents; selected excitation system of synchronous generators; calculated the voltage dip SEEA at the start of the most powerful consumer of electricity; selected automation SEEA, conducted the development of SEEA control algorithms;

The analysis of the main engine operation control system; given the technical characteristics and design features of the main vessel control devices, control systems, alarm and intercom and GMDSS and navigation.

The issues of civil protection and security of the ship.

ELECTRIC DRIVE OF DEEP WELL PUMP , PRINCIPLE DIAGRAM , THE SYSTEM OF EXCITATION OF SYNCHRONOUS GENERATORS, MSB , IMAGE THAT DESCRIPTION OF THE ANNEX, DIAGRAM

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	10
ВСТУП.....	11
1 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА PACIFIC JUPITER.....	12
2 СУДОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВІД ТА СИСТЕМА ЙОГО УПРАВЛІННЯ.....	17
2.1 Зовнішній вигляд пристрою та опис	17
2.2 Розрахунок та вибір електродвигуна	19
2.3 Обґрунтування і вибір схеми живлення та управління.....	20
2.4 Вибір комутаційно-захисної апаратури та засобів електромагнітної сумісності електроприводу.....	21
3 СУДНОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА (СЕЕС)	
3.1 Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості, потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів СЕЕС.....	22
3.2 Вибір апаратів, приладів, приборів ГРЩ.....	26
3.3 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ.....	33
3.4 Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів...	34
3.6 Вибір системи збудження синхронних генераторів	40
3.7 Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії.....	45
3.8 Вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, розробка алгоритмів управління СЕЕС	49
3.9 Загальні відомості о мережі суднового електричного освітлення, суднових сигнально-відзначних вогнів, освітлення низької напруги.	52
4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ	
4.1 Технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних та управляючих систем.....	53

4.2 Аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки.....	56
4.3 ГМЗСБ і навігація	62
5. БЕЗПЕКА ТА ВИЖИВАННЯ НА МОРІ	
5.1 Особливості забезпечення боротьби за живучість газовоза.....	66
5.2 Правила техніки безпеки при вантажних операціях на газовозах і хімовозах	68
5.3 Теорія горіння. Види горіння. Пожежний трикутник	70
5.4 Вимоги до суднових інсинераторів.....	73
6. ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА	
6.1. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту.....	76
6.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території.....	76
6.3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат	84
ВИСНОВОК	85
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	86
ДОДАТОК А1 Зони спалаху	
ДОДАТОК А2 Схема силової частини електроприводу та його системи управління	
ДОДАТОК Б1- Б4 Таблиця навантаження СЕЕС	
ДОДАТОК В Однолінійна схема ГРЩ і АРЩ	
ДОДАТОК Г Система збудження THIRYPART	
ДОДАТОК Д Граф-схема алгоритму функціонування (пуску) ГД	

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АРЩ – аварійний розподільний щит

АДГ – аварійний дизель-генератор

АРН – автоматичний регулятор напруги

ГД – головний двигун

ГРЩ – головний розподільний щит

ДАУ – дистанційне автоматизоване управління

ДГ – дизель-генератор

КВП – контрольно - вимірювальний прилад

ККД – коефіцієнт корисної дії

МВ – машинне відділення

МП – мікропроцесор

МТ – машинний телеграф

РЩ – розподільний щит

СЕЕС – суднова автоматизована електроенергетична система

СЕС – суднова електростанція

СЕУ – суднова енергетична установка

ЦПУ – центральний пост управління

DW – Deep well pump (Глибинний насос)

ЦКД- центр керування двигуном

ВСТУП

Природні та нафтові гази є найбільш екологічно чистим паливом, яке при спалюванні для генерації електроенергії виробляє близько половини вуглекислого газу (CO_2) і лише одну десяту речовин, що забруднюють повітря. Такі гази, як ресурс, є універсальним. Газова електростанція потребує значно менше часу для запуску та зупинки у порівнянні з вугільною електростанцією, а використання в якості сировини для органічного синтезу, значно скорочує час на виробництві. Такі широкі можливості змусили людство добувати газ і транспортувати його загалом на судах - танкерах спеціального типу. Такі кораблі – газовози, можуть перевозити газ у великих об'ємах, транспортуючи вантаж в зрідженому вигляді, підтримуючи при цьому оптимальну температуру.

У своїй дипломній роботі, я відобразив конструктивні особливості танкера-газовоза PACIFIC JUPITER, яке розраховано для перевезення зрідженого нафтового газу (ЗНД), англ. (liquefied petroleum gas– LPG), вибрав електропривід вантажного компресора, розрахував СЕЕС судна.

Крім усього іншого, це судно можна віднести до окремого класу газовозів, тому як основний вантаж PACIFIC JUPITER є газ – етилен, який потребує спеціальні умови для зберігання.

Завдяки використанню комп'ютерних технологій, особливій конструкції судна, автоматичного регулювання та контролю, захисту, транспортування стає можливим.

1 ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА PACIFIC JUPITER



Рисунок 1.1- Зовнішній вигляд судна

Загальні відомості про судно : це спеціальне судно здатне перевозити зріджений газ та підтримувати температуру вантажу до -104° , крім звичайної системи охолодження вантажу, PACIFIC JUPITER обладнано системою непрямого охолодження (спеціальні палубні теплообмінники). Матеріал танків - нержавіюча сталь. Кожен вантажний танк обладнується власною системою насосів і трубопроводів для навантаження-розвантаження. Системи вентиляції танків також монтуються на кожному танку окремо, що дозволяє одночасно перевозити до шести видів різних вантажів. Максимальний об'єм газів, яке судно може перевести - 17000 м^3 . У зв'язку з небезпекою вантажу, що перевозиться на судні передбачені спеціальні зони спалаху і пожежна систем. (У додатку А зазначена класифікація зон спалаху судна , та його внутрішній вигляд)

Район плавання – необмежений (окрім льодових зон плавання)

Назва.....PACIFIC JUPITER
 IMO 9712565
 Позивний..... VRRX4
 Тип.....LPG Tanker
 Рік будівництва.....2018
 Місце будівництва.....QIDONG, CHINA

Головні розміри

Загальна довжина 156 м
 Ширина.....23 м
 Максимальна осадка 15.8 м

Тоннаж

Gross Tonnage 16,306т
 Net Tonnage4,892т

Машинне відділення та пропульсивна установка

Сумарна потужність СЕЕС.....3600 кВт
 Генератори 3 x 1200 кВт
 Аварійний генератор..... 1 x 250 кВт
 Пропульсивна установка ГД.....5250 кВт
 Діаметр гвинта 6.20 m

Рульовий пристрій Rolls-Royce Steering Gear

Підрулюючі пристрої

Носовий підрулюючий пристрійBrunvoll 1 x 900 кВт

Продуктивність

Звичайна швидкість.....	14 вузлів
Максимальна швидкість	17 вузлів
Споживання у порту	4 м ³ /день
Споживання на економічній швидкості	20 м ³ /день
Тип палива.....	MGO, DO, HFO.

Палуба

Вільне місце на палубі	2,100 м ²
------------------------------	----------------------

Крани

Максимальна вантажопідйомність провізійного крану	10 т
Максимальний робочий радіус	15 м
Максимальна вантажопідйомність крану для робіт з вантажом	15 т
Максимальний робочий радіус	18 м

Система електропостачання має вирішальне значення для більшості сучасних морських суден, що ведуть складні операції. Дизельні установки поширені в морському проектуванні суден, завдяки своїй простоті і надійності, а також за своєю відносно вигідною ціною. Нижче приведені основні вимоги стосовно вибору САЕС.

1) Пункт 2.1.1.2 Регістру судноплавства України «Правила класифікації та побудови морських суден» Том 4 2020 рік.

Електричне обладнання повинне надійно працювати в умовах відносної вологості повітря $75 \pm 3\%$ при температурі $+45 \pm 2^\circ\text{C}$ або $80 \pm 3\%$ при температурі $+40 \pm 2^\circ\text{C}$, а також при відносній вологості повітря $95 \pm 3\%$ при температурі $+25 \pm 2^\circ\text{C}$.

2) Пункт 2.1.2.1 Регістру судноплавства України «Правила класифікації та побудови морських суден» Том 4 2020 рік.

Електричне обладнання повинне надійно працювати при вібраціях з частотами від 2 до 80Гц, а саме: при частотах від 2 до 13,2Гц з амплітудою переміщень $\pm 1\text{мм}$ і при частотах від 13,2 до 80Гц з прискоренням $\pm 0,7g$. Електричне обладнання, установлене на джерелах вібрації (дизелі, компресори тощо) або у румпельному відділенні, повинне надійно працювати при вібраціях від 2 до 100Гц, а саме: при частотах від 2 до 25Гц з амплітудою переміщень $\pm 1,6\text{мм}$ і при частотах від 25 до 100Гц з прискоренням $\pm 4,0g$. Електричне обладнання повинне надійно працювати також при ударах з прискоренням $\pm 5,0g$ і частоті в межах від 40 до 80 ударів за хвилину

3) Пункт 2.1.2.2 Регістру судноплавства України «Правила класифікації та побудови морських суден» Том 4 2020 рік.

Електричне обладнання повинне безвідмовно працювати при тривалому крені судна до 15° і диференті до 5° , а також при бортовій хитавиці до $22,5^\circ$ з періодом 7–9с і кільовій до 10° від вертикалі. Аварійне обладнання повинне, крім того, надійно працювати при тривалому крені до $22,5^\circ$, диференті до 10° , а також при одночасному крені і диференті в зазначених вище межах та бортовій хитавиці до $22,5^\circ$ з періодом $7 \div 9\text{с}$ і кільовій до 10° від вертикалі. На газовозах і хімовозах аварійні джерела електричної енергії повинні зберігати працездатність при крені судна до 30° . [25]

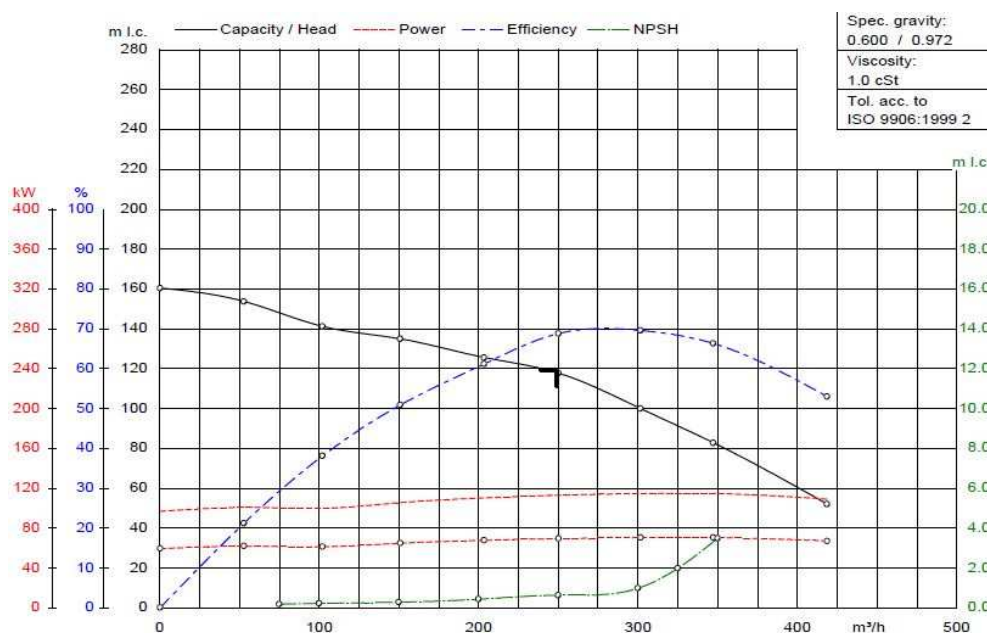


Рисунок 2.2- Крива продуктивності глибинного насосу

Далі необхідна потужність буде зменшуватися зі збільшенням противотиску, так як потужність більше залежить від ємності ніж від підвищення тиску. Тому натиск насосу дорівнює різниці між нагнітанням і всмоктування. Постачальник насоса DW повідомляє про це підвищення тиску в метрах стовпа рідини, що не залежить від щільності вантажу. Перетворення напору в бар здійснюється наступним чином: $y' \cdot \text{mLC} \cdot 0,098 = \text{тиск в барах}$, де: y' = фактична щільність вантажу в кг / дм³ і mLC = метр рідкого стовпа.

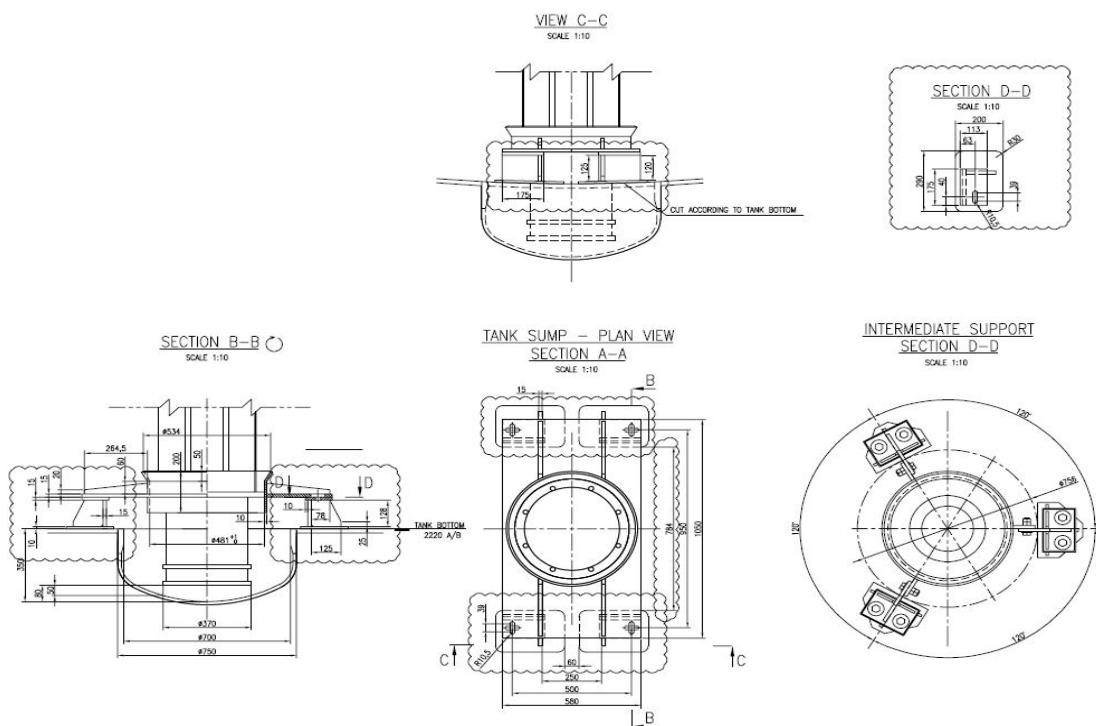


Рисунок 2.3 – Вид глибинного насосу з різних сторін

2.2 Розрахунок та вибір електродвигуна

Розробка автоматизованого електроприводу глибинного насосу, який призначений для переміщення рідкого вантажу, завантаження і вивантаження у вантажні танки.

На судні, для переміщення рідкого вантажу використовується відцентровий насос виробника ALPHA LAVAL, модель 32HSA.

Розрахунок потужності електродвигуна виконується за формулою:

$$P = \frac{k \times \gamma \times Q \times H}{1000 \times \eta_n \times \eta_p}$$

Таблиця 2.2 – Параметри для розрахунку потужності електродвигуна

Capacity (Q)	800 m ³ /h
Discharge Head (H)	7,6 m
Specific Gravity (γ)	8265,5 N/m ³
Power Reserve (k)	110%
Transmission Efficiency (η _p)	96%
Pump Efficiency (η _n)	82%

За цими даними знаходимо потужність електродвигуна:

$$P = \frac{1,1 \times 8265,5 \times 940 \times 15,6}{1000 \times 0,82 \times 3600 \times 0,96} = 46,08 \text{ кВт}$$

У знаменнику пишемо «3600» для того, щоб перевести продуктивність насосу з м³/час на м³/сек [16, 17].

Підбираємо за допомогою каталогу електродвигун виробника АВВ, модель М3АА 250 SMB.

Таблиця 2.3 – Загальні характеристики вибраного електродвигуна

Power, kW	50
Speed, r/min	1500
Efficiency 100% load, %	93,1
Power factor	0,84
Current, A	98
Torque, Nm	355
Weight, kg	286

2.3 Обґрунтування і вибір схеми живлення та управління

В якості системи управління цього насосу було обрано систему плавного пуску (SIEMENS SS 3RW44). Ця система використовується для зменшення пускових струмів асинхронних електродвигунів, що дозволяє подовжити термін служби двигуна. При цьому для двигунів однакової потужності пристрій плавного пуску дешевше частотного перетворювача. Однак щоб плавно запустити електродвигун і не допустити кидка струму, використовуються схеми керування на базі тиристорів.

Пристрій плавного пуску 3RW44 має два антипаралельних тиристора в кожній з фаз. Один тиристор для позитивної і один тиристор для негативної напівхвилі.

Використовуючи управління фазовим кутом за допомогою тиристорів, напруга двигуна збільшується від певного початкового напруги або дономінальної напруги двигуна протягом обраного часу запуску. Струм двигуна діє пропорційно напрузі, що подається на двигун. Таким чином пусковий струм зменшується на коефіцієнт напруги, що подається на двигун.

Крутний момент поводитьься квадратично по відношенню до напруги, що подається на двигун. Таким чином, пусковий момент зменшується квадратично в залежності від напруги, що подається на двигун.

Це означає, що оскільки електронний пристрій плавного пуску контролює напругу мотора під час запуску насоса , він одночасно контролює вхідний пусковий струм і пусковий момент, що виникають в моторі.

Той же принцип використовується і в процесі зупинки. Ефект полягає в тому, що

крутний момент, створюваний в моторі, повільно зменшується, що забезпечує плавну зупинку. Під час цього процесу частота залишається постійною і відповідає частоті мережі, на відміну від частотно-регульованого запуску і зупинки за допомогою перетворювача частоти.

Так як під час роботи не потрібно контролювати напругу мотора, тиристори перемикаються за допомогою вбудованими шунтуючими контактами. Це зменшує втрати тепла, що виникають під час безперервної роботи, що викликано втратою потужності тиристора. Тому, зона навколо комутаційних пристроїв нагріватися менше.

Наступний графік ілюструє роботу плавного пускача 3RW44:

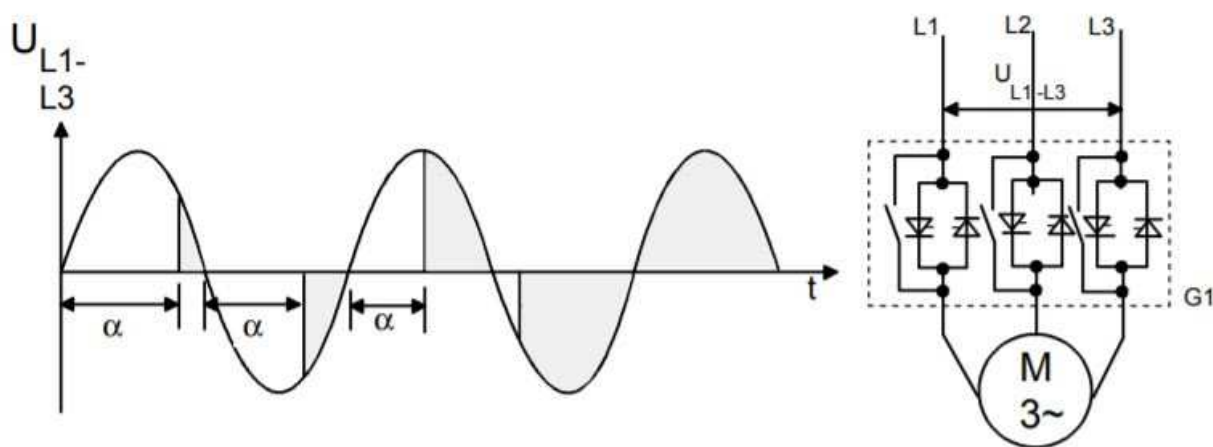


Рисунок 2.4 - Регулювання фазового кута і схема пристрою системи плавного пуску.

2.4 Вибір комутаційно-захисної апаратури та засобів електромагнітної сумісності електроприводу.

Оскільки підшипники та кільця насоса DW змащуються і охолоджуються за допомогою вантажу, не можна допускати, щоб насоси DW працювали більше 5 секунд без вивантаження вантажу.

Зріджений газ в танках завжди знаходяться в точці кипіння, і може виникнути кавітація на стороні всмоктування насоса DW в кінці операції розвантаження. кавітацію можна бути відстрочено шляхом дроселювання нагнітального клапана, що збільшує протитиск. Кавітація насоса DW перериває вантажну операцію, оскільки призводить до падіння потужності до холостого ходу. У цій ситуації насос DW захищається електронним реле струму, яке відключає ланцюг управління насоса DW при мінімальному значенні струму, яке встановлюється в центрі керування двигуном (ЦКД).

Відключення при низькому струмі може бути скасовано вручну на кілька секунд для поліпшення зачистки резервуарів (грузових танків).

Реле струму представляють собою триполюсні реле з біметалічними відключаючими елементами. Струм двигуна проходить через біметалеві відключаючі елементи і нагріває їх прямо чи побічно. У разі перевантаження (перевищення струму) біметалеві елементи згинаються в результаті нагрівання. Це призводить до розмикання реле і зміни положення перемикаючих контактів.

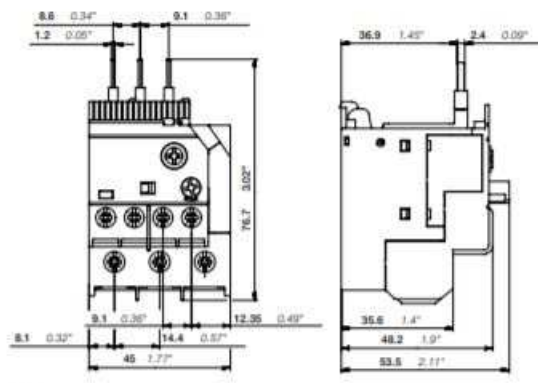


Рисунок 2.5- Загальний вигляд реле струму

3.1 Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості, потужності і типу основних та аварійних генераторних агрегатів СЕЕС.

Розрахунок потужності суднової електростанції виконаний за допомогою табличного методу.

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

$$P_{cy} = P_{дв} \cdot n; \quad (3.1)$$

$$Q_{cy} = P_{cy} \cdot \operatorname{tg} \phi; \quad (3.2)$$

$$S_{cy} = \sqrt{P_{cy}^2 + Q_{cy}^2}, \quad (3.3)$$

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

Q_{cy} – сумарна установлена реактивна потужність;

S_{cy} – сумарна повна потужність;

n – кількість однойменних споживачів.

Коефіцієнт загрузки механізму K_3 визначається на основі аналізу роботи споживачів, суднових пристроїв та судно в цілому. При цьому враховується характер операції, що виконує судно, інтенсивність роботи силової установки, швидкість судна, район та час плавання. Значення цього коефіцієнта для електродвигунів вентиляторів, насосів, компресорів та більшості інших механізмів МКВ змінюється від 0,8 до 0,9. Визначення коефіцієнта одночасності K_0 складається в виявленні кількості резервних споживачів, що входять до загальної кількості споживачів установки. Якщо встановлено тільки два однакових споживача, один з яких використовується як резервний, то $K_0 = 0,5$ для цієї установки.

Для багато кількісних однойменних споживачів (вентилятори, обладнання майстерень, вантажне обладнання) K_0 може змінюватися від 0,7 до 0,8. Для знаходження значень ККД та коефіцієнта потужності режимів використовують універсальні криві залежностей $\eta = f(K_3)$ та $\cos\phi = f(K_3)$ згідно з якими можливо встановити наступне:

Якщо K_3 змінюється від 0,6 до 1, то кожне зменшення K_3 на 0,1 призводить до зменшення ККД на 0,03, а $\cos\phi$ на 0,04. Ця закономірність дозволяє відкоригувати значення ККД та коефіцієнта потужності у всіх режимах роботи судна для кожного механізму.

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

$$P_{CC} = \frac{P_{CY} \cdot K_0 \cdot K_3 \cdot \eta_{\text{реж}} \cdot \cos\phi_{\text{реж}}}{\eta_{\text{ДВ}} \cdot \cos\phi_{\text{ДВ}}}; \quad (3.4)$$

$$Q_{CC} = P_{CC} \cdot \operatorname{tg}\phi_{\text{реж}}; \quad (3.5)$$

$$S_{CC} = \sqrt{P_{CC}^2 + Q_{CC}^2}, \quad (3.6)$$

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

Q_{CC} – сумарна споживна реактивна потужність установки;

S_{CC} – сумарна повна потужність установки;

$\eta_{\text{реж}}$ – ККД режиму;

$\cos\phi$ – коефіцієнт потужності режиму.

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

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

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

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

На цьому складення таблиці завершено. Таблиці навантажень по режимам наведені в Додатку Б1-Б4.

Потужність генераторів вибирають згідно з середнім коефіцієнтом потужності, що визначається відношенням сумарних активної та повної

потужностей. У випадку, якщо $\cos\phi_{\text{ср}} = 0,8$, то генератори треба обирати по активній потужності, в іншому випадку – по повній.

У нашому випадку:

$$\text{у ходовому режимі } \cos\phi_{\text{ср}} = \frac{P_{\text{ср}}}{S_{\text{ср}}} = \frac{1683}{1754} = 0,96; \quad (3.7)$$

$$\text{у режимі, стоянки } \cos\phi_{\text{ср}} = \frac{2413}{2671} = 0,90; \quad (3.8)$$

$$\text{у маневреному режимі } \cos\phi_{\text{ср}} = \frac{1791}{2080} = 0,86; \quad (3.9)$$

$$\text{у аварійному режимі } \cos\phi_{\text{ср}} = \frac{167}{211} = 0,8. \quad (3.10)$$

З цього виходить, що генератори необхідно вибирати по активній потужності. При виборі генераторів необхідно враховувати кількість і потужність генераторів з не залежним приводом та електричних перетворювачів, що входять до складу основного джерела електричної енергії. Вони повинні бути такими, щоб при виході з ладу будь-якого з них залишилися умови забезпечення потреб та можливість:

- підтримки або негайного відновлення живлення електричного обладнання, необхідного для забезпечення руху, керованості судна і його безпеки;
- пуску наймогутнішого електродвигуна з найбільшим пусковим струмом.

При цьому пуск двигуна не повинен викликати такого пониження напруги і частоти в мережі, яка може спричинити випадання з синхронізму, зупинку приводного двигуна генератора, а також відключення працюючих машин і апаратів;

- живлення споживачів, необхідних для запуску гребної установки при знеструмленому стані судна.

Виходячи з вищевикладеного та розрахунку проведеного у додатку Б вибираємо наступні генератори.

Для судна PACIFIC JUPITER було зроблено рішення використовувати :

три основних дизелі генератора, виробника Hyundai , моделі HFC5 - 63514K потужністю 1200 кВт, напругою 450 В, частотою 60 Гц;

- один аварійний дизель генератор, виробника LEROY SOMER , моделі LSA 4P-250 , потужністю 250 кВт, напругою 450 В, частотою 60 Гц.

3.2 Вибір апаратів, приладів, приборів ГРЩ

Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії

Значення напруги акумуляторних батарей визначаються напругою приймачів, які отримують від них електроенергію. Всі батареї на судні PACIFIC JUPITER на мають напругу 24В. Батарея короткочасного аварійного живлення, встановлена додатково до аварійного дизель -генератору, який має напругу 220В (рівне напрузі електромережі аварійного освітлення і ходових сигнально-відмінних вогнів). Таким чином, основним параметром для вибору акумуляторної батареї є значення місткості з урахуванням умов розрядки (струму і часу розрядки, кінцевої напруги).

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для вибору акумуляторної батареї

Приймач елктроенергії	Споживна потужність, кВт	Час роботи, г	Споживний струм, А	Ємність, А/г
1	2	3	4	5
Освітлення МВ	198	3	472	1400
Велике аварійне освітлення	188	3	440	1400
Електронавігаційне обладнання	14	3	32,7	110

1.Сумарне значення ємності, необхідної для роботи приймачів

$$C_{o.п.} = C_1 + C_2 + C_3 = 1400 + 1400 = 2800 \text{ Ач} \quad (3.11)$$

2.Середнє значення струму розрядки акумуляторної батареї

$$I_{p.б.} = C_{o.п.}/t_p = 2800/3 = 930A \quad (3.12)$$

3.Струм розрядки

$$I_{p.a.} = I_{p.б.}/n = 930/4 = 232,5 A \quad (3.13)$$

n -кількість паралельно з'єднаних акумуляторних батарей

k_1 -коефіцієнт, який враховує зниження ємності від краткочасних струмів розрядки

Виходячи із розрахунку обираємо акумуляторні батареї фірми HAZE Battery Ltd.

Кожна група батарей буде складатися з 2-х акумуляторів для отримання 24 В напруги. Вибір перетворювачів залежить від призначення, вхідних та вихідних параметрів та схеми використання їх у даному електротехнічному комплексі і зроблений на індивідуальних для кожного випадка методиках.

Вибір трансформаторів СЕЕС

Вибір трансформаторів виконується згідно максимальної допустимої потужності споживачів електроенергії:

- До РЩ освітлення підключений трансформатор напруги 440/220(230) 120KVa, фірми TAIZHOU HAICHUAN ELECTRICAL EQUIPMENT MANUFACTURE CO.,LTD.

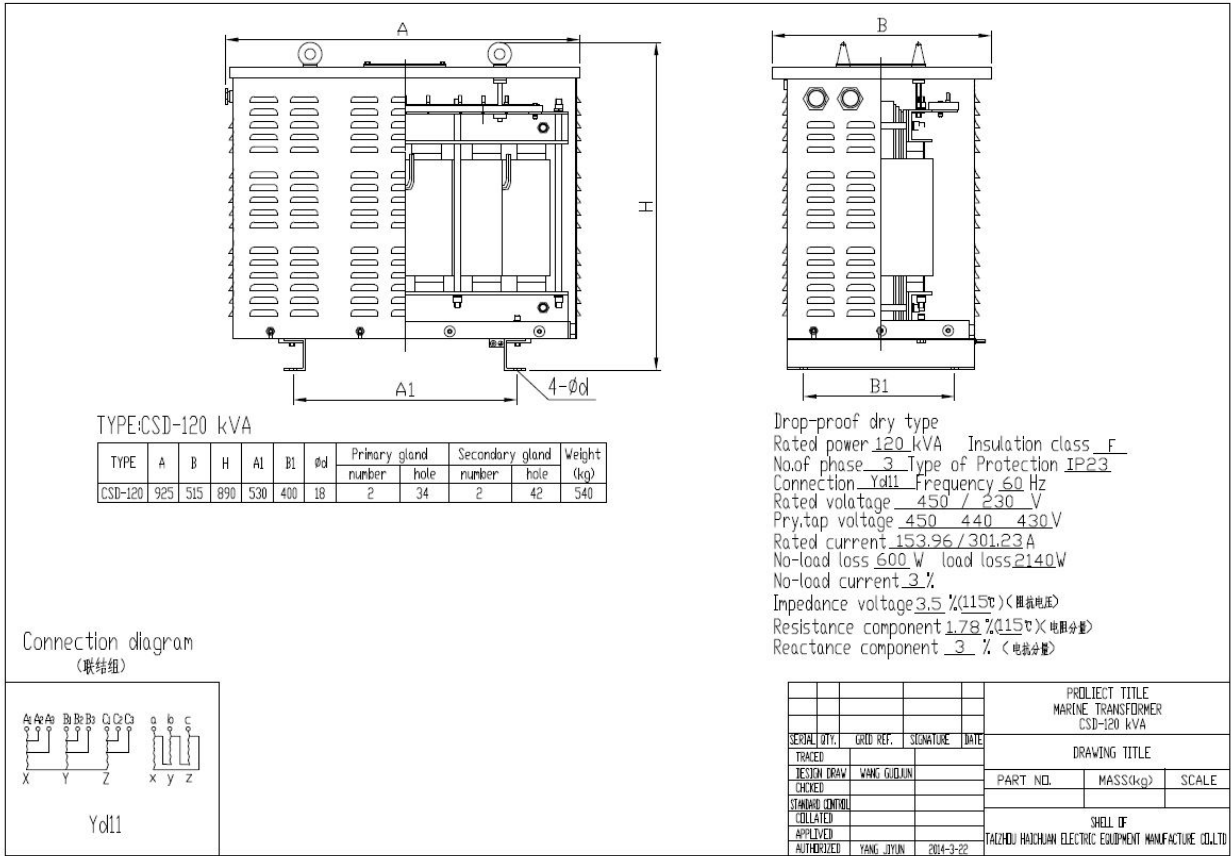


Рисунок 3.4 - трансформатор напруги 440/220(230) 120KVа

- До споживачів навігаційного обл. підключений трансформатор напруги 440/220(230) 50KVа, фірми TAIZHOU HAICHUAN ELECTRICAL EQUIPMENT MANUFACTURE CO.,LTD.

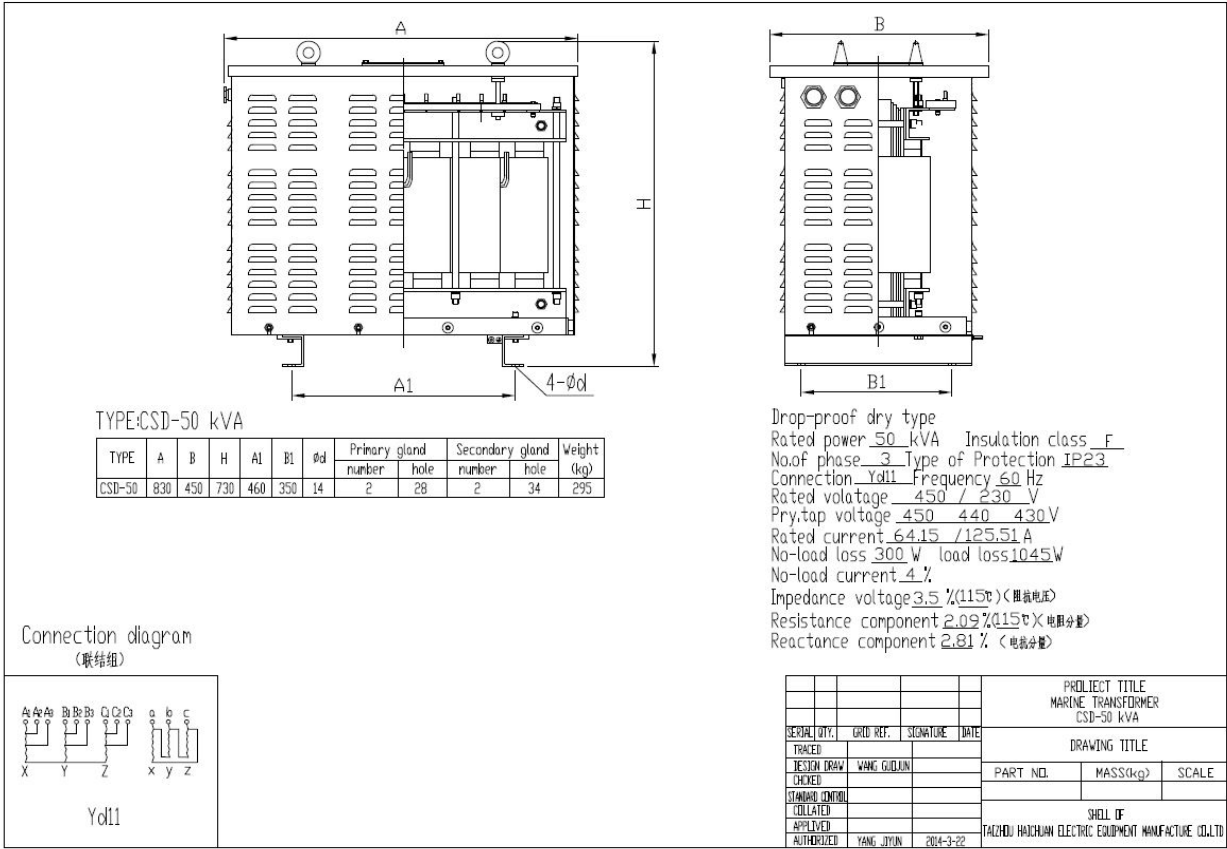


Рисунок 3.5 - трансформатор напруги 440/220(230) 50KVа

- До споживачів лебідок та підрул. пристрою підключений трансформатор напруги 440/440(450) 75KVа, фірми TAIZHOU HAICHUAN ELECTRICAL EQUIPMENT MANUFACTURE CO.,LTD.

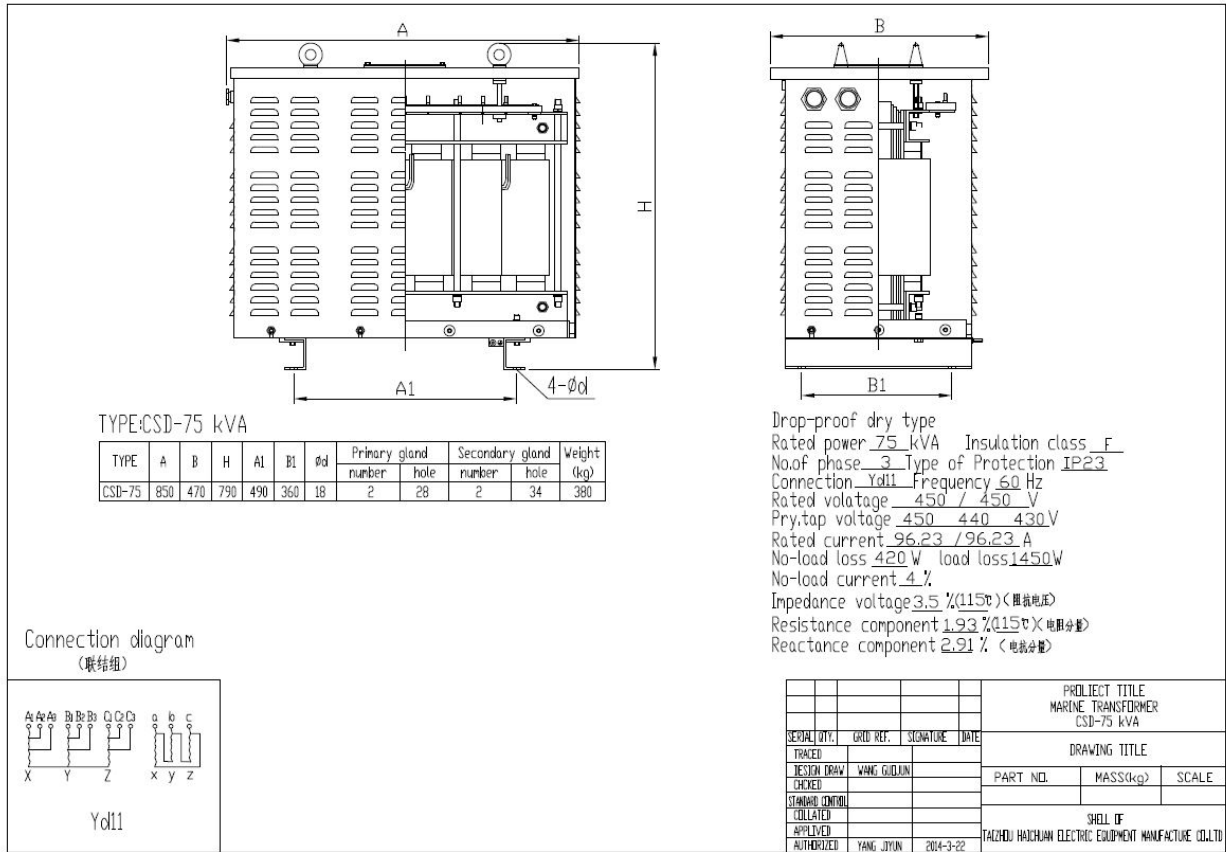


Рисунок 3.6 - трансформатор напруги 440/440(450) 75KVа

- До АРЩ аварійного освітлення підключений трансформатор напруги 440/220(230) 15KVа, фірми TAIZHOU HAICHUAN ELECTRICAL EQUIPMENT MANUFACTURE CO.,LTD.

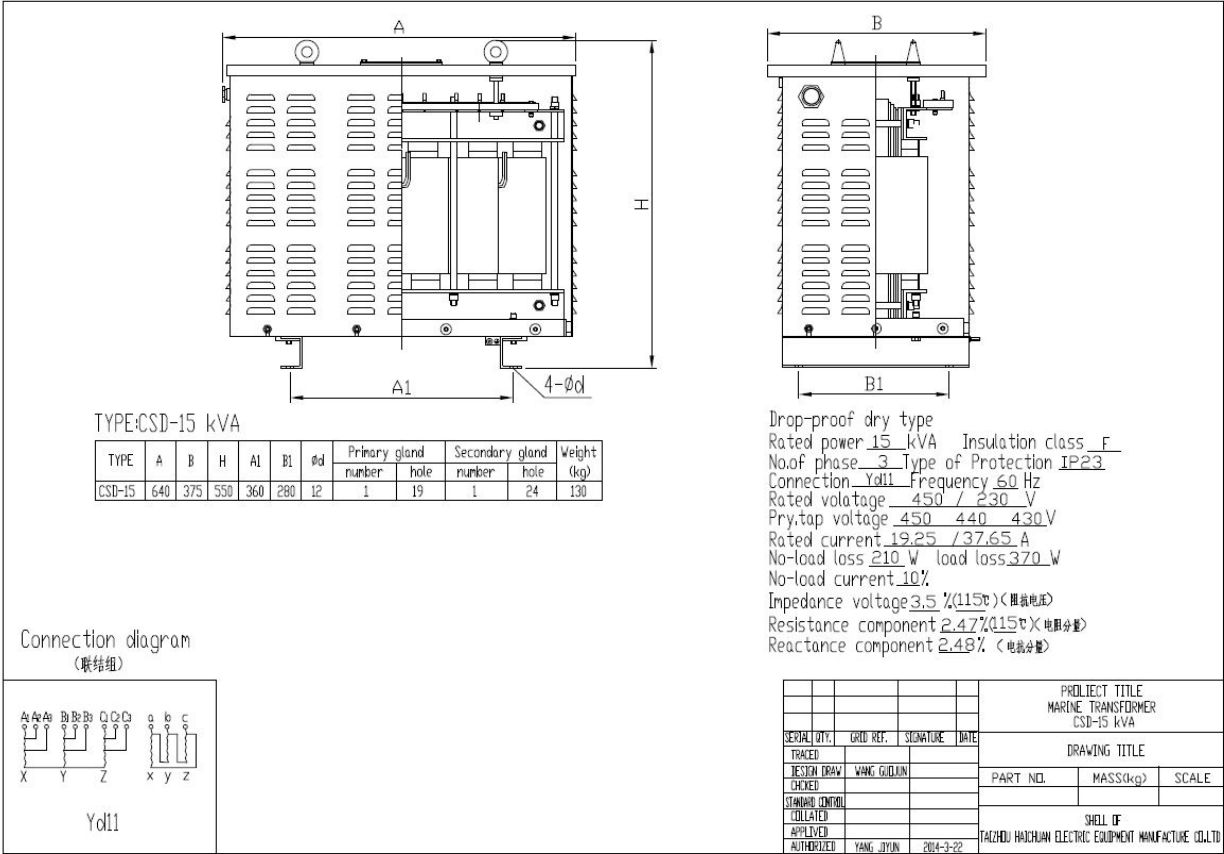


Рисунок 3.7 - трансформатор напруги 440/220(230) 15KVa

Вибір комутаційної апаратури

Комутаційна і захисна апаратура, встановлена на суднових РЩ, повинна володіти такими основними якостями: простотою і міцністю конструкцій мінімальних мас і розмірів, підвищену зносостійкість, надійністю роботи при значних вологості і коливаннях температур, стабільністю характеристик при вібрації і ударних навантаженнях, можливістю швидкої заміни змінних деталей .

На судні PACIFIC JUPITER зазвичай використовують комбінований тип розмикачей для захисту. Розмикач (AR332S) від компанії **TERASAKI**.

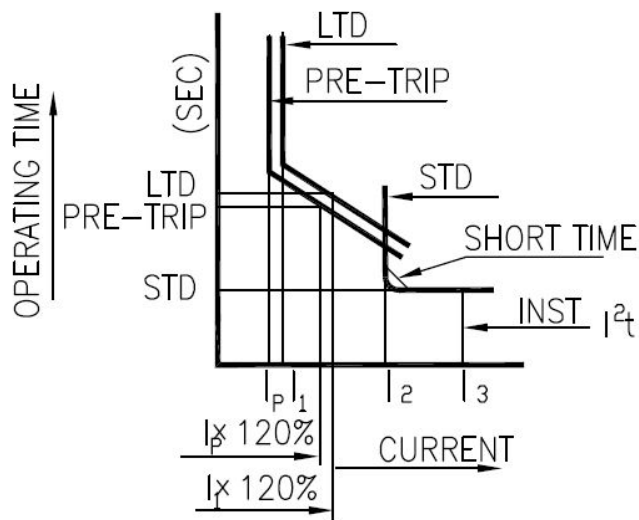


Рисунок 3.8 - Робоча хар-ка розмикача **AR332S**

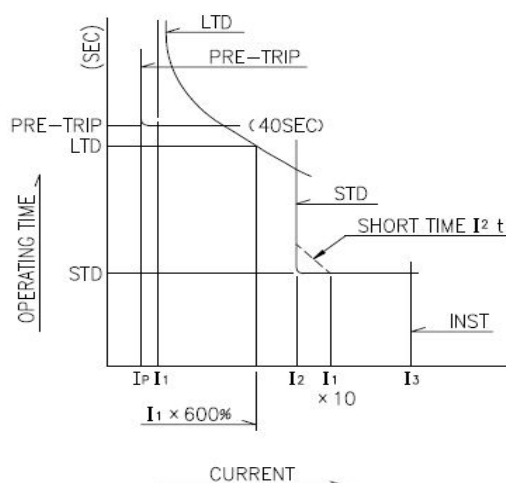


Рисунок 3.9 - Струмо-часова хар-ка розмикача **AR332S**

Розмикач мінімальної напруги (UVT) відключає автоматичний вимикач, коли керуюча напруга падає нижче напруги розмикання (35 - 70% від номінальної напруги). Коли керуюча напруга відновиться до напруги спрацьовування, АВС може бути закритий. Напруга спрацьовування встановлюється на 85% від номінальної напруги. Тип AUR-ICD забезпечує відключення з затримкою для АСВ, коли керуюча напруга залишається нижче напруги розмикання протягом не менше 500 мс.

Через особливості вантажу який перевозить судно PACIFIC JUPITER , на судні використовуються спеціальні запобіжники. Один з таких представлений на рис.10 . Термічний запобіжник компанії **MIDLAND ACS**. Робочий тиск даного запобіжника становить до 12 бар, в середовищі газу і рідин. В запобіжник вбудований оптичний індикатор стану середовища.

THERMAL FUSES AND VISUAL INDICATOR

General Descriptions

Thermal Fuses

316 Stainless Steel thermal fuses for fire release. Available for 6 temperature settings.

Visual Indicators

Compact 316 Stainless Steel panel mounted visual indicator with various colour options.

Operating Medium

Gases

Filtered lubricated or non-lubricated air, inert gas, sweet (natural) gases. Sour gas option available. (details on application)

Liquids

Low pressure hydraulic, mineral oil or water.

Functional Symbols

Thermal fuse



Visual indicator



Technical Data

Working pressure (gases & liquids)

- Thermal Fuses
12 bar (174 psi)
- Visual Indicator
1 to 12 bar (14.5 to 174 psi)

Working temperature

- Thermal Fuses
 - 20°C to + 70°C (-4°F to +158°F)
 - 20°C to + 96°C (-4°F to +205°F)
 - 20°C to +102°C (-4°F to +216°F)
 - 20°C to +124°C (-4°F to +255°F)
 - 20°C to +137°C (-4°F to +279°F)
 - 20°C to +200°C (-4°F to +392°F)

- Visual Indicator
20°C to +65°C (36°F to +149°F)

Maximum flow

L/min (SCFM) -Cv(Kv)

- 6 bar (87 psi), 1 bar (14.5 psi) differential
- Thermal Fuses
1/2" 5800 (205) - 5.8 (90)



Construction Materials

- Stainless Steel AISI 316L to NACE MR-0175 Body
- Stainless steel AISI 316L to NACE MR-0175 Internals
- 316 Stainless Steel Springs
- Nitrile Seals
- Visual Indicator piston Acetal
- Visual Indicator assembly Acetal with acrylic lens

Рисунок 3.10 - Термічний запобіжник компанії **MIDLAND ACS**

3.3 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка схем ГРІЩ та АРІЩ

ГРІЩ повинний мати генераторні панелі для кожного генератора і, по можливості, для груп механізмів, освітлення, вентиляції. Конструкція РЩ повинна бути жорсткою, кожний прилад або устрій повинні встановлюватися так, щоб їхня заміна або ремонт могли бути здійснені з мінімальним розбиранням. На судні PACIFIC JUPITER використовуються 2 види змінного

струму, а саме 440В та 220. Основним видом напруги для живлення електромоторів на судні є 440В, трансформатори забезпечують живленням розподільні щити з обох сторін ГРЩ. У випадку коли судно стоїть на причалі живлення розподільного щита 440В відбувається на пряму з резервного генератора. Однолінійна схема ГРЩ та АРЩ зображена у Додатку В.

Розробка лицевої схеми ГРЩ

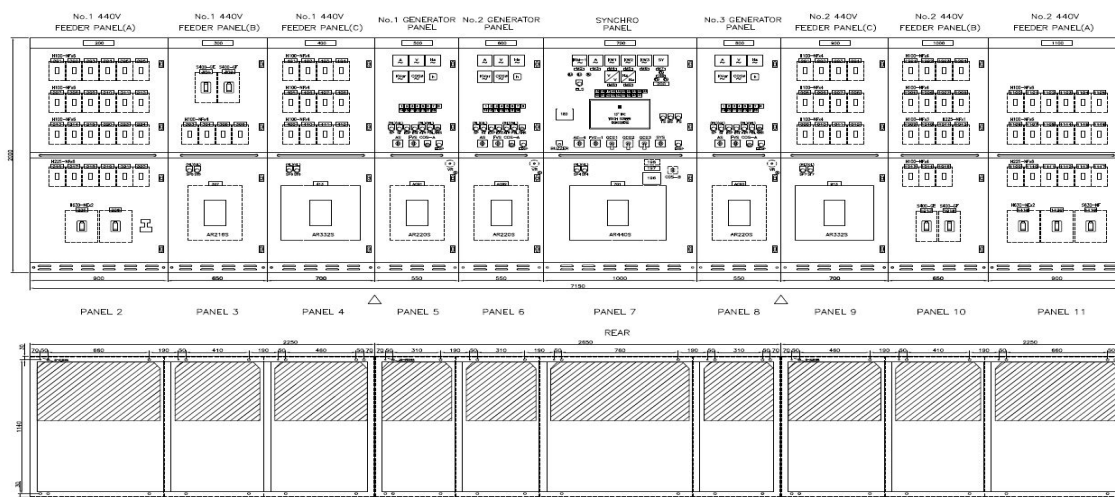


Рисунок 3.1 - Зображення лицевої схеми ГРЩ

3.4 Розрахунок струмів короткого замикання

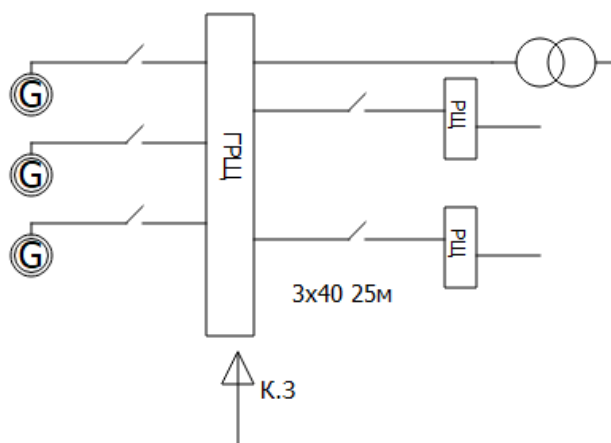


Рисунок 3.2 – Схема ГРЩ

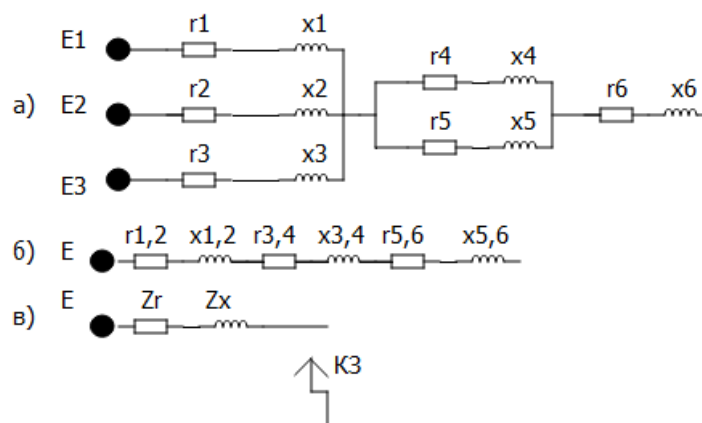


Рисунок 3.3 – Еквівалентна схема (заміщення)

Розрахунок струмів короткого замикання починається з вибору точки КЗ, у цій роботі показаний розрахунок точки короткого замикання на шині ГРЩ у режимі стоянки з грузовими операціями, так як цей режим являється одним із основних режимів роботи СЕЕС.

Передбачається КЗ на шинах ГРЩ у режимі стоянки з грузовими операціями тобто режимі коли працюють 3 генератори.

Для нашого генератора приймаємо:

Зверх перехідний опір по подовжній осі $X_d = 0.1 \text{ Ом}$

Активний опір фази статора $r_a = 0.008 \text{ Ом}$

Виходячи з номінального струму генератора рівного 110 А в якості кабелю з'єднуючого ГРЩ із генератором вибираємо чотири паралельно прокладені спеціальні високовольтні кабелі марки КНР перетином $3 \times 1 \times 80 \text{ мм}^2$. Активний перетин кабелю $r = 0,05 \text{ Ом/км}$, реактивне $x = 0,051 \text{ Ом/км}$. Розрахункову довжину кабелю приймаємо рівної 24.5 м. У такий спосіб розрахункове значення опору кабелю

Опір 3 паралельно прокладених кабелів довжиною близько 24.5 метрів складає:

$$r_{\text{каб}} = 0,0009 \text{ Ом}$$

$$x_{\text{каб}} = 0,00077 \text{ Ом}$$

Приймаємо опір автомата рівним:

$$r_{ав} = 0,022 \text{ Ом},$$

$$x_{ав} = 0,06 \text{ Ом}.$$

Приймаємо активний опір контактів, що підходять до ГРЩ кабелів рівним:

$$r_{кон} = 0.025 \text{ Ом}.$$

Складаємо розрахункову схему для визначення струму КЗ при короткому замиканні на шинах ГРЩ. Базисну потужність приймаємо рівній сумі потужностей генераторів, базисна напруга – рівним номінальній напрузі генераторів (на шинах ГРЩ), тобто $S_6 = 225 + 225 = 450 \text{ кВА}$; $U_6 = 440 \text{ В}$; $I_6 = 110 + 110 = 220 \text{ А}$.

Визначаємо значення опорів обмоток статора генераторів:

Активні

$$r_1 = r_2 = r_a \cdot \frac{S_6 \cdot 1000}{U_6 \cdot U_6} \quad (3.14)$$

$$r_1 = r_2 = 0,008 \cdot \frac{450 \cdot 1000}{440 \cdot 440} = 0,018 \text{ Ом}$$

Реактивні

$$x_1 = x_2 = x''_d \cdot \frac{S_6}{S_{1,2}} \quad (3.15)$$

$$x_1 = x_2 = 0,1 \cdot \frac{450}{225} = 0.2 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір автоматичних вимикачів, контактів і кабелів:

Активне:

$$r_3 = r_4 = (r_{ав} + r_{каб} + r_{кон}) \cdot \frac{S_6 \cdot 1000}{U_6 \cdot U_6} \quad (3.16)$$

$$r_3 = r_4 = (0,0009 + 0,022 + 0,025) \cdot \frac{450 \cdot 1000}{440 \cdot 440} = 0,011 \text{ Ом}$$

Реактивне:

$$x_3 = x_4 = (x_{ав} + x_{каб}) \cdot \frac{S_6 \cdot 1000}{U_6 \cdot U_6} \quad (3.17)$$

$$x_3 = x_4 = (0,06 + 0,00077) \cdot \frac{450 \cdot 1000}{440 \cdot 440} = 0,14 \text{ Ом}$$

Визначаємо опір генераторних віток:

Активні

$$r_5 = r_6 = r_1 + r_3 = r_2 + r_4 \quad (3.18)$$

$$r_5 = r_6 = 0,018 + 0,011 = 0,029 \text{ Ом}$$

Реактивні

$$x_5 = x_6 = x_1 + x_3 = x_2 + x_4 \quad (3.19)$$

$$x_5 = x_6 = 0,2 + 0,14 = 0,34 \text{ Ом}$$

Для визначення еквівалентного опору двох генераторних віток скористаємося комплексною формою їхнього вираження:

$$Z_5 = Z_6 = r_5 + jx_5 = r_6 + jx_6 \quad (3.20)$$

$$Z_5 = Z_6 = 0,029 + j0,34$$

$$Z_7 = \frac{Z_5 \cdot Z_6}{Z_5 + Z_6} \quad (3.21)$$

$$Z_7 = \frac{(0.029 + j0.16) \cdot (0.029 + j0.16)}{(0.029 + j0.16) + (0.029 + j0.16)} = 0.0014 + j0.08$$

$$r_7 = 0.0014 \text{ Ом}; x_7 = 0.08 \text{ Ом}$$

$$Z_7 = \sqrt{r_7^2 + x_7^2} \quad (3.22)$$

$$Z_7 = \sqrt{0.0014^2 + 0.08^2} = 0.08 \text{ Ом}$$

Отримані опори r_7 , x_7 , Z_7 є результуючими при короткому замиканні на шинах ГРЩ. По розрахункових кривих відповідно $Z_7 = 0,08$ визначаємо $I_0 = 2,3$; $I_{0.01} = 2$; $I_{0.6} = 1.6$; $I_\infty = 1.6$. Ударний струм короткого замикання генератора розраховується згідно з даними монограми.

$$i_{\text{уд.кз}} = 2 \cdot I_0 (I_{0.01} + I_0 (k_{\text{уд}} - 1)) \quad (3.23)$$

$$i_{\text{уд.кз}} = 2 \cdot 220 \cdot (2 + 2,3(2.08 - 1)) = 1972 \text{ А.}$$

Таким чином ударний струм короткого замикання на відстані точки короткого замикання на фідерах від розподільних пристроїв 24,5 м при паралельній роботі двох генераторів складає $i_{\text{уд.кз}} = 1972 \text{ А}$

Для вибору генераторних автоматів необхідно встановити умови за якими вони будуть обиратися.

Напруга на яку розрахований ГА повинна бути більшою або дорівнювати напрузі мережі

Струм на який розрахований ГА повинен бути більшим або дорівнювати струму мережі: $U_{роб} = 440\text{В}$; $I_{роб} = 110\text{ А}$

Якщо враховувати умову

$$I_{н.р} = 1,1 * I_{роб} \quad (3.24)$$

$$\text{то } I_{н.р} = 1,1 * 110 = 284 \text{ (А)}$$

Для даної електростанції згідно з табличними даними підходять 2-х полюсні вимикачі від компанії **TERASAKI** типу **AVT-27**.

- номінальна напруга 1.2кВ
- номінальна частота 50/60Гц
- номінальний струм вакуумного вимикача до 500А
- номінальний струм короткого замикання на розрив 10кА
- номінальний струм короткого замикання 10кА
- час спрацювання вимикача 0,03-0,05 с

Вибір шин ГРЩ

Робочий струм для вибору перетину шин визначають по номінальній потужності, яка може передаватися по шинам ГРЩ.

Сумарна потужність генераторів підключених до ГРЩ загалом складає 3600 кВт, враховуючи напругу на генераторах, струм який буде протікати при максимальному навантаженні буде складати приблизно 750А, але зважаючи

на те що ГРЩ може працювати разом необхідно збільшити максимальну пропускну спроможність у 2 рази до ~1500 А, згідно з табличними даними розмір шин однієї з фаз складатиме:

- Розмір великої сторони шини 90 мм
- Розмір маленької сторони шини 6 мм
- Кількість шин на одну фазу 1
- Дистанція між осями шин 140 мм
- Дистанція між опорами 1 м

3.6 Вибір системи збудження генераторів

Вибрані генератори фірми Hyundai , моделі HFC5 -63514K потужністю 1200 кВт , є синхронними безщітковими генераторами повністю закритого типу з повітряним охолодженням. Генератори оснащені системою збудження THYRIPART із вбудованим автоматичним регулятором напруги.

АРН працює за принципом відхилення регульованої величини напруги від заданого значення і складається із: вимірювального органу, підсилювача та регулюючого елемента.

Використовуються різні схеми та пристрої АРН: електромагнітні, цифрові на напівпровідникових елементах. В залежності від системи збудження генератора вихідний сигнал АРН надходить на обмотку збудження збуджувача , додаткову обмотку збуджувача, на обмотку управління трансформатора фазового компаундування — обмотку управління ТФК.

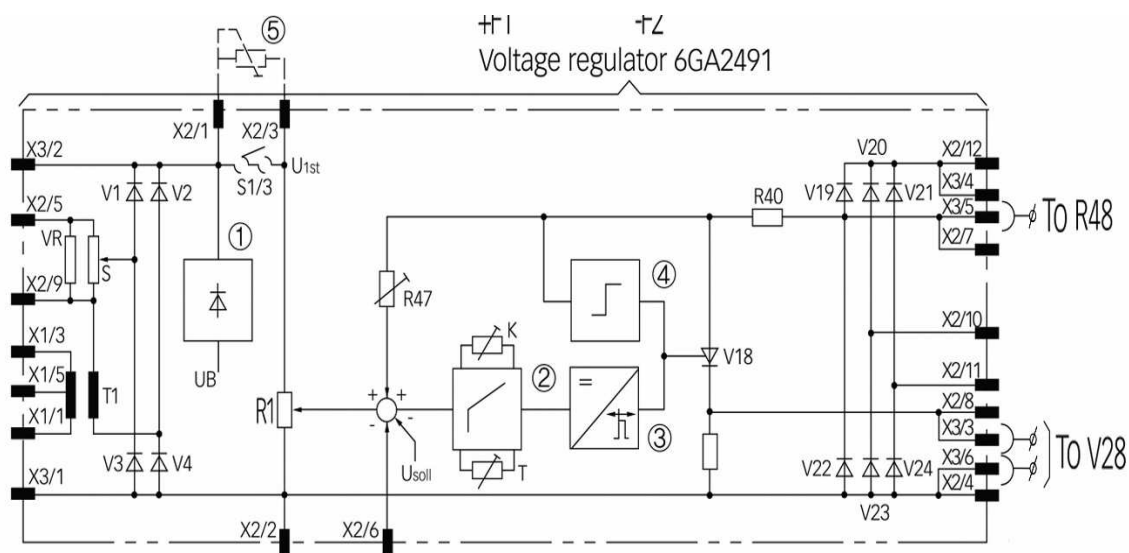


Рисунок 3.11 – Схема регулятора напруги THYRIPART

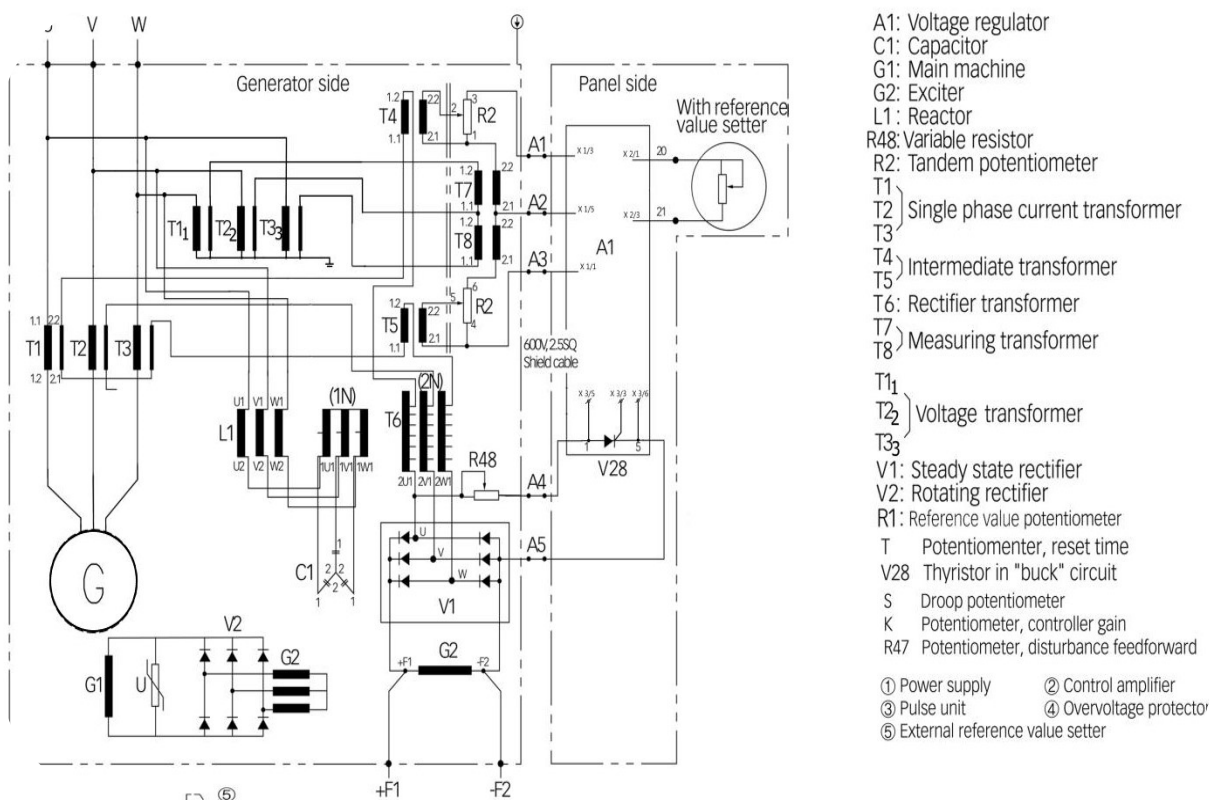


Рисунок 3.12 – Принципова схема системи збудження та регулювання напруги типу THYRIPART

Принципова схема систем самозбудження та регулювання напруги типу THYRIPART складається з:

- A1 – регулятор напруги;
- C1 – блок конденсаторів;
- G1 – синхронний генератор;
- G2 – збуджувач;
- L1 – реактор;
- R48 – регулюючий потенціометр;
- R2 – регулюючий потенціометр;
- T1, T2, T3 – токовий трансформатор;
- T4, T5 – трансформатор напруги;
- T6 – трансформатор кола випрямлення;
- T7, T8 – вимірювальний трансформатор;
- T1₁, T2₂, T3₃ – трансформатор напруги;
- V1 – стаціонарний випрямляч;
- V2 – обертаючі випрямлячі;
- R1 – регулюючий потенціометр;
- T – регулюючий потенціометр циклу часу;
- V28 – головний тиристор;
- S – регулюючий потенціометр;
- K – регулюючий потенціометр коефіцієнту підсилювання;
- R47 – регулюючий потенціометр кола порівняння управляючого підсилювача для регулювання динамічного режиму;
- 1 – блок живлення;
- 2 – підсилювач;
- 3 – блок формування імпульсів;
- 4 – захист перенапруги;
- 5 – зовнішній реостат.

Принцип дії. Безщітковий синхронний генератор складається з головної машини та машини збудження. Обмотка збудження головної машини отримує живлення через трифазний випрямний міст, що обертається разом з ротором. Система збудження та тиристорний контролер напруги зкомбіновані в системі збудження THIRYPART. Струм збудження потребує живлення з головної машини через систему збудження, яка регулює струм в обмотці збудження збудника у всьому діапазоні навантаження генератора, коли контролер напруги вимкнено. Головною функцією контролера напруги є забезпечення відбору частини струму, що живить обмотку збудження збудника, для контролю напруги генератора.

В схемі статора генератора ввімкнений ТФК. Обмотка трансформатора приєднана паралельно генераторній забезпечує в вихідній обмотці струм пропорційний напрузі генератора. Так як в обмотці трансформатора послідовно ввімкнено реактор, то струм відстає від напруги на 90 гр.

Початкове самозбудження виконується полем залишкового магнетизму в полюсах ротора. Для підвищення наростання в схемі виконано резонансний контур, котрий настроюють на резонанс напруги.

Струмова обмотка ТФК ввімкнена послідовно в ланцюзі статора та забезпечують в вихідній обмотці струм пропорціональний струму напруги генератора. Повний струм в вихідній обмотці трансформатора являється геометричною сумою вище наведених струмів. За допомогою схеми випрямлення змінний струм вихідної обмотки трансформатора випрямляється й подається на обмотку збудження G2.

Тиристорний регулятор напруги. Коли працює один генератор тиристорний регулятор напруги тримає напругу генератора на встановленому рівні. Частота обертання первинного двигуна не впливає на точність вихідної напруги генератора. Конструкція та настройка головної машини, машини збудження, системи збудження та тиристорного регулятора напруги дозволяє змінювати вихідну напругу генератора в діапазоні від 95 % до 105% від номінальної за допомогою потенціометра при навантаженні від нуля до

номінального та коефіцієнті потужності від 0,8 до 1,0. Можлива робота генератора без навантаження (відкритий генераторний автомат) та на обертах, менших за номінальні, дозволяється.

Під час роботи ланцюг збудження не повинен бути розірваний, тому що це може спричинити хвилеподібне зростання напруги. Якщо збудження генератора має бути миттєво зменшено потрібно замкнути накоротко обмотку збудження збудника. Не рекомендується здійснювати регулювання, змінюючи заводські положення трансформаторів.

Напрямок обертання генератора. Генератор може використовуватись з первинними двигунами, які можуть обертатись як у напрямку руху годинникової стрілки, та і проти неї. Генератори, які обертаються в одну певну сторону повинні мати відповідні позначення у вигляді стрілок з надписом „Тільки у цьому напрямку”. Якщо з електричних причин допустимий тільки один напрям, система збудження з'єднується для роботи згідно з документацією. Для зміни напрямку обертання необхідно змінити з'єднання згідно з діаграмою та перевірити, чи можлива зміна напрямку з механічної сторони.

Модуль контролю. Модуль контролю складається з резисторів, за допомогою яких можна регулювати номінальну напругу генератора під час роботи. Відповідне з'єднання їх стабілізує контрольне коло та зменшує уставку. Уставка напруги генератора може бути зміщена за допомогою потенціометра.

Паралельна робота генераторів. Генератор може працювати у паралелі з іншим генератором або з береговою мережею якщо забезпечується компенсація нахилу статичної характеристики. Розподіл активної потужності здійснюється регулятором первинного двигуна. Швидкісна характеристика первинного двигуна повинна бути лінійною (мін. 3% та макс. 5%) при накиді навантаження від 0 до 100%. Система компенсації нахилу статичної характеристики забезпечує розподіл реактивного навантаження та зменшення вихідної напруги генератора якщо зростає реактивний струм. Система

компенсації регулює нахил статичної характеристики генератора від 6% при коефіцієнті потужності 0 та 100% якщо коефіцієнт потужності дорівнює номінальному у всьому діапазоні навантаження генератора. Під час одиночної роботи або під час роботи у паралелі з генератором, що має такий самий статизм точність регулювання напруги становить 1,8%. При одиночній роботі система компенсації нахилу статичної характеристики не потрібна і вона вимикається шляхом короткого замикання вторинної обмотки проміжного трансформатора.

Обслуговування. Система самозбудження синхронного безщіткового генератора з системою самозбудження THIRYPART потребує періодичного обслуговування. У разі несправності бажано діяти згідно інструкції виробника.

3.7 Розрахунок провалу напруги під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії

Особливістю суднових електростанцій є наявність потужних асинхронних короткозамкнених двигунів. Відсутність колектора дає можливість здійснювати пуск без пускових реостатів, використовуючи найпростіші схем пуску. Однак, пусковий струм під час розгону таких двигунів в 5-7 раз перевищує номінальний, саме тому у схемі встановлений метод пуску “зірка- трикутник”. Якщо потужність електродвигуна складає, наприклад 30% від потужності синхронного генератора, то в момент пуску струм двигуна до номінального струму генератора буде складати 150-200%. При наброді подібних індуктивних струмів синхронні генератори дуже розмагнічуються та на деякий час знижують напругу, що прийнято називати провалом напруги.

Розрахунок провалу напруги генератора необхідно виконувати для випадку підключення найбільш потужних асинхронних двигунів. В якості найбільш потужного споживача без приводу частотного регулювання виступає двигун грузового копресора.

Таблиця 3.2 - СГ “HYUNDAI HFC5 - 63514K”

Тип	Мощность		Ток статора А, при напряжении		КПД %	Частота вращения , об/мин
	кВА	кВт	230В	440В		
HYUNDAI M.	1600	1200	-	332	90	750
HYUNDAI M.	X_d	X'_d	X''_d	T'_d		
HYUNDAI M.	1.14	0.19	0.14	0.20		

Двигун грузового компресора

потужність P_d 420 кВт;

напруга U 450 В;

коефіцієнт потужності $\cos \varphi$ 0,86;

номінальний струм I_n 675 А;

кратність пускового струму K_p 3.7 ;

Розрахуємо потужність, що споживається при пуску даного двигуна:

$$S_{\text{поч}} = \sqrt{3} \cdot U_{\text{дв}} \cdot I_n \cdot K_p \quad (3.23)$$

Де:

U – напруга двигуна

I_n - номінальний струм

K_p – кратність пускового струму двигуна.

$$P_{\Pi} = \sqrt{3} \cdot 450 \cdot 675 \cdot 3,7 = 630 \text{ кВт}$$

Реактивний опір генератора:

$$x_d''' = \frac{x_d' + x_d''}{2} \quad (3.24)$$

$$x_d''' = \frac{0,19 + 0,14}{2} = 0,17 \text{ Ом}$$

Для обчислення вихідної реактивної потужності скористуємося формулою:

$$X_L = \frac{S_{\Gamma}}{S_{\text{ДВ}}} \quad (3.25)$$

$$X_L = \frac{1200}{630} = 1,9 \text{ Ом}$$

Падіння напруги:
$$\Delta U = \frac{x_d'''}{x_d''' + X_L} \cdot 100\% \quad (3.26)$$

$$\Delta U = \frac{0,08}{0,08 + 1,9} \cdot 100\% \approx 4,04\%$$

Отже провал напруги при запуску електродвигуна складає 4,04% що є допустимим і відповідає вимогам Регістру судноплавства. Система автоматизації яка встановлена на борту не допустить запуск електромоторів якщо до шин ГРЩ не буде підключено достатньо потужності.

3.9 Розрахунок провалу напруги на кабелі найбільш віддаленого споживача

Для розрахунку провалу напруги потрібно:

- Розрахувати допустиме навантаження на кабель

$$I_k = I_1 \cdot k_n \cdot k_{\text{реж}} \cdot k_{\text{пр}} \quad (3.27)$$

Де: I_1 - допустиме навантаження струму для багатожильного кабелю;

k_n - поправочний коефіцієнт, враховуючи кількість жил в кабелі,

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

k_{t° - поправочний коефіцієнт враховуючий температуру навколишнього середовища,

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

Для розрахунку вибираємо електродвигуни грузового компресора 420 кВт, з номінальним струмом 675 А. Вибираємо кабель з ізоляцією із гуми перерізом $3 \cdot 210 \text{ мм}^2$, з наступними характеристиками $I_1 = 510 \text{ А}$, $K_n = 0,7$ для трьох жильного кабелю $K_{\text{реж}} = 1,3$ для ПВ 40% при $I_1 = 440 \text{ А}$, $k_t = 1$ для температури 40°C ; $k_{\text{пр}} = 0,85$ для випадку, коли доступ повітря складний, у нашому випадку прокладка кабелю виконана по кабель трасі, яка вбудована під вантажну компресорну.

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

Для визначення падіння напруги у судових системах трифазного струму використовують формулу:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{\text{роз}} \cdot l}{\gamma \cdot U_H \cdot S} \cdot 100\% \quad (3.28)$$

ΔU - падіння напруги, %;

l - довжина лінії, м;

$I_{роз}$ - розрахунковий струм, А;

удільна провідність міді $\gamma = 48 \frac{\text{М}}{\text{Ом} \cdot \text{мм}^2}$;

U_H - номінальна напруга, В;

S - передізіз токопроводящих жил.

$S = 210 \text{ мм}^2$, $U_H = 440 \text{ В}$, $I_{раз} = 394 \text{ А}$, $l = 130 \text{ м}$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 394 \cdot 130}{48 \cdot 440 \cdot 185} \cdot 100\% = 2.27\%$$

Кабель вибраний вірно, тому що падіння напруги на лінії складає 1.7%, що менше встановленого регістром 7%.

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

Схема процесу автоматичного управління структурою СЕЕС на основі конструктивно-алгоритмічного методу може бути представлена у вигляді, показаному на рисунок 3.13.

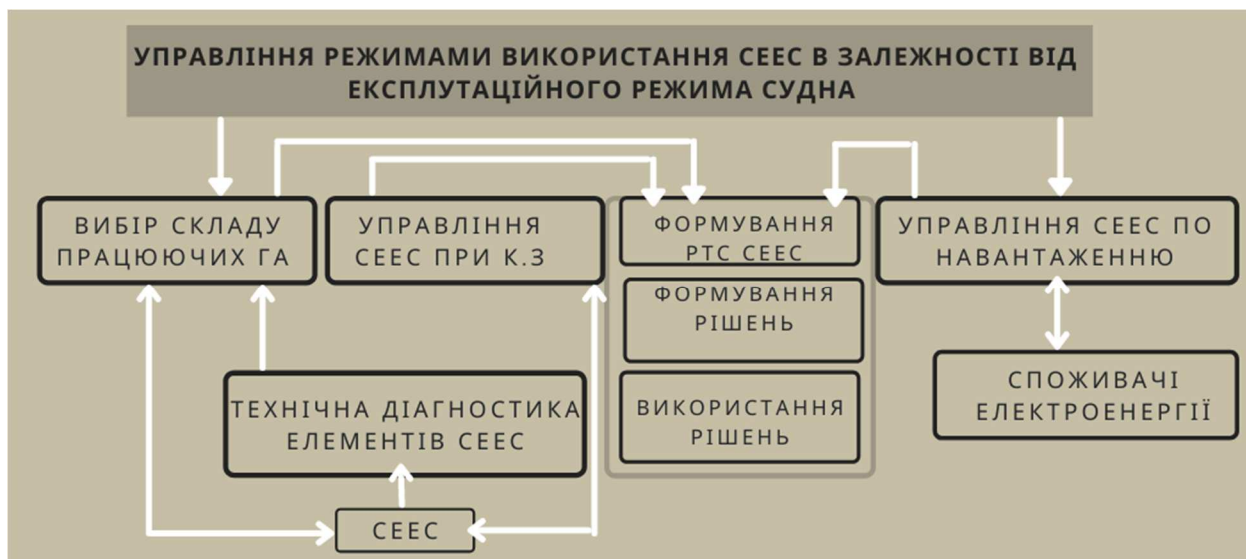


Рисунок 3.13 – Структурна схема автоматизованої системи управління(АСУ) СЕЕС

З цієї схеми видно, що загальний алгоритм автоматичного управління структурою СЕЕС повинен включати наступні інформаційно-зв'язані алгоритми: - вибір складу працюючих ГА (управління джерелами електроенергії); - управління СЕЕС по навантаженню; - управління при к. з. у СЕЕС; - управління автоматичними вимикачами СЕЕС. До аварійних відносять: - сигнали про к.з. у СЕЕС; - негайного відключення ГА у разі їх аварійного стану; - відключення ГА у разі їх тривалого перевантаження (наприклад, струмом понад 150 % від його номінального значення). - До передаварійних (попереджувальних) сигналів відносять сигнали поступових відмов, а також перевантаження ГА (1-х і 2-х рівнів).

Блок-схема послідовності виконання алгоритмів, що входять в загальний алгоритм автоматичного управління структурою СЕЕС, що забезпечується провідним алгоритмом (алгоритмом-«диспетчером»), приведена на рисунку 3.14 де позначені:

S н – початок

A 1 - вихідні дані по СЕЕС;

А 2 - дані по включенню і відключенню елементів СЕЕС при технічному обслуговуванні і ремонті;

А 3 - введення даних щодо зміни режиму використання СЕЕС залежно від А 4 - введення додаткової інформації;

А 5 - виклик алгоритму управління СЕЕС при к.з.;

Р 6 - алгоритм управління СЕЕС при к.з.;

Р 7 - контроль зміни технічного стану ГА;

А 8 - виклик алгоритму вибору складу працюючих ГА;

А 9 - алгоритм вибору складу працюючих ГА;

Р 10 - контроль зміни технічного стану АВ;

А 11 - виклик алгоритму ухвалення рішення про зміну структури СЕЕС;

А 12 - алгоритм ухвалення рішення при зміні в структурі СЕЕС;

А 13 - виклик алгоритму виконання рішення при зміні в структурі СЕЕС;

А 14 - алгоритм виконання рішення при зміні в структурі СЕЕС;

А 15 - виклик алгоритму управління СЕЕС по навантаженню;

Р 16 - алгоритм управління СЕЕС по навантаженню

Sk - кінець.

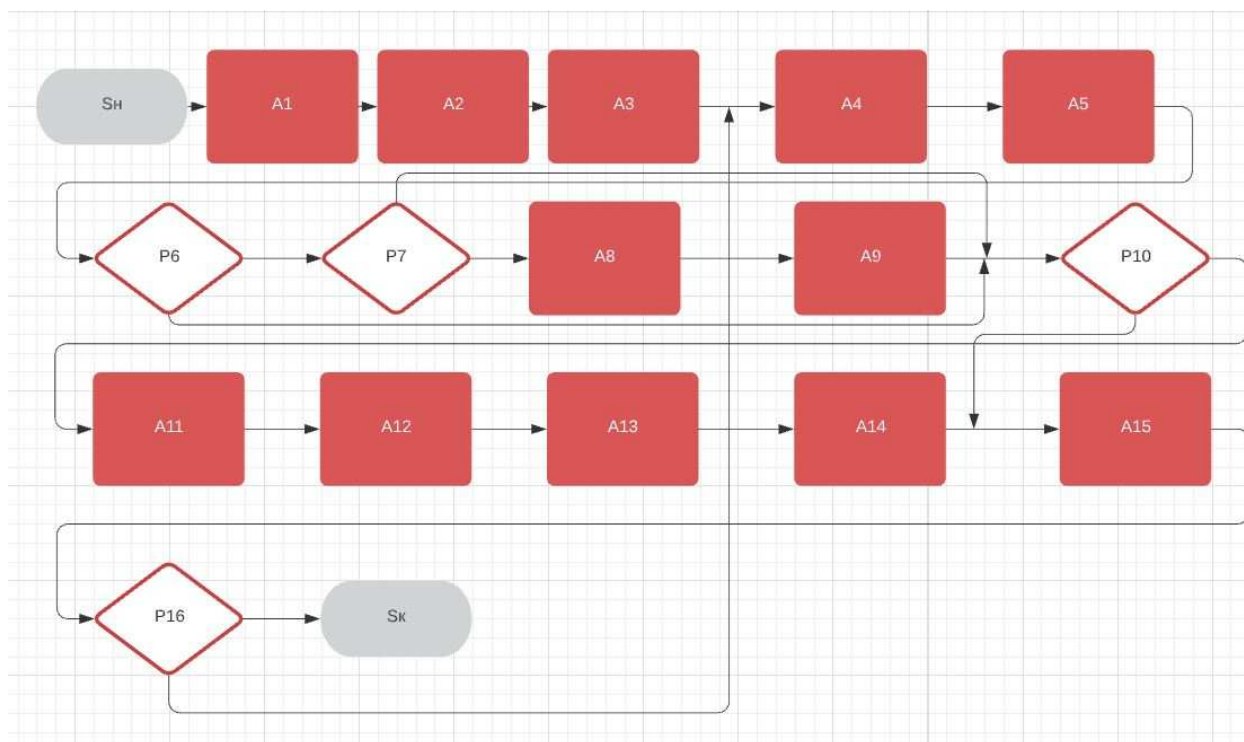


Рисунок 3.14 – Графічна схема алгоритму управління АСУ СЕЕС

3.11 Загальні відомості о мережі суднового освітлення, суднових сигнально-відмінних вогнів, освітлення низької напруги

На судні PACIFIC JUPITER для освітлення жилих та виробничих приміщень здебільшого використовуються люмінесцентні лампи. Загальна кількість люмінесцентних ламп по судну складає приблизно 400 штук. З яких кожна четверта підключена до аварійного розподільного щита. Для освітлення палуби використовуються вибухозахисні прожектори на натрієвих або галогенових лампах, вони забезпечують яскраве світло яке дозволяє працювати навіть вночі. Усе основне освітлення живиться за допомогою 220В, 60Гц.

Судові сигнально-відмінні вогні відповідають вимогам морського Регістру та забезпечують розпізнавання судна відповідно до МППСС. Система сигнально відмінних вогнів складається з наступних вогнів:

- «Топовий вогонь»
- «Бортові вогні»
- «Кормовий вогонь»
- «Буксировочний вогонь»
- «Круговий вогонь»
- «Проблисковий вогонь»

Система живиться за допомогою 24В 60 Гц, у разі перегорання будь якої лампи на консоль керування навігаційними вогнями прийде сигнал тривоги.

На борту встановлене аварійне освітлення низької напруги 2 типів:

- у машинному відділенні розташовані невеликі лампи з вбудованими батареями, які у разі знеструмлення включаться, та будуть освітлювати шлях до ГРЩ та машинного відділення протягом 3 годин.
- На території жилих приміщень на висоті близько 30 сантиметрів від палуби розташовані маленькі вогні, які у разі пожежі чи задимлення будуть освітлювати розмітку для евакуації екіпажу. Вбудовані батареї працюють у автономному режимі протягом 3 годин.

4 АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ

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

Аварійні сигнали впливають на роботу більшої частини судна. Їх вплив на роботу сучасного диспетчерського центру не менш важливий. Стан системи аварійної попереджувальної сигналізації служить індикатором того, у якому стані знаходиться судно. Таким чином, проектування ефективної і надійної системи моніторингу сигналізацій є життєво важливим для безпечної і надійної роботи [17].

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

AREA NET - Local area network (LAN) - комп'ютерна мережа, яка з'єднує комп'ютери та пристрої в обмеженому просторі.

PLC (Programmable Logic Controller) - програмований логічний контролер - електронна складова промислового контролера, спеціалізованого (комп'ютеризованого) пристрою, що використовується для автоматизації технологічних процесів.

NC (Network Computer) – стандарт комп'ютерної мережі, профіль (NCRef) з підтримкою HTML, Java, HTTP, JPEG, та інших ключових стандартів.

ETHERNET - пакетна технологія передачі даних в локальній мережі.

RC (Resistor-capacitor network) - резистор-конденсатор мережа, використовуватися для фільтрації сигналу, блокуючи певні частоти і передаючи іншим.

CELL NET (Cell Network) - технологія передачі осередків або трансляції осередків.

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

такі як вакуумні насоси, генератори, манометри, клапани регулювання тиску і т.д.

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

SENSORS - датчики.

ACTUATORS - виконавчі механізми.

Profibus DP - Profibus (Decentralized Peripherals) - профіль протоколів суднової мережі Profibus. Дана мережа потрібна для високошвидкісної передачі даних між пристроями.

WorldFIP (World Factory Instrumentation Protocol) - протокол організований за допомогою централізованого-децентралізованого доступу до шини та для передачі даних використовує режим відправки broadcast-пакетів. Контроль передачі здійснюється центральним вузлом мережі арбітром.

FAIS - стандарт зберігання даних.

CANBUS (Controller Area Network) - мережа промислового призначення для застосування в розподілених системах управління, що працюють в режимі реального часу зі швидкістю передачі до 2 Мбіт / с.

ASI (Actuator Sensor Interface - промислова мережа, призначена для передачі переважно дискретних сигналів.

На наступній сторінці приведена графічна уява системи NANTONG SINOPACIFIC.

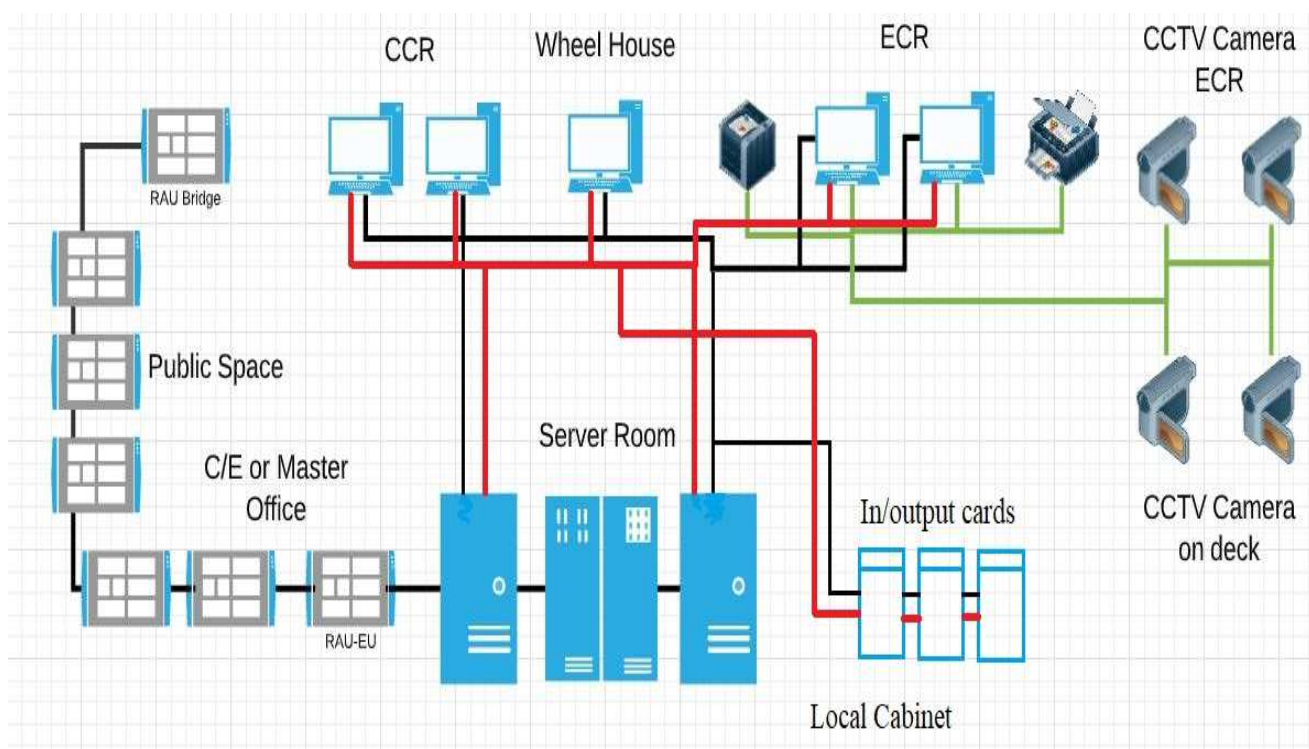


Рис. 4.1 – Схема комп'ютерної мережі судна

Дана схема, як і більшість систем, має багаторівневу архітектуру, аварійної попереджувальної сигналізації. На рівні “0” знаходяться датчики, які збирають інформацію про стан роботи різного обладнання. Дана система не має обмежень по типам датчиків. Використання різних типів датчиків дозволяє швидко, без великих витрат модернізувати систему. Зазвичай використовуються датчики застарілих інтерфейсів на основі роботи у діапазоні 4-20 мА або 0-5 В (Температура/ Тиск).

На рівні “1”, знаходяться PLC (програмовані логічні контролери). Їх основна функція – збирати інформацію з різних датчиків і передавати до рівня “2”, за допомогою різних типів польових шин. В данному випадку Ethernet.

На рівні “2” знаходяться комп'ютери з інтерфейсом типу HMI. За допомогою системи диспетчерського управління і збору даних (Supervisory Control And Data Acquisition SCADA), оператор має змогу отримати повну інформацію про роботу будь-якого обладнання та аналіз системи.

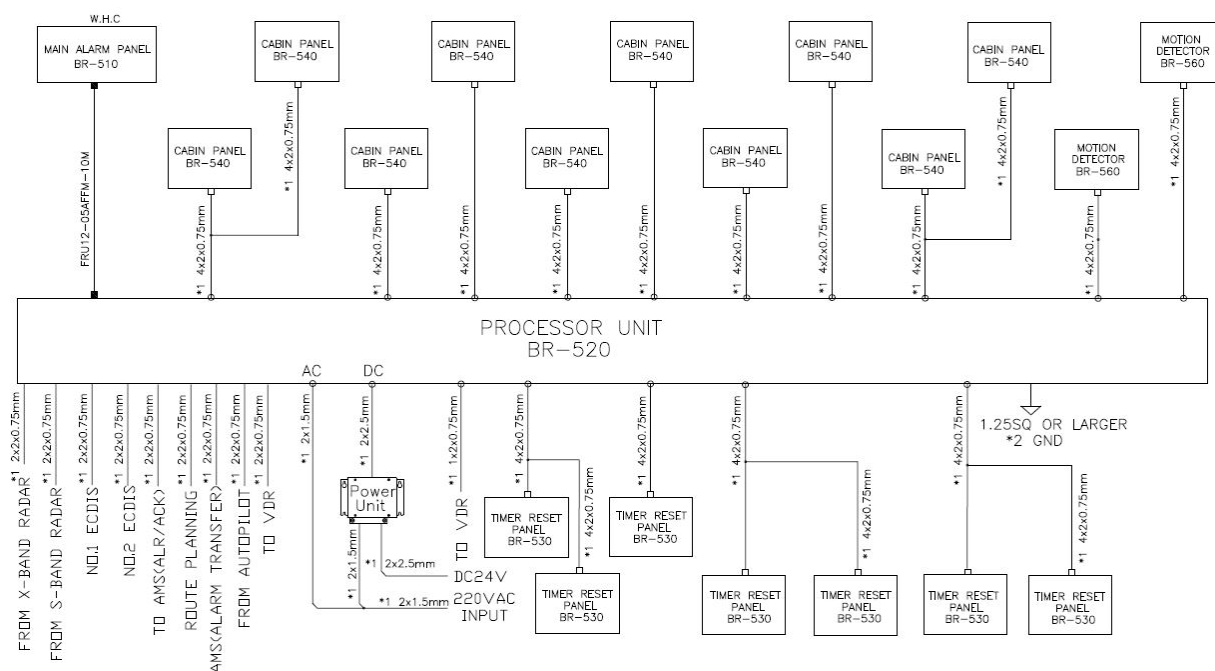


Рисунок 4.2 – Схема логічного контролера

Основні властивості цієї системи :

- Захист від перенапруг і короткого замикання;
- Уникнення помилок процесу на основі досвіду суднобудування та інженерної системи;
- Ефективна експлуатація, економічне обслуговування.

4.2 Аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки

Розглянемо систему управління головним двигуном, компанією MAN STX. Ця система складається з:

- Системи тахометру ;
- Системи контролю енергоефективності;
- Системи Н-Регулятору та компенсатору вібрацій.

MAN STX це сучасний комп'ютеризований інструмент для вимірювань реальному часі і наступного налаштування для досягнення оптимальної продуктивності.

Пуск, зупинка та реверс здійснюються електро-пневматично системою дистанційного керування, в той час як регулювання швидкості здійснюється електро-пневматично системою управління. Також передбачена система безпеки для захисту двигуна від пошкоджень із функціями вимкнення, уповільнення та зупинки в аварійному режимі.

Машинний телеграф.

Судновий машинний телеграф (МТ) призначений для зв'язку між рульовою рубкою (РР) і машинним відділенням (МВ). При керуванні пропульсивною установкою машинний телеграф виконує наступні функції:

1.Передача команд судоводителем з рульової рубки в машинне відділення про зміну частоти обертання головного двигуна й напрямку упору гребних гвинтів пропульсивної установки.

2.Прийом команд вахтовим у машинному відділенні й передача в рульову рубку підтвердження про їхнє одержання.

3.Можливість подачі команд із центрального й бортового постів керування в рульовій рубці при синхронному переміщенні рукояток керування на зазначених постах ("електричний вал").

4.Звукова й світлова сигналізація при подачі й підтвердженні прийому команд; формування сигналу, що задає, для системи дистанційного автоматизованого керування головним двигуном з видачою стандартного сигналу 4 - 20 мА по положенню рукоятки центрального командного машинного телеграфу. Машинний телеграф призначений для застосування на споруджуваних і модернізованих судах із гвинтами фіксованого й регульованого кроку, що мають знак автоматизації А1, А2 і А3 у символі класу.

До складу МТ входять:

Командний машинний телеграф (КМТ) з однієї або двома рукоятками керування й електроприводам.

Виконавчий машинний телеграф (ВМТ) з блоком керування, що включає програмувальний контролер.

Живлення машинного телеграфу здійснюється від загально-суднової мережі по двох незалежних фідерах:

основний фідер - змінний струм, напруга 220В, 50 Гц;

резервний фідер - постійний струм, напруга 24В.

Система дистанційного управління MAN STX приймає живлення через джерело неперервного живлення.

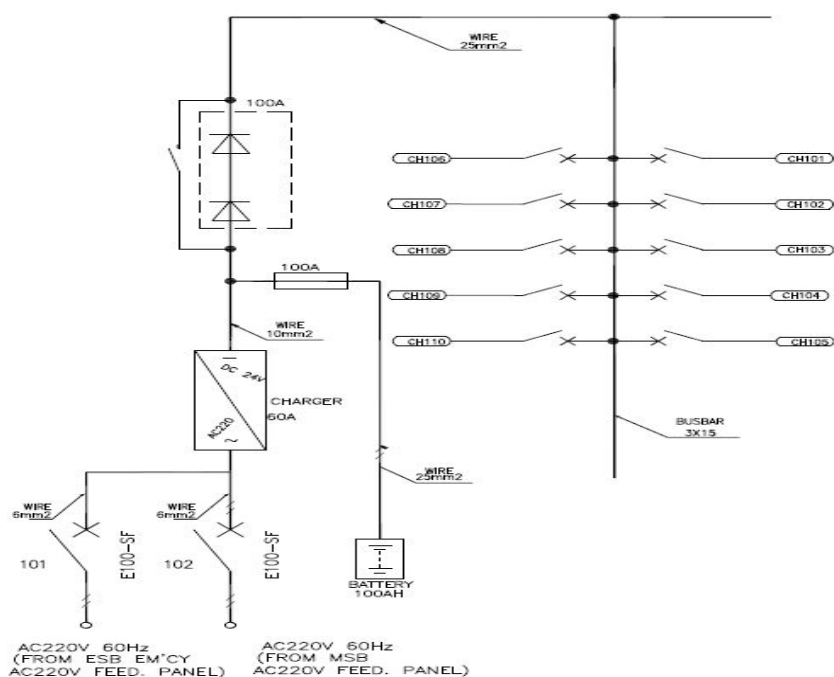


Рисунок 4.3 – Схема живлення через джерело неперервного живлення

Двигун запускається автоматично при зміні положення важелю на телеграфі у машинному відділенні або на мості. Старт двигуна може бути заблокований, якщо він не готовий до запуску. Сигнали, що блокують старт двигуна:

- Тиск стартового повітря не достатньо для запуску;
- Система тахометра чи датчики швидкості несправні;
- Аварійний стоп;

- Регулятор не підключений до паливної рейки;
- Клапан стартового повітря заблокований;
- Розподільник стартового повітря заблокований;
- Регулятор моменту або компенсатор вібрацій працюють.

Система активує пусковий електромагнітний клапан повітря, а пускове повітря подається в двигун. Система одночасно надає губернатору фіксовану швидкість початку пуску. Коли швидкість двигуна досягне рівня зміни повітря на паливо, пускове повітря буде вимкнено, і паливо буде подаватися до циліндрів. Початкове задане значення швидкості буде зберігатися протягом 6 секунд (регульоване), потім задане значення швидкості для регулятора буде регулюватися відповідно до заданого значенням важеля моста.

Двигун зупиняється автоматично, просто встановивши ручку мосту в положення СТОП. Запірний електромагнітний клапан активується, і сигнал зупинки подається на регулятор, щоб встановити паливну рейку в нульове положення. В якості резервної копії функції зупинки на телеграфній панелі в мосту і диспетчерської (і на блоці управління з боку двигуна) передбачені аварійні вимикачі, які підключені безпосередньо до системи безпеки.

Перед запуском насоса мастила необхідно подати тиск повітря, це необхідно для того, щоб випускні клапани не відкривалися занадто сильно. Якщо рукоятка регулювання переводиться в режим STAND-BY, то автоматично запускається послідовність попередньої мастила від мастильних пристроїв циліндрів. Далі запускаються допоміжні продувки і починається подача мастила в блок циліндрів. Перед запуском двигуна, на моніторі системи впливе нагадування, якщо температура охолоджуючої води в сорочці охолодження нижче 20 ° С. Двигун зазвичай може запуститися, якщо тиск повітря в системі запуску вище 10 бар. Однак компресори автоматично запускаються, як тільки тиск в пусковому ресірвері нижче 25 бар. Про це відповідає датчик тиску, дані з якого можливо побачити на контрольній панелі. Якщо відключення було викликано перевищенням швидкості, рукоятка автоматично перейде в положення СТОП, при цьому вимикач замкнеться. Якщо відключення було викликано занадто низьким тиском або

занадто високою температурою, система виведе всі значення до нормального рівня. Потім імпульс відключення може бути скасований шляхом включення відповідного перемикача "скидання" на панелі сигналізації.

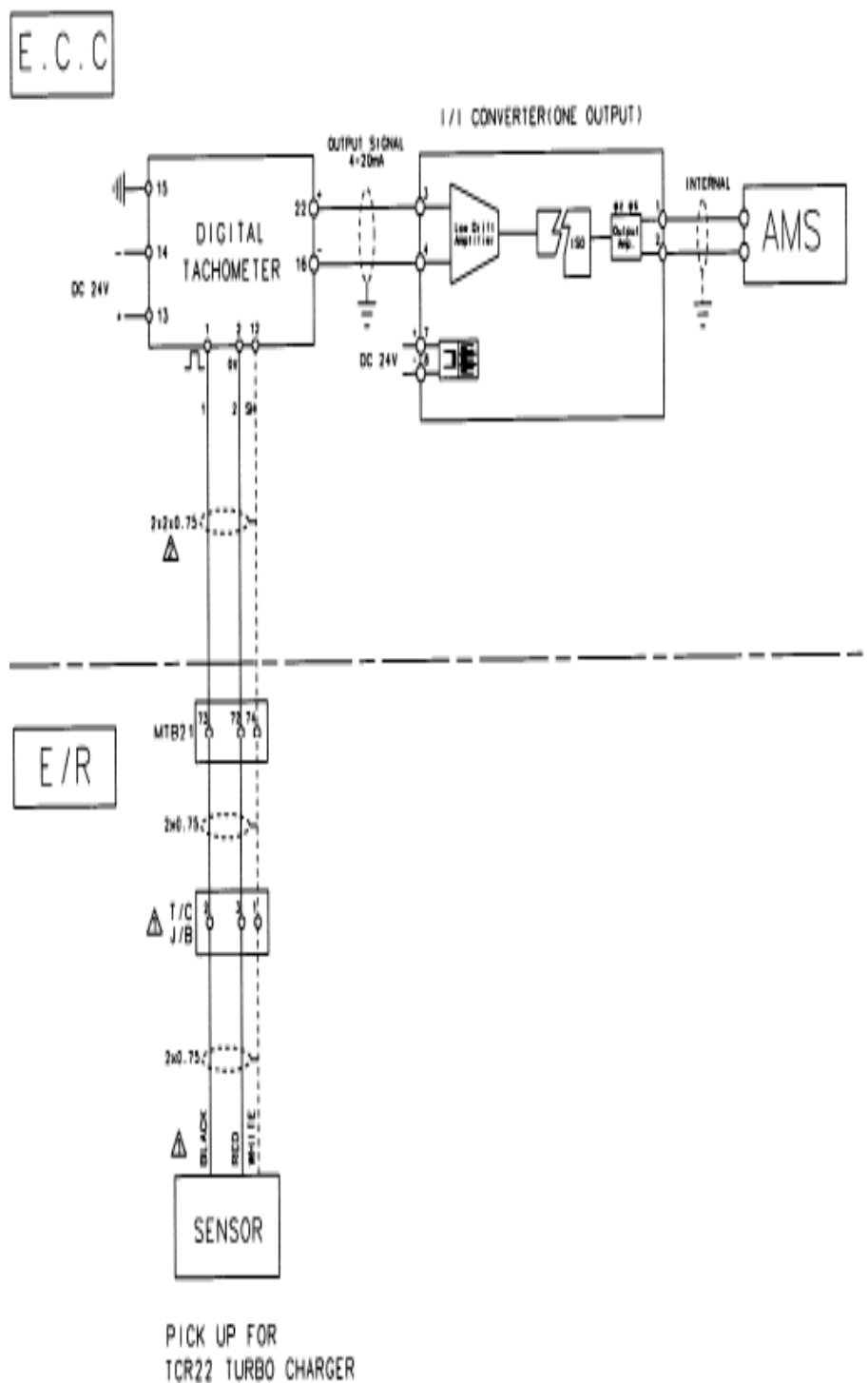


Рисунок 4.3 – Зображення системи тахометру

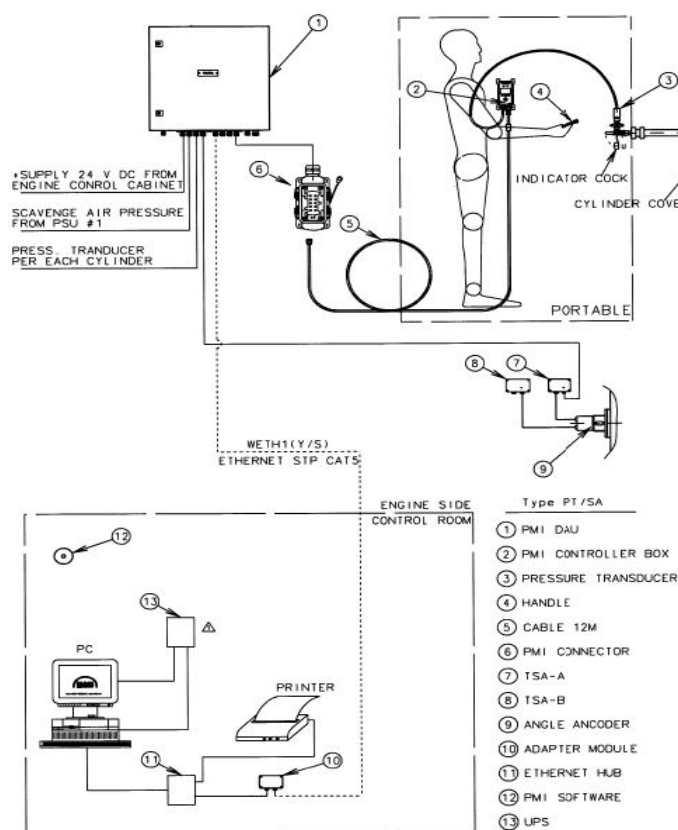


Рисунок 4.4 - Зображення системи контролю енергоефективності

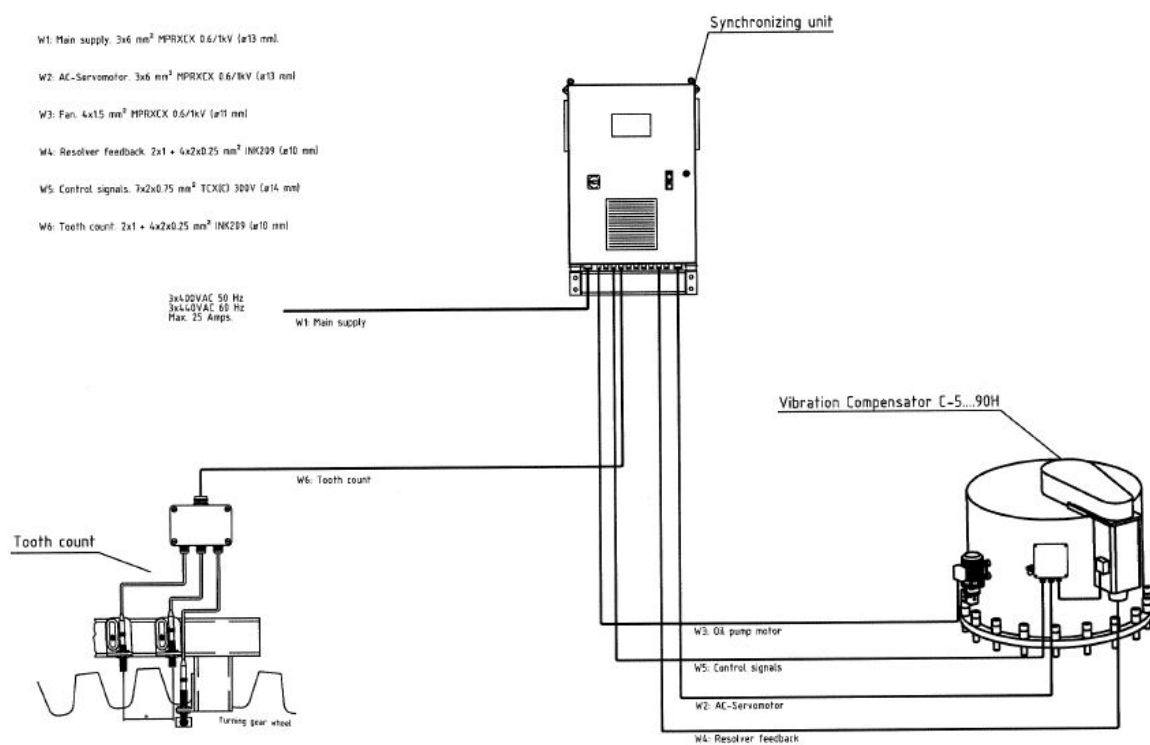


Рисунок 4.5 – Зображення системи Н-Регулятора та компенсатору вібрацій



Рисунок 4.6 – Схеми роботи системи контролю ГД

4.3 ГМЗСБ і навігація, технічні характеристики та конструкційні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв, та радіозв'язку

ГМЗЛБ – глобальна морська система зв'язку при лісі і для забезпечення безпеки мореплавства, що використовує сучасні системи цифрового і супутникового радіозв'язку. Була розроблена морськими країнами в Міжнародній морській організації (ІМО) і є результатом їх прийняття змін, внесених у 1988 році до Міжнародної конвенції про безпеку життєдіяльності на морі 1974 року (SOLAS).

Вимоги ГМЗЛБ поширюються на:

1. Усі пасажирські судна і вантажні судна валовою місткістю понад 300 тонн, що роблять міжнародні рейси;
2. Неконвенційні судна (каботажні, рибальські і т.п.) - за рішенням.

Адміністрації країни реєстрації. Кожне судно, що підпадає під вимоги Конвенції СОЛАС-74 (Правило 4 Глави IV) з виправленнями 1995 року,

повинне мати мінімальний набір радіоустаткування, відповідно до району плавання [26].

Вибране судно для цієї роботи – PACIFIC GAS , танкер дедвейтом 18600 тон. Райони плавання A1+A2+A3. Тому мінімальне радіоустаткування має бути наступним:

1. УКХ радіоустановка з ЦВВ – забезпечує радіотелефонний зв'язок та цифровий вибіркового виклик на дистанції 20-30 морських миль. Вона складається з:
 - прийомопередавача з антеною, блока управління, мікрофона та вбудованого гучномовця;
 - пристрою ЦВВ для несення безперервної вахти на 70 каналі та формування викликів з різним пріоритетом – JHS-32B.

Пристрій ЦВВ сканує частоту 156,525 МГц (70 канал) для визначення наявності сигналу [27, с. 47].

2. ПХ/КХ радіоустановка з ЦВВ і ВБД – забезпечує радіотелефонний зв'язок, вузькосмувне букводрукування та ЦВВ на середніх (до 150 морських миль) і великих (більше 150 морських миль) відстанях. Вона складається з:
 - пристрою для несення безперервної вахти ЦВВ на частотах аварії 2187,5 кГц, 4207,5 кГц, 6312 кГц, 8414,5 кГц та 16804,5 кГц, а також для забезпечення вузькосмувного букводрукування, клавіатури, монітора та принтера – NCT-196N DSC/NBDP Modem;
 - контролеру ЦВВ/Телекс з трубкою та вбудованим гучномовцем – JSB-196GM Radiotelephone [27, с. 47, 48].
3. Суднова станція INMARSAT-C – вона забезпечує передачу та отримання текстових повідомлень. Зв'язок системи INMARSAT здійснюється через геостационарні супутники в межах їх дії, тобто між 70°N та 70°S. Вона складається з:
 - Прийомопередавача NTF-49B, який під'єднаний до антени – NAF-74B;

- Монітора з клавіатурою – NDZ-127C;
 - Кнопки тривоги та принтеру – NKG-800;
 - Приймача GPS – CCA-291 [27, с. 48, 49].
4. Приймач NAVTEX – слугує для прийому навігаційної інформації в районах обслуговування цією системою. Він складається з радіоприймача, пристрою обробки сигналу та друкувального пристрою – NCR-330. Приймач працює на частоті 518 кГц [27, с. 50].
 5. Аварійний радіобуй (АРБ) супутникової системи КОСПАС-SARSAT – виконує передачу повідомлень про аварію в діапазоні частот 406 МГц через низькоорбітальні супутники на біляполярних орбітах та супутники на геостационарній високій орбіті [27, с. 51].
 6. Радіолокаційний маяк-відповідач – забезпечує визначення місця знаходження судна при аварії за допомогою передачі сигналів, котрі на екрані радіолокаційної станції відображаються сірою крапкою. РЛМВ працює в діапазоні 9,2-9,5 ГГц [27, с. 52].
 7. Портативна аварійна радіостанція (ПАР) – працює на частоті УКХ (156,800 МГц, 16 канал). ПАР є обладнанням рятувальних засобів, на місці аварії забезпечує зв'язок між ними [27, с. 54].

Апаратура ГМЗСБ може житися від головного суднового генератора, аварійного дизель-генератора (АДГ), або від резервного джерела живлення у вигляді акумуляторів. У випадку зникнення основного живлення, за допомогою акумуляторів повинні жити наступні прилади:

- УКХ радіоустановка з ЦВВ;
- Головний засіб зв'язку для свого району плавання (ПХ радіоустановка з ЦВВ, ПХ/КХ радіоустановка з ЦВВ або станція INMARSAT);
- Приймач для отримання інформації з безпеки мореплавства (NAVTEX);
- Лампа аварійного освітлення [27, с. 57, 58].

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

Після визначення споживчого струму за формулою:

$$I_{CP} = 0,5I_{TX} + I_{RX}$$

Визначаємо потрібну ємність батареї за формулою:

$$t = C_{ак}/I_H$$

$C_{ак}$ – ємність батареї;

I_H – споживчий струм;

t – час роботи.

Так як час роботи повинен бути не менше ніж 1 година, звідси виходить, що ємність батареї повинна бути приблизно 50 Агод. Також треба брати на увагу, що судно може працювати при низьких температурах. Така середа впливає на батарею, тому треба брати батарею хоча б вдвічі більшою ємністю. Тому ємність акумуляторної батареї слід брати 100 Агод, з'єднаних послідовно [28].

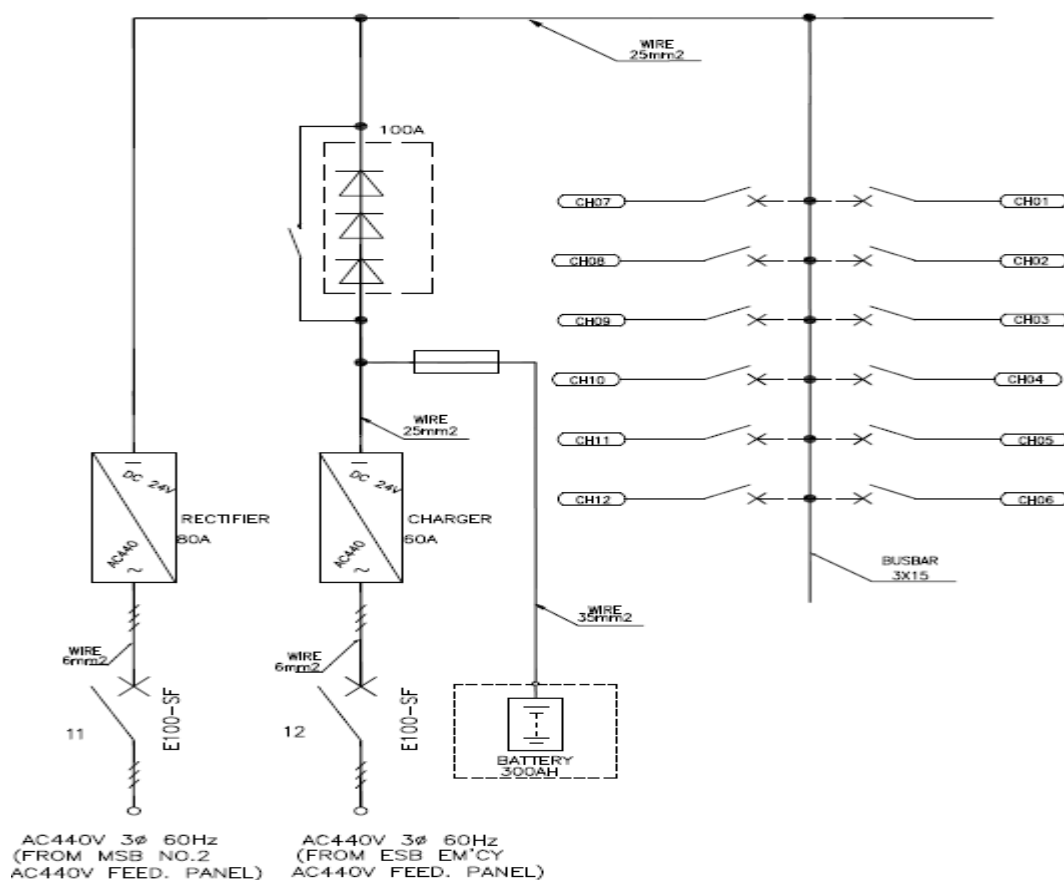


Рис. 4.7 – Схема живлення кислотних акумуляторних батарей (навігаційне обладнання)

5. БЕЗПЕКА ТА ВИЖИВАННЯ НА МОРІ

5.1 Особливості забезпечення боротьби за живучість газовоза.

Всі члени екіпажу судна-газовоза і береговий персонал, пов'язаний з обробкою і обслуговуванням суден-газовозів, що знаходяться в експлуатації, повинні мати відповідні посвідчення про проходження курсів підготовки за спеціальною програмою для роботи на суднах-газовозах. Командний склад суден-газовозів повинен знати і суворо виконувати вимоги, викладені в Сертифікаті про придатність для перевезення зріджених газів наливом. Послуги з перевезення вантажів, не зазначених в Сертифікаті, забороняється.[1]

При організації боротьби за живучість на судні-газовозі необхідно враховувати особливості цих судів, які визначаються:

А) фізико-хімічними властивостями перевезених вантажів, їх вибухо- і пожежонебезпечність, токсичність, реактивністю, агресивністю, що викликає корозію матеріалів, що вступають з ними в контакт;

Б) видом технологічних операцій - обраний спосіб навантаження (вивантаження), підігрів або охолодження вантажу, дегазація, інертизація, заміна одного газу іншим, випуск пари газу в атмосферу, введення в вантаж інгібітору, метанолу, одоратора;

В) особливостями конструкції: трюми, обладнані спеціальною системою вентиляції, системою заповнення їх інертним газом або сухим повітрям; повітряні шлюзи, якими обладнуються входи в приміщення, розташовані в «небезпечній зоні»; противоамміачні фільтри для захисту місць колективного захисту екіпажу від парів аміаку;

Г) особливостями систем: рециркуляції повітря в житловій надбудові; з пристроями, що забезпечують швидке відключення або переведення системи вентиляції на рециркуляцію при виникненні аварійної ситуації (викид, газу, покриття судна хмарами газу, витоку газу і т.п.); герметизації судна; зрошення житлової надбудови; швидкозапірних клапанів;

Г) особливостями засобів сигналізації та контролю: детектор витоку газу; контроль граничного рівня заповнення вантажних танків; контроль граничного тиску;

Д) особливостями індивідуальних засобів захисту екіпажу: захисні маски зі змінними фільтрами: ізолюючі апарати; комплекти протипожежної та газозахисній одягу;

Е) особливостями засобів боротьби з пожежею: станції порошкового гасіння; система інертного газу; система пенотушення і ін .;

Є) наявністю справно діючих стаціонарних і переносних приладів контролю вмісту в будь-якому приміщенні кисню, азоту, вуглекислого газу або парів перевезеного вантажу;

Ж) вміння екіпажу виконувати аварійні роботи (закладення пробойни; боротьба з димом і парою; спуск шлюпок) в умовах загазованості навколишнього середовища як парами вантажу, що перевозиться, так і будь-якими іншими газами від берегових підприємств при стоянці судна в порту.[1]

Боротьба з пожежею на суднах-газовозах має ту особливість, що всі зусилля орієнтовані не на ліквідацію горіння, а в першу чергу на взяття вогню під контроль. В основі тактики боротьби з пожежею є усунення його причини - витоку газу. І поки залишається невирішеним витік газу, вогонь тільки локалізують, щоб він не розповсюджувався. Ліквідують полум'я тільки після ліквідації витоку або коли воно загрожує людського життя, життєво важливим пристроїв судна або другим ємностей з газом. Тому боротьбу з вогнем починають з боротьби з витоків газу з усіма супутніми заходами, плюс заходи щодо боротьби з пожежею. Це вимагає від екіпажу навички чіткості дій та оперативності. Крім цього, екіпаж при виникненні аварійної ситуації повинен бути готовий до негайного відведення судна від причалу, для чого з бака і корми з морської сторони опущені до води заздалегідь приготовані кінці для буксирування, а головний двигун тримають в постійній готовності. Це відбувається в тому випадку, якщо пожежа або великий витік газу припинити не вдалося. В якості основного вогнегасящого засобу при витоків газу застосовують порошкове гасіння, а воду тільки для зрошення і охолодження нагрітих поверхонь, водяної завіси і захисту людей, а також для змиву рідкого газу за борт. При відсутності вітру можна покрити всю ділянку розливу газу шаром піни. Якщо розлив газу великий, то існує небезпека того, що полум'я, виникнувши чомусь осторонь від судна, повернеться на судно по шляху витоку. При виявленні витоку газу на ходу судна: вимикається загальносуднова вентиляція; проводиться маневр зміною курсу і швидкості для приведення в найкоротший час вітру в положення «бакштаг»; оголошується загальносуднову тривога: «Витік газу!»; герметизується житлова надбудова; подальші дії визначаються планом з аварійних ситуацій. Конструктивною захистом газовоза від затоплення, як і всіх судів, є наявність водонепроникних переборок, подвійного дна, потужних систем осушення. Особливістю конструкції є наявність вкладних танків і міжбар'єрного

простору (між танком і обшивкою борту). У разі пробоїни і затоплення межбар'єрного простору по вантажну ватерлінію ємності не спливають, залишаючись на подушках. Газовоз витримує затоплення одного, а іноді і двох вантажних відсіків. Однак є обмеження по нахилу. Крен не повинен перевищувати 30° , так як в протилежному випадку може відбутися переміщення і пошкодження ємностей.[1]

5.2 Правила техніки безпеки при вантажних операціях на газовозах і хімовозах.

На весь період вантажних операцій на борту судна-газовоза постійно повинні знаходитися: вахта; суднова вантажна бригада; суднова аварійна група з боротьби з газом, склад якої визначається капітаном судна. Капітан судна-газовоза повинен бути забезпечений докладною інформацією про допустимий рівень заповнення по кожному вантажному танку, по кожному допускається до перевезення вантажу у всьому діапазоні допустимих температур із зазначенням максимально допустимих розрахункових температур, а також інсталяційний тиску запобіжних клапанів.[1]

Знання, підтримання в доброму технічному стані, вміння користуватися системою суднової вентиляції і герметизації є основою забезпечення безпеки екіпажу при витокі вантажу (стосовно вантажних операцій) . На судні повинні бути розроблені і вивішені інструкції по використанню вентиляції і герметизації приміщень при: вантажно-розвантажувальних роботах, операціях з вантажем на переході морем або в порту, аварійних ситуаціях, звичайних експлуатаційних умовах. [1]

При визначенні швидкості наливу необхідно враховувати час спрацювання системи швидкозапирних клапанів. Під час вантажних операцій зв'язок між судном і берегом повинна забезпечувати зупинку берегових навантажувальних засобів на вимогу судна в будь-який момент. Непосередственная заміна парів газу повітрям (при дегазації) або повітря парами газу (при підготовці танків до навантаження) забороняється. Як виняток подібна заміна може допускатися на судах-газовозах, конструктивно пристосованих для проведення цих операцій і мають відповідні інструкції заводу-будівельника. [1]

Під час вантажних операцій екіпаж судна має дотримуватися правил безпеки та залежно від типу вантажу носити захистні окуляри. Знати де знаходиться місце для промивки очей , ходити попарно в замкнених приміщеннях(дозволу

капітана) . Якщо на судні є прилад , який вимірює стан зовнішньої середовища (наявність газу чи хімічних випарів), то бажано використовувати :

- При вантажних операціях
- При планових роботах в місцях спалаху , випарів, трубопроводів.
- У приміщенні , де в наявності погана вентиляція

Технологічна схема вантажних операцій повинна вибиратися з урахуванням параметрів вантажу, наявності у берегової бази трубопроводу для повернення парів вантажу, а також противотиском берегової вантажної магістралі.

Навантаження / вивантаження необхідно починати з мінімальної інтенсивності, рекомендованої інструкцією заводу - будівельника судна, що забезпечує:

- рівномірний охолодження вантажної системи і танків;
- запобігання гідравлічних ударів;
- здійснення контролю за правильністю надходження вантажу та відсутністю витоків;
- запобігання утворення статичної електрики.[2]

Температура, тиск, рівень і щільність вантажу, що знаходиться в танках і вантажній системі, під час вантажних операцій і після закінчення їх повинні бути в межах, обумовлених паспортними даними судна. Під час вантажних операцій і прийому баласту судно завжди повинне мати достатню остійність і нормальний дифферент, що забезпечують, у разі необхідності, негайний вихід в море. Після вантажних операцій вантажна система повинна бути негайно звільнена від залишків рідкої фази вантажу.[2]

До роз'єднання приєднувальних фланців з ділянки трубопроводу між береговими та судовими запірними клапанами повинні бути видалені залишки рідини. Отшланговка не повинна проводитися до тих пір, поки не буде встановлено, що в роз'єднувальних магістралях немає рідини і вони не знаходяться під тиском. [2]

Вантажні операції на газовозах, призначених для транспортування зріджених газів з охолодженням: Перед початком завантаження танки повинні бути охолоджені до температури, близької до температури завантажується скрапленого газу. Навантаження повинна починатися при температурі танків, що не перевищує температуру завантажується газу більш ніж на 5 ° С. [2]

Швидкість охолодження танків повинна бути в межах від 4 до 5 град / ч. На початку охолодження танків запірний клапан з ручним приводом слід відкривати не повністю і на короткі проміжки часу з тим, щоб не допустити різкого зниження температури в трубопроводі після дросселируючого клапана. [2]

5.3 Теорія горіння. Види горіння. Пожежний трикутник

Пожежа – раптова і жахлива подія на судні, яка часто переростає в трагедію. Вона завжди виникає несподівано і по самій неймовірній причині. Пожежі на суднах - відносно рідкісне явище (близько 5 - 6% від усіх аварій), однак це лихо з зазвичай важкими наслідками. З досвіду встановлено, що критичний термін боротьби з вогнем на судні становить 15 хвилин. Якщо протягом цього часу пожежу не вдалося локалізувати і взяти під контроль - судно гине. Особливо небезпечні пожежі в машинних приміщеннях, де знаходиться багато горючих матеріалів. Вогонь у машинному відділенні виводить з ладу основні системи енергозабезпечення, судно втрачає можливість руху, нерідко пошкодження отримують і засоби пожежогасіння. Основним вражаючим чинником для людей при пожежах є не теплове випромінювання, а задуха, викликана утворенням густого диму при горінні різних матеріалів.[3]

Горінням називається фізико-хімічний процес, що супроводжується виділенням теплоти і випромінюванням світла. Сутність горіння полягає в швидко перебіг процесу окислення хімічних елементів горючої речовини з киснем повітря [3].

При горінні часто можна спостерігати полум'я - видиму зону горіння, від якої йде світіння і випромінювання теплоти, і дим, який представляє собою аерозоль, що утворюється рідкими і твердими продуктами неповного згоряння матеріалів. Разом з тим в певних умовах при температурах від 400 до 600 ° С

може спостерігатися безполуменеве горіння твердого речовини, що супроводжується виділенням диму. Таке явище називається тлінням [3].

Сутність горіння полягає в швидко перебіг процесу окислення хімічних елементів горючої речовини з киснем повітря.

Залежно від швидкості реакції окислення розрізняють:

1) тління - повільне горіння, викликане нестачею кисню в повітрі (менше 10%) або особливими властивостями горючої речовини; при тлінні світлове і теплове випромінювання незначні;

2) горіння - супроводжується яскраво вираженим полум'ям і значним тепловим і світловим випромінюванням; за кольором полум'я можна визначити температуру в зоні горіння; при полум'яному горінні речовини вміст кисню в повітрі має бути не нижче 16-18%;

Залежно від співвідношення пального та окислювача розрізняють процеси горіння багатих і бідних горючих сумішей. Багатими називають суміші, що містять пальне в кількостях, більших стехіометричного співвідношення компонентів, бідними - містять в надлишку окислювач. Найбільш небезпечними в пожежному відношенні є суміші стехіометричного складу: вони легше спалахують, інтенсивніше горять, забезпечуючи повне згорання речовини, виділяють максимальну кількість теплоти. Під стехіометричним складом горючої суміші розуміють склад, в якому окислювача рівно стільки, скільки необхідно для повного окислення пального.

Горіння буває повним і неповним. Повний протікає при достатній кількості окислювача, в результаті чого утворюються речовини, які не здатні до тривалого окислення: діоксид вуглецю, водяна пара та ін. При недостатньому вмісті окислювача може відбуватися тління, що супроводжується утворенням токсичних і горючих продуктів (спиртів, кетонів, оксиду вуглецю та ін.). Ось чому видалення окислювача із зони горіння є одним із заходів пожежної профілактики.

Вибух - це швидке некероване фізична або хімічне перетворення речовини, що супроводжується утворенням великої кількості стислих газів,

під тиском яких можуть відбуватися руйнування об'єктів. Під час вибуху потенційна енергія системи переходить в механічну роботу. Його горючі газоподібні продукти, стикаючись з повітрям, часто спалахують, що може призвести до пожежі, які поглиблюють негативні наслідки. Залежно від виду енергоносіїв і умов енерговиділення джерелами початку процесу вибуху можуть бути як хімічні, так і фізичні процеси, тому розрізняють хімічні і фізичні вибухи. Стосовно до виробничих процесів при хімічних вибухах йде хімічну взаємодію між паливом та окислювачем. Беруть участь в реакціях горючі речовини можуть бути твердими, рідкими, газоподібними, а також аерозолями (рідкі краплі і тверді частинки в повітрі). При взаємодії цих речовин з киснем повітря або іншим окислювачем відбувається лавиноподібний хімічна реакція, звана вибухом. Фізичний вибух найчастіше пов'язаний з неконтрольованим вивільненням потенційної енергії стиснутих газів, парів або рідин з замкнутих обсягів судин, машин і апаратів. Наприклад, для вибухового горіння характерні наступні особливості:

- велика швидкість хімічного перетворення;
- велика кількість утворюються газоподібних продуктів горіння;
- сильний звуковий ефект [3].

Для будь-якого горіння необхідні і достатні три обов'язкові умови. Ці три умови утворюють трикутник горіння. Під «пожежним трикутником» фахівці розуміють схему у вигляді трикутника, в вершинах (або на сторонах) якого перебувають три умови виникнення пожежі, а саме:

- горючий матеріал або речовина;
- джерело запалювання (джерело тепла);
- кисень, без якого займання неможливо.

Горюча речовина - основа горіння. Воно може бути твердим (дерево, тканини, гума, вугілля), рідким (нафтопродукти, спирти) і газоподібним (метан, ацетилен, водень, аміак). Слід пам'ятати, що при сильному нагріванні, розкладанні матеріалів на складові елементи починають горіти і ті з них, що

при нормальних умовах є негорючими, наприклад, деякі метали, які навіть використовують в якості компонентів твердого ракетного палива.

Джерелами займання можуть служити як сильні джерела у вигляді відкритого вогню - спалах газів, випарів горючих рідин, нагрітих твердих органічних матеріалів; полум'я газового пальника, так і низькокалорійні теплові явища, але з високою температурою, такі як електричні іскри, цілком достатні для займання парів легкозаймистих рідин або газів.

У нормальних умовах процес горіння, який є початковою або основною стадією більшості пожеж, протікає при процентний вміст O_2 в повітрі, приблизно рівному 21%, а критично низьким його показником для підтримки механізму горіння прийнято вважати близько 16%. Однак деякі речовини, а також товарно-матеріальні цінності, в силу своїх фізико-хімічних властивостей, здатні займатися, горіти навіть в закритих приміщеннях при об'ємному присутності кисню не більш 12%, і навіть при більш низькій його концентрації, що слід враховувати при проектуванні стаціонарних систем пожежогасіння, які ліквідують осередки загорянь способом розведення повітряного середовища інертними газами.

Пожежний трикутник показує той факт, що якщо хоча б одне з цих умов відсутня, то пожежа початися ніяк не може. Також пожежа не зможе тривати, якщо одна з умов буде надалі усунуто [4].

5.4 Вимоги до суднових інсинераторів.

Суднові інсинератори, призначені для утилізації на судні твердого сміття (ТПВ) і нафтового шламу. Сміттєспалювачі можуть спалювати нафтовий шлам, стічні води, осад, рідкі та тверді відходи, такі як пластмаси, картон, продукти харчування і т.д. Це важливе обладнання для боротьби з забрудненням різних судів і морських платформ. На даний момент це є найбільш екологічним способом, відповідним останнім нормативним актам ІМО.

Система інсинератора повинна бути спроектована і виготовлена для експлуатації в наступних умовах:

- Максимальна температура отвори для випуску топкових газів з камери згоряння 1200 ° С
- Мінімальна температура отвори для випуску топкових газів з камери згоряння 850 ° С
- Температура попереднього нагрівання камери згоряння 650 ° С

Вимоги попереднього нагрівання до інсинератор з дотованої завантаженням не заявляються . Однак інсинератор повинен бути спроектований таким чином, щоб температура в фактичному просторі згоряння досягала 600 ° С протягом 5 хвилин після пуску.

Зовнішня поверхня камери (камер) горіння повинна бути екранована від контакту таким чином, щоб люди в нормальних робочих умов не піддавалися екстремального впливу тепла (на 20 ° С вище температури навколишнього середовища) або безпосереднього впливу температури поверхні, що перевищує 60 ° С. Прикладами альтернативних варіантів забезпечення цієї вимоги є подвійний кожусі повітряним потоком між стінками або розширений металевий кожух. Системи інсинератора повинні експлуатуватися зі зниженим (негативним) тиском в камері згоряння так, щоб в навколишній простір не просочувалися газ або дим. На блоці інсинератора в помітному місці повинні бути прикріплені таблиці, що містять попередження проти несанкціонованого відкриття дверей камери (камер) згоряння під час експлуатації і проти перевантаження інсинератора сміттям.[5]

Щоб уникнути скупчення діоксинів топкові гази повинні піддаватися швидкому охолодженню до максимальної температури 350 ° С не далі, ніж в 2,5 метрах від виходу топкових газів з камери згоряння.[5]

Із зовнішнього боку камери повинен розташовуватися аварійний вимикач, повністю відключає подачу електроенергії на обладнання. Аварійний вимикач повинен також повністю припиняти подачу електроенергії на паливні насоси. Якщо інсинератор обладнаний вентилятором топкових газів, повинна бути передбачена можливість повторного пуску цього вентилятора незалежно від іншого обладнання інсинератора.[5]

Прилади управління повинні бути спроектовані таким чином, щоб в результаті будь-якої несправності нижчезазначених обладнання припинялася подальша експлуатація і відключалася подача палива.[5]

Однак забороняється спалювати на борту судна такі речовини:

b) поліхлоровані біфенили (ПХБ);

c) сміття, що містить важкі метали в обсязі, більшому, ніж мікродомішки,

d) очищені нафтопродукти, що містять галогенні сполуки.

<u>Нафтові залишки, що складаються з:</u>	<u>75 % залишків важкого рідкого палива;</u> <u>5 % відпрацьованого мастила; та</u> <u>20 % емульгованої води.</u>
<u>Тверді відходи, що складаються з:</u>	<u>50 % харчових відходів</u> <u>50 % сміття, що містить</u> <u>приблиз. 30 % паперу,</u> <u>приблиз. 40 % картону,</u> <u>приблиз. 10 % ганчір'я,</u> <u>приблиз. 20 % пластмаси</u> <u>Суміш матиме до 50 % вологи та 7 %</u> <u>неспалимих твердих часток.</u>
<u>2. Інсінератори, повинні експлуатуватися в таких межах:</u>	-
<u>O₂ в камері згоряння:</u>	<u>6 - 12 %</u>
<u>Максимальний середній вміст CO в топочному газі:</u>	<u>200 мг/МДж</u>
<u>Максимальне середнє число сажі:</u>	<u>БАКАРАК-3 (BACHARACH-3) або</u> <u>РІНГЕЛЬМАН-1 (RINGELMAN-1) (20 %</u> <u>непрозорості)</u> <u>(Більш високе число сажі припустиме</u> <u>тільки протягом дуже коротких проміжків</u> <u>часу, наприклад під час пуску)</u>
<u>Компоненти в залишках золи, що не згоріли:</u>	<u>Максимум 10 % загальної ваги;</u>
<u>Діапазон температур топочного газу на виході з камери згоряння:</u>	<u>850 - 1200 градусів за Цельсієм</u>

[5]

6. Цивільна оборона

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

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

Вантажне судно «Palatia» стоїть в порту Ріо-де-Жанейро (Бразилія) біля причалу № 8 під навантаженням. Отримано повідомлення про інцидент зі зрідженим газом: на відстані 0,5 км від судна при проведенні швартових операцій танкер-хімовоз справив навал на причальне спорудження. В результаті пошкодження на танкері-хімовоз вантажний ємності стався розлив фосгену, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Кількість розлився СДОР - 0,9 т, характер розливу - «вільно». Метеорологічні умови на момент аварії: час доби - день, 10.00, температура повітря 20, швидкість вітру 2 м / с, вітер - зустрічний, суцільна хмарність. Місцевість відкрита, характер - водна поверхонь.

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

6.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території

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

а) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

За заданими метеорологічними умовами (час доби - день, швидкість вітру 2 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по таблиці 6.1 ступень вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

Таблиця 6.1 - Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

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

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

Розраховуємо еквівалентну кількість Q_{31} (т) фосгену в первинній хмарі:

$$Q_{31} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,05 \cdot 0,061 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,027 \text{ т,}$$

де: $K_1 = 0,05$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 6.2);

$K_3 = 0,061$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози аміаку (таблиця 6.2);

$K_5 = 1$ – коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії (п. 3.2. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту);

$K_7^1 = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення первинної хмари (таблиця 6.2);

$Q_0 = 0,9$ – кількість аміаку, що розлився при аварії, т.

Таблиця 6.2 - Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/ м ³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			К1	К2	К3	К7 для температури повітря (°С)				
								-40	-20	0	20	40
Фосген	-	1,432	8,2	0,6	0,05	0,061	1	<u>0</u> 0,9	<u>1</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1</u> 1	<u>1</u> 1

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

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

Площа розливу S_p (м²) фосгену дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0 / \rho}{h} = \frac{0.9 / 1.432}{0.05} = 12.56 \text{ м}^2,$$

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

$Q_0 = 220$ – кількість аміаку, що розлився при аварії, т.

$\rho = 1,432$ – щільність аміаку, т/м³ (таблиця 6.2);

$h = 0,05$ м (Товщина h шару рідини для СДОР, що розлилися вільно на підстильної поверх-ності, приймається рівною 0,05 м по всій площі розливу)

Таблиця 6.3 - 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 6.4 - Значення коефіцієнту K_m залежно від впливу характеру місцевості

Рельєф місцевості, вид рослинності і забудови	Вертикальна стійкість повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
Водна поверхня	1	1	1

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

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (год.) фосгену:

$$h \cdot \rho \quad 1 \quad 0,05 \cdot 1.432 \quad 1$$

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{\text{II}}} + \frac{0,05 \cdot 1.432}{K_m \cdot v_{\text{II}}} = \frac{1}{0,061 \cdot 1.33 \cdot 1} + \frac{1}{1 \cdot 12} = 0,96 \text{ год.},$$

$$K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{\text{II}} \quad K_m \cdot v_{\text{II}} \quad 0,061 \cdot 1.33 \cdot 1 \quad 1 \cdot 12$$

де: $K_2 = 0,061$ – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей аміаку (таблиця 6.2);

$K_4 = 1.33$ – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (таблиця 6. 3);

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

$K_m = 1$ – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари аміаку (таблиця 6.4);

$v_{\Pi} = 12$ – швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря, км/год. (таблиця 6.5).

Таблиця 6.5 - Швидкість (км/год.) перенесення v_{Π} переднього фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру

Ступень вертикальної стійкості повітря	Швидкість вітру (u), м/с									
	1≤	2	3	4	5	6	7	8	9	10
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_{32} (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{32} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{\Pi} \cdot \frac{Q_0}{h \cdot \rho} = (1 - 0.05) \cdot 0.061 \cdot 1 \cdot 1.33 \cdot 0.23 \cdot 1 \cdot \frac{0.9}{0.05 \cdot 1.432} = 0.22 \text{ т,}$$

де: $K_1 = 0.05$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 6.2);

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

$K_5 = 0.23$ – коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії (п. 3.2. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту);

$K_6 = N^{0.8} = 1^{0.8} = 1$ – 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) хмарию СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті визначаємо за допомогою таблиці 6.6.

Для $Q_{\Sigma 1} = 0,96$ т та швидкості вітру $u = 2$ м/с визначаємо глибину зони зараження первинною хмарою фосгену: $\Gamma_1 = 2,84$ км.

Для $Q_{\Sigma 2} = 0,22$ т та швидкості вітру $u = 2$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою фосгену: $\Gamma_2 = 1,92$ км.

Таблиця 6.6 - Глибина (км) зони зараження

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

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 2,84 + 0,5 \cdot 1,92 = 3,8 \text{ км},$$

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 менше з двох порівнюваних між собою значень Γ_{Σ} и Γ_{Π} :

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 3,8 \text{ км}.$$

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

$$S_b = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 3,8^2 \cdot 90^0 / 360^0 = 11,3 \text{ м}^2,$$

де: $\Gamma = 3,8$ - розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 360^0$ - кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 6.7).

Визначаємо площу зони фактичного зараження $S\phi$ (км²):

$$S\phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 3,8^2 \cdot 1^{0,2} = 1,92 \text{ м}^2,$$

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

Таблиця 6.7 - Кутові розміри зони можливого зараження СДОР залежно від швидкості вітру

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

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

Територія можливого хімічного зараження має кутовий розмір $\varphi = 90^0$ (таблиця 6.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 3,8$ км. Центр кола співпадає з джерелом зараження - місцем розливу фосгену.

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

Таблиця 6.8 - Коефіцієнти λ і ψ , що залежать від швидкості вітру

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{\Delta t}\right)^{\psi} = 2,31 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1,18}{0,6}\right)^{0,580} = 0,34 \text{ км},$$

де: $\lambda = 2.31$; $\Psi = 0.580$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 6.8);

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0.96 + 0.22 = 1.18$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що ерейшла в первинну і вторинну хмару, т;

$D_l = 0.6$ – летальна токсодоза для хлору, мг.хв/л.

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

$$\Gamma_{0,4} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,4}} \right)^\Psi = 2.31 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1.18}{0.24} \right)^{0.580} = 0.57 \text{ км},$$

де: $D_{0,4} = 0.4 \cdot D_l = 0.4 \cdot 0.6 = 0.24$ - значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

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

$$\Gamma_{0,2} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2}} \right)^\Psi = 2.31 \cdot 1 \cdot \left(\frac{1.18}{0.12} \right)^{0.580} = 0.86 \text{ км},$$

де: $D_{0,2} = 0.2 \cdot D_l = 0.2 \cdot 0.6 = 0.12$ - значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 3.8$ км.

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

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

$$t = \frac{x}{K_M \cdot v_{\Pi}} = \frac{0.5}{1 \cdot 12} = 6 \text{ год.},$$

де: x – відстань від джерела зараження до заданого об'єкту, км [6].

6.3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

В попередніх пунктах була проведена оцінка масштабів хімічного зараження території порту Ріо-де-Жанейро (Бразилія) біля причалу № 8 внаслідок руйнування ємності із зрідженим газом (Фосгеном) показала, що в результаті утворення хмари зараженого повітря вантажне судно «Palatia» потрапляє в зону уражень, що є загрозою для життя екіпажу.

Для зменшення людських можливих втрат серед екіпажу судна пропонуються наступні заходи:

- оголосити хімічну тривогу, повідомити екіпаж про аварію в порту, терміново припинити на судні усі роботи;
- зв'язатися з аварійними службами порту для отримання інформації про розвиток аварійної ситуації;
- враховуючи наявність часу для проведення евакуації екіпажу із небезпечної зони, організувати залишення судна на період ліквідації наслідків аварії в порту;
- повідомити аварійні служби порту, а також судновласника про прийняті на судні заходи;
- забезпечити контроль за концентрацією СДОР навколо судна та в повітрі приміщень судна;
- забезпечити рух людей під час евакуації у напрямку в сторону від напрямку вітру [6].

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі були розглянуті і проаналізовані основні питання автоматизації та устаткування електрообладнання і систем управління Газовозу «PACIFIC JUPITER» дедвейтом 18600 кубометрів.

Також в ході дипломної роботи було здійснено:

- аналіз вимог до механізму та електроприводу глибинного насосу;
- розрахунок та вибір електродвигуна
- за каталогом компанії АВВ був вибраний відповідний двигун.

Було розраховано суднову електроенергетичну систему: розрахунок потужності СЕЕС у різних характерних режимах експлуатації судна; аналіз найбільш раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійних схем ГРЩ та АРЩ; розраховано струм короткого замикання на шинах ГРЩ та вибрано відповідні генераторні вимикачі; розрахований провал напруги СЕЕС під час пуску найпотужнішого електродвигуна (вантажного компресора); перевірено кабель найвіддаленішого електроприводу на провал напруги; вибір і опис системи дистанційного автоматизованого керування ГД та опис алгоритмів його роботи. Описано технічні характеристики навігаційного обладнання та засобів зв'язку. Розраховано батареї для живлення апаратури ГМЗСБ. Розкриті питання цивільного захисту судна та охорони праці.

Література

1. Повчання по боротьбі за живучість судна (НБЖС) - ЦНИИМФ [2004]
2. Министерство морского флота "ОБЩИЕ И СПЕЦИАЛЬНЫЕ ПРАВИЛА ПЕРЕВОЗКИ НАЛИВНЫХ ГРУЗОВ " РД 31.11.81.43-83 , МОСКВА , В / О «МОРТЕХИНФОРМРЕКЛАМА» 1985 г.
3. Басанец Н. Г., Колегаєв М. А., Ляшенко А. Б. Технічні засоби і організація протипожежного захисту суден: навчальний посібник. Одеса: ОНМУ, ОНМА, 2011. 368с.
4. Міжнародний кодекс по системах пожежної безпеки (International Code for Fire Safety Systems (FSS Code)) (MSC.98(73)) з поправками.
5. МІЖНАРОДНА КОНВЕНЦІЯ по запобіганню забрудненню з суден 1973 року (Із змінами і доповненнями, внесеними протоколом від 26 вересня 1997)
6. Методичні вказівки по виконанню розділу дипломних проектів (робіт) «Цивільний захист/оборона» / В. Б. Терновський, С. Н. Стреминовський - Одеса: ОНМА, 2011.- 49 с.
7. Власенко А.А. Суднова електроавтоматика. М.: Транспорт, 1983.
8. Самонов Ф.А. Автоматизовані електроприводи і системи управління курсом судна. Одеса: Моряк, 1989. 39
9. Богословський. Суднові електроприводи. У двох томах.- Л.: Суднобудування, 1983. 730 с. Піпченко А.Н. Розрахунок суднових електроенергетичних систем.- М.: Мортехінформреклама, 1988. 39 с.
10. Яковлев М.С. Судові електроенергетичні системи. Л.: Суднобудування, 1987. 269 с. Баранов А.П. Суднові автоматизовані електроенергетичні системи. М.: Транспорт, 1988. 328с.
11. Никифоровский Н.Н., Норневский Б.И. «Судовые электрические станции». Москва 1974р.
12. Лейкин В.С. «Судовые электрические станции и сети». Москва 1966р.
13. Каталоги обладнання фірми «Brunvoll».
14. Глобальна мережа Інтернет.

15. Бабаєв А.М., Ягодкин В.Я. Автоматизовані суднові електропріводи.
- М.: Транспорт, 1966. - 448 с.
16. Бодашко В.В. Силові напівпровідникові прилади і перетворювачная
техніка: Навчальний посібник. - Одеса: ОНМА, 2004. - 152 с.
17. Бодашко В.В. Суднові автоматизовані електропріводи: Конспект лекцій.
- Одеса: ОНМА, 2007. - 220 с.
18. Фрейдзон І. Р. Суднові автоматизовані електропріводи і системи.
- Л.: Суднобудування, 1988. - 472 с.
19. Правила технічної експлуатації судових технічних засобів. - М.:В / О
"Мортехінформреклама", 1984. - 40 с.
20. Трамперт В. Измерение, управление и регулирование с помощью AVR-
микроконтролеров. – К.: МК-Пресс, 2007. – 208 с.
21. ГОСТ 7.32-2001. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и
правила оформления
22. Басанец Н.Г. Безопасность жизнедеятельности, - ОНМА, центр
«Издатформ».- Одесса, 2009. -240с.
23. Колегаев М.А., Иванов Б.Н., Басанец Н.Г. Безопасность
жизнедеятельности и выживание на море, - Одесса: КП «Одесская міська
типографія», 2008.-352 с
24. Управление борьбой с пожарами на судах. Учебное пособие. - Одесса:
ОГМА-ЦПАП, 1997
25. Регістр судноплавства України «Правила класифікації та побудови
морських суден» 2020 рік. Том 4.
26. Електронний ресурс: <https://www.furuno.com/en/merchant/gmdss/>
27. Шишкін А.В. Глобальная морская система связи для безопасности
мореплавания. – 7-е изд., перераб. и доп. – Одесса: Одесская
Национальная Морская Академия, 2010. 332 с.
28. Судовые навигационно-информационные системы: учебное
пособие/Л.Л.Вагущенко, А.А.Вагущенко [3-е изд., перераб. И доп.]. –
Одесса: НУ «ОМА», 2016. – 238 с.