

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

Навчально-науковий інститут електромеханіки та автоматики
(заочна форма навчання)

Кафедра електрообладнання і автоматики суден

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА

на тему:

Електрообладнання, електронна апаратура та системи управління
контейнеровоза місткістю 4845 контейнерів

Виконав: студент 3 ск. курсу,
спеціальності

271 Річковий та морський транспорт

(шифр і назва спеціальності)

Слюсаренко М.В. А.С.
(підпис, прізвище та ініціали)

допущений до захисту 14.06.2021
(дата малої захисти)

Завідувач кафедри З.М. Гвоздева
(підпис, прізвище та ініціали)

Керівник В.В. Реченко
(підпис, прізвище та ініціали)

Нормоконтролер В.В. Мохайченко В.В.
(підпис, прізвище та ініціали)

Рецензент М.М. Мельников Ю.С.
(підпис, прізвище та ініціали)

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

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ЕЛЕКТРОМЕХАНІКИ ТА АВТОМАТИКИ
Кафедра Електрообладнання і автоматики суден

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач випускової кафедри

Г.М. Гвоздева
(підпис, вчене звання, П.І.Б.)

« 15 » 06 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи бакалавра

Курсант (студент) Слюсаренко Микола Валерійович

1. Тема дипломної роботи: Електрообладнання, електрична апаратура і системи управління контейнеровоза місткістю 4845 контейнерів

Затверджена наказом ректора НУ«ОМА» № 750 від 03.06. 2021 р.

2. Термін закінчення роботи: « 15 » 06 2021 року

3. Вихідні дані до роботи

Судно контейнеровоз місткістю 4845 контейнерів, його техн. експлуатаційні характеристики. Електроприводи машинного відділення. Генератори, агрегати, аварійний дизель-генератор. Судова комунікативна мережа, зовнішній зв'язок, внут. зв'язок, світ.

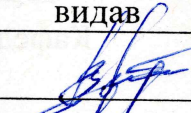
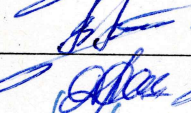
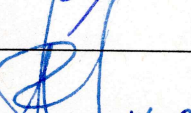
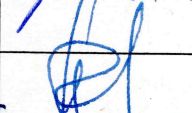
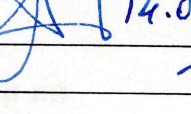
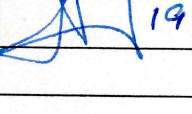
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що підлягають розробці)

1. Техніко-екс. харак. та констр. особливості судна 2. Судовий ел. прив. та система автом. констр. пускового повітря 3. Судова електроенергетична система 4. Аналіз системи та пристроїв управління судном 5. Питання цивільного захисту та охорони праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точними вказівками обов'язкових креслень)

1. Схема ел. прив. електропривода констр. пуск. повітря 2. Однолінійна схема ГРУ та АРУ 3. Схема ел. прив. світ. самозгасання світ. генератора 4. Структ.-функц. схема САУ СЕС та алгоритм сис. ГА 5. Структурна схема та граф-схема алгоритму запуску ДГ

6. Консультанти по роботі, з вказівками розділів роботи, що до них відносяться

Вид консультування	Консультант (вчене звання, посада, П.І.Б.)	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
2. САЕП	Кеценко ВВ		
3. САЕС	Кеценко ВВ		
5.1 Безпека та виживання на морі	Гармашова О.Т.		 21.05.21
5.2 Цивільний захист	Голобородько О.Р.	 14.05	 19.05

7. Календарний план виконання роботи.

№№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1.	Техніко-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна, головної силової установки, допоміжних механізмів і систем	04.05.21 - 07.05.21	
2.	Судновий електропривод та система автоматизації (САЕП)	08.05.21 - 15.05.21	
3.	Суднова електроенергетична система (СЕЕС)	16.05.21 - 26.05.21	
4.	Аналіз систем та пристроїв управління судном	27.05.21 - 04.06.21	
5.	Питання цивільного захисту та охорони праці	04.06.21 - 14.06.21	

8. Дата видачі завдання

04.05.2021 р.

Термін подання дипломної роботи на випускову кафедру 15.06.2021 р.

Керівник дипломної роботи

(підпис)

(вчене звання, посада, П.І.Б.)

Виконавець дипломної роботи

(підпис)

(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Склад дипломної роботи: 93 с., 11 рис., 15 табл., 1 додаток, 19 джерел, 5 креслень, мова українська.

У дипломному проекті зроблено вибір електрообладнання, електронної апаратури і системи управління контейнеровозу місткістю 4845 контейнерів. У роботі приведені техніко-експлуатаційні характеристики і конструктивні особливості судна, СЕУ, допоміжних механізмів і систем. Зроблено розрахунок потужності і вибір електродвигуна компресора пускового повітря.

Проведено розрахунок та вибір числа і потужності генераторних агрегатів за допомогою табличного методу. Приведений опис системи збудження та розроблена схема ГРЩ. Також була розроблена автоматизована система управління ДГ та алгоритм управління.

Розглянуті системи та прилади управління енергетичними та загальносудновими установками. Загальні відомості про встановлене електро-, радіонавігаційне обладнання і проведений аналіз системи управління і граф схема алгоритму роботи допоміжного котла.

ЕЛЕКТРОПРИВОД КОМПРЕСОРУ ПУСКОВОГО НАСОСУ,
ПРИНЦИПОВА СХЕМА, СТРУКТУРНА СХЕМА, СИСТЕМА ЗБУДЖЕННЯ
СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ, АЛГОРИТМ КЕРУВАННЯ.

ABSTRACT

Composition dyplom work: 93 p., 11fig., 15 tab., application 1, sources 19, 5 drawings, ukrainian language.

In the diploma project was made a selection of electrical equipment, electronic equipment and a container vessel management system with a capacity of 4845 containers. In this project is given the technical and operational characteristics and design features of the vessel, SES, auxiliary mechanisms and systems. The power calculation and the selection of the starting air compressor motor are made.

Calculation and selection of the number and power of generator sets using a tabular method are performed. A description of the excitation system is given and the MSB scheme is developed. Also, an automated control system for the DG and control algorithm was developed.

The systems and control devices for power and general ship installations are considered. General information on the installed electrical and radio navigation equipment, and an analysis of the control system and graph-diagram of the algorithm for the operation of the auxiliary boiler.

ELECTRIC DRIVE STARTING AIR COMPRESSOR, SCHEMATIC DIAGRAM, BLOCK DIAGRAM OF EXCITATION SYSTEM OF SYNCHRONOUS GENERATORS, CONTROL ALGORITHMS.

Перелік умовних позначень

АВ	автоматичний вимикач
АДГ	аварійний дизель генератор
АЕС	аварійна електростанція
АРЩ	аварійний розподільний щит
АПС	аварійна попереджувальна сигналізація
АКСІЗ	автоматика контролю, сигналізації і захисту
ВМ	виконавчий механізм
ГЕУ	головна енергетична установка
ГРЩ	головний розподільний щит
ГА	генераторний автомат
ГД	головний двигун
ДГ	дизель-генератор
ДК	допоміжний котел
КН	коректор напруги
КЗ	коротке замикання
КМ	контактор електромагнітної лінії
ККД	коефіцієнт корисної дії
ЛБС	лівий борт судна
МВ	машинне відділення
ПК	повітряне кондиціювання
ПЧ	перетворювач частоти
ПБС	правий борт судна
ПД	приводний двигун
РМ	рульова машина
РР	рульова рубка
РЩ	розподільний щит
СЕЕС	суднова електроенергетична станція
ТРН	тиристорний регулятор напруги
ЦПУ	центральний пульт управління

ЗМІСТ

Вступ	11
1. Технічно-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна	12
1.1 Опис корпусу судна та рушія, головної енергетичної установки, вантажного комплексу, допоміжних механізмів та систем.....	12
1.2 Вибір та обґрунтування основних параметрів СЕЕС.....	14
2. Судновий електропривод та система автоматизації компресору пускового повітря.....	15
2.1 Розрахунок потужності та вибір електродвигуна.....	15
2.2 Обґрунтування і вибір схеми живлення та управління Електроприводу.....	16
2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури та засобів електромагнітної сумісності електроприводу.....	19
2.4 Розробка інструкції з експлуатації компресору пускового повітря.....	20
3. Суднова електроенергетична система.....	22
3.1 Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості, потужності і типу основних та аварійних агрегатів СЕЕС.....	22
3.2 Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії.....	26
3.3 Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ.....	27
3.4 Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів	33
3.5 Вибір апаратів та приладів ГРЩ	40
3.6 Вибір системи збудження синхронних генераторів.....	46

3.7 Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії.....	48
3.8 Перевірка кабелю одного з найбільш віддалених електроприводів на втрату напруги.....	48
3.9 Вибір засобів автоматизації СЕЕС, розробка структурної або функціональної схеми автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, розробка алгоритмів управління СЕЕС.....	49
3.10 Загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення, суднові сигнально-відмітні вогні, низьковольтного освітлення.....	56
4. Аналіз систем та пристроїв управління судном:	
4.1 Технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем	58
4.2 Аналіз роботи системи дистанційного автоматичного управління дизель генератором.....	61
4.3 Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю, сигналізації, та внутрішнього зв'язку	68
4.4 ГМЗСБ і навігація.....	72
5. Питання цивільного захисту та охорони праці.....	75
5.1 Питання цивільного захисту	75
5.2 Питання охорони праці	84
Висновки	
Література	
Додатки	

ВСТУП

На основі всесвітнього прогресу розвиваються технології та іновації, які використовуються на сучасних судах. Вихід на якісно новий рівень техніки, що відповідають умовам сьогодення часу.

Наша задача гранично пов'язана з подальшим удосконаленням суднових енергетичних систем і всього суднового електроустаткування у цілому. Основною метою нашої праці є вивчення та удосконалення технологій, полегшення експлуатації, покращення праці та безпеки екіпажу, а також скорочення численності екіпажу, та збільшення їх продуктивності. Поліпшення експлуатаційних характеристик судна, подовження періоду між ремонтами і профілактичними оглядами, устаткування зменшення можливості виникнення небезпечних аварійних випадків через поліпшення контролю за роботою устаткування й автоматизації процесу управління його роботи швидке прийняття рішень в аварійних ситуаціях, створення передумов для вдосконалення форм організації праці екіпажу.

1.ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ І КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА.

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

У дипломній роботі розглядається електрообладнання та системи керування контейнеровоза місткістю 4 845 контейнерів. Даний контейнеровоз відноситься до спеціалізованих суховантажних суден, з необмеженим районом плавання, та використовується для перевезення стандартних контейнерів (TEU) вантажем 20 та 45 тонн. Як головний двигун використовується двигун внутрішнього згоряння. Судно має один гребний вал та гвинт фіксованого кроку.

Загальна характеристика судна

Довжина	293 м;
Ширина	32 м;
Вантажопід'ємність	55487 т;
Кількість контейнерів	4845 шт.;
Швидкість	26.3 вуз.;
Осадка:15 м;	
Кількість трюмів:6.	
Судно має подвійне дно	

Кількість контейнерів .

В трюмах:	1754;
На палубі:	3091;
Районплавання:необмежений;	
Тип головного двигуна:двохтактний дизель, реверсивний.	

Головний двигун:

Виробник	HSD-MANB&W;
Тип:	двохтактний дизель, реверсивний серії 12K90MC;

Потужність	54682 кВт;
Число обертів	94 об/хв.

Параметри ДГ:

Дизель

Виробник:HYUNDAI-MANB&W;	
Тип дизеля:	8L27/38;
Кількість циліндрів:	8;
Діаметр циліндра:	270 мм;
Хід поршня:	380 мм;
Потужність на виході:	2400 кВт;
Число оборотів:	720 об/хв.;
Пускове устаткування:	повітряний компресор.

Генератор

ВиготівникHyundai (Korea);	
Тип	HFC5 71414K;
Потужність	2200 кВт;
Частота	60 Гц;
Напруга	450 В.

Аварійний ДГ

Виробник	StamfordMarkon;
Тип	TBD234 – v12;
Потужність	220 кВт;
Число обертів	1800 об/хв.

Допоміжний котел

Виробник	KangRim;
Тип	MA09RSGY;
Робочий тиск	8 кг/см ² ;
Паровиробництво	5000 кг/см

1.2. Вибір та обґрунтування основних параметрів СЕЕС.

Електростанція

Рід струму:	змінний;
Напруга силової мережі:	450 В;
Напруга мережі освітлення:	230 В;
Частота струму:	60 Гц;
Тип приводних двигунів генераторних агрегатів:	дизель;
Кількість генераторів:	4;
Тип генераторів:	HYUNDAIHFC5 71414K;
Система збудження генераторів:	THYRIPART;
Потужність:	2750кВА;
Аварійний дизель-генератор:	275 кВА.

2. Судновий електропривод та система автоматизації компресора.

2.1. Розрахунок та вибір електродвигуна компресора.

Переваги АД можуть бути повністю реалізовані лише за умови правильного вибору та застосування електродвигуна. Від правильного вибору електродвигуна за потужністю залежать надійність його роботи у складі електромеханічної системи та енергетичні показники в процесі експлуатації. При установці електродвигуна з зайвою потужністю зростають габарити системи, її вага, вартість, погіршуються енергетичні показники. Тому потужність електродвигуна повинна вибиратися в строгій відповідності з режимом роботи і навантаженням. Отже, метою вибору електродвигуна є, по-перше, визначення технічної можливості застосування двигуна і, по-друге, знаходження найкращого варіанта з технічно можливих по каталогах.

ВИХІДНІ ДАНІ КОМПРЕСОРА:

Швидкість : 1180 об / хв;

Тиск нагнітання : 25 бар;

Продуктивність : 292 м³ / ч.

Для подальшого розрахунку перетворимо величини в одиниці СІ.

$$30 \text{ бар} = (30 \cdot 10^5) \text{ Па}$$

$$292 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}} = \frac{292}{3600} \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \approx 81 \cdot 10^{-3} \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Потужність на валу електродвигуна, необхідна для роботи компресора, визначається роботою, витраченої на підйом газу:

$$P_{\text{дв}} = \frac{Q \cdot P_{\text{нагн}} \cdot 10^{-3}}{\eta_{\text{об}} \eta_{\text{к}}} , \quad (2.1)$$

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

$P_{\text{нагн}}$ - тиск нагнітання, Па;

Q - подача, м³ / с;

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

$\eta_{\text{к}}$ - ККД компресора.

Таблиця 2.1. Коефіцієнт корисної дії поршневих компресорів

Подача, $10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$	ККД
До 5,55	0,6 – 0,65
5,55 – 16,7	0,65 – 0,75
Більш 16,7	0,75 – 0,8

Приймаємо $\eta_{об} = 0,95$, а $\eta_k = 0,9$.

Підставивши вихідні данні рівняння 2.1, отримаємо :

$$P_{дв} = \frac{81 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot 10^5}{0,95 \cdot 0,9 \cdot 3600} = \frac{202500}{2736} = 65,8 (\text{кВт}),$$

Електродвигун для компресору візьмемо серії HYUNDAI. Двигуни цієї серії відповідають загальним вимогам і призначені для нормальних умов роботи (двигуни загального призначення). Вони випускаються у всьому діапазоні потужностей і висот осі обертання, охоплених серією. Це трифазні АД з короткозамкненим ротором, розраховані на частоту живлення 60 Гц, що мають ступінь захисту IP44 або IP23.

Для приводу вибираємо двигун HYUNDAI MNBJ2S0406P

Нижче наведені технічні дані цього двигуна:

Номинальна потужність $P_n 67 \text{ кВт}$;

Номинальна частота обертання $n_n 1180 \text{ об / хв.}$;

ККД при найменшому навантаженні $\eta_n 94 \%$;

Коефіцієнт потужності $\cos \varphi 0,8$;

Кратність пускового струму $I_n / I_n 2,5$.

2.2. Обґрунтування і вибір схеми живлення та управління електроприводу.

Основні вимоги до суднового електропривода:

Від шин ГРЩ повинні одержувати живлення такі електроприводи:

Рульового та якірного пристроїв, пожежних і осушувальних насосів, насосів спринклерної системи, компресорів;

Для електроприводів механізмів, робота яких за певних умов може призвести до ушкоджень електроустаткування і загрожувати безпеці людей (вантажні засоби, шпилі, брашпилі й ін.) варто передбачати ручні пристрої безпеки, що відключають і тим самим забезпечують відключення електроприводів;

Комутаційна апаратура керування в ланцюгах електроприводів, що не є одночасно захисним пристроєм від струмів короткого замикання повинна витримувати струм короткого замикання, що може протікати в місці його установки протягом часу, необхідного для спрацьовування захисту.

Застосовувана пуско-регулююча апаратура, повинна виключати самозапуск, якщо тільки це не передбачено системою керування; опір ізоляції кабельної мережі живлення окремого електропривода під час огляду повинно бути не нижче 1 МОм.

На проектованому судні пропонуються для установки електроприводи перемінного струму з асинхронними короткозамкненими електродвигунами через такі переваги останніх (у порівнянні з електроприводами постійного струму): простота конструкції, надійність, невеликі маса і габарити, невисока вартість.

Опис роботи вибраної принципової електричної схеми електроприводу компресора пускового повітря.

В якості електродвигуна використовується асинхронний двигун (М) з короткозамкненим ротором. Захист від короткого замикання забезпечується автоматичним вимикачем 88, режим перевантаження контролюється тепловими реле 51.

Схема електроприводу забезпечує два види пуску: дистанційний (з ЦПУ) і місцевий (безпосередньо біля механізму). Дистанційний пуск (manual) здійснюється переключенням перемикача 43А1 і натисканням кнопки 3С з ЦПУ чи 3С біля компресору. Контакт 4Х отримує живлення, який своїм контактом подає живлення на головний контактор 88, тим самим компресор запускається. Зупиняється компресор завдяки кнопці 3-О. Далі, в режимі (automode) схема

працює таким чином. Якщо тиск у балоні пускового повітря менше норми, спрацьовує реле тиску PS, контактор 4X отримує живлення і тим самим забезпечить пуск двигуна.

Як тільки контактор 4X та 88 замкне свої контакти, отримають живлення:

Двигун компресору;

Електромагнітні клапани MV1,MV2,MV3 які забезпечують легкий пуск компресору, через відкриття продувальних клапанів компресору;

Через витримку часу (завдяки реле часу 2-1,2-2,4T) електромагнітні клапани MV1-2-3 закриються та компресор почне працювати. За цей час реле 28X1 отримає живлення завдяки реле тиску L.O. PRESS що приведе до початку контролю тиску мастила в компресорі.

Крім того, після початку роботи установки кожні 5 хвилин відбувається дренаж конденсату із системи. Ця умова виконується завдяки реле 2-1,2-2. Воно включається кожні 5 хвилин на період близько 3 секунд.

Коли тиск у ресивері перевищить уставку, спрацьовує реле тиску PS що приведе до розриву живлення головного та допоміжного контакту 88 і двигун зупиниться.

Схема передбачає індикацію режиму роботи двигуна: двигун в роботі (лампочка зеленого кольору G) разом з лампочкою починає працювати лічильник НМ. Лампочка червоного кольору RL1-малий тиск мастила, RL2-висока температура мастила.

Схема також забезпечує індикацію і автоматичне відключення за такими параметрами: низький тиск масла (з витримкою часу при пуску), висока температура масла, перевантаження. Будь який критичний сигнал супроводжується звуковою сигналізацією .

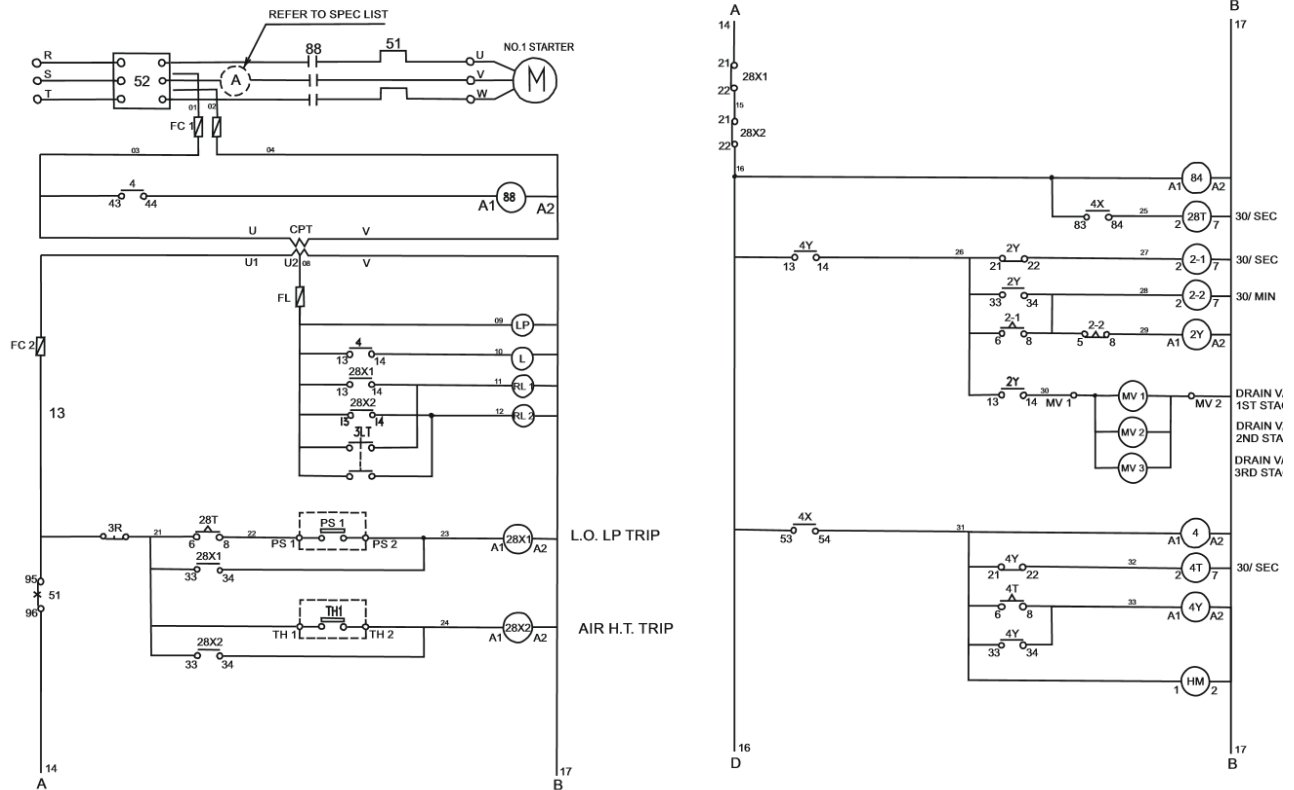


Рисунок - 2.1. Принципова схема електроприводу компресора

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

Магнітні пускачі призначені для дистанційного керування та захисту двигунів змінного струму. Найбільш вживаними є магнітні пускачі серії НіМС (HYUNDAI). Вони використовуються для мереж змінного струму з напругою 220 В та 450 В, частотою 60 Гц в інтервалі номінальних струмів 9 – 900 А. Пускачі серії UMC мають двадцять величин по номінальному струму.

Вибір пускача виконується по значенню номінального струму двигуна і по допустимому пусковому струму. Для електродвигуна компресора виберу магнітний пускач UMC-130 1504V04.30 .

Вибір пускача виконується по значенню номінального струму двигуна і по допустимому пусковому струму. Для електродвигуна компресора виберу магнітний пускач UMC-130 1504V04.30.

Таблиця 2.2. Дані магнітного пускача

Призначення пускача	Максималь ний пусковий струм, А	Номінальн ий струм, А	Допустимий робочий струм у режимах роботи, А				Максим. частота вмикань на годину
			30 хв.	5 хв.	ПВ = 40 %		
					Еквіва лентни й струм	Струм наван тажен ня	
Двигун компресора	240	96	270	350	450	510	450

Для електродвигуна компресора виберемо теплове реле НіТН90К85S з номінальним струмом двигуна 96 А та струмом нагрівача реле 100 А.

Необхідно знайти пусковий струм для вибору автоматичного вимикача:

$$I_H = \frac{P_H}{mU \cos \varphi} = \frac{65,8 \cdot 10^3}{3 \cdot 450 \cdot 0,91} = 96,1 \text{ (A)}$$

$$I_{\Pi} = I_H \cdot 6,5 = 96,1 \cdot 2,5 = 240 \text{ (A)}$$

Вибираємо автоматичний вимикач Hyundai MCCB250 250A

2.4. Розробка інструкції з експлуатації компресору пускового повітря.

Перед тим, запускати компресор потрібно перевірити рівень мастила. Якщо рівень в нормі-пускаємо компресор:

- Повертаємо головний перемикач в положення “ON”
- Вибираємо потрібний режим роботи
- Вмикаємо контроль за автоматикою компресора

Компресори цієї моделі повинні бути використані при температурі навколишнього середовища не менше ніж +5С. Також компресори мають запобіжники з високої температури повітря та низького тиску мастила. Коли один з цих запобіжників спрацює, компресор негайно зупиниться та вийде сигналізація. Якщо ми бажаємо вибрати послідовність пусків усіх компресорів, ми повинні повернути перемикач у потрібне положення.

3. РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ.

3.1. Розрахунок та вибір кількості, потужності, та типу генераторних агрегатів суднової електростанції для характерних режимів роботи судна.

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

Досвід експлуатації показує, що характер зміни навантажень СЕС відноситься до категорії випадкових процесів, тому визначати такі навантаження слід з використанням методів вірогідності.

У даний час найпоширенішим є метод таблиць, який вважається порівняно простим, наочним і універсальним. В наявних підручниках і навчальних посібниках з СЕЕС і САЕЕС [1—6], а також в ОСТІ 5.6168—80 цей метод достатньо детально освітлений і ілюстрований прикладами.

У табличному методі випадковість споживання враховується за допомогою так званих коефіцієнтів завантаження і одночасності, в тому або іншому ступені характеризуючи особливості процесу споживання.

Отже виконаємо розрахунок СЕЕС табличним методом, скориставшись програмою Microsoft Office Excel.

Для нашого судна вибираємо електростанцію змінного струму частотою 60 Гц, з напругою силової мережі 450 В та напругою мережі освітлення 230 В.

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

$$P_{CV} = P_{ДВ} \cdot n; \quad (3.1)$$

$$Q_{CV} = P_{CV} \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (3.2)$$

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

Де: P_{CV} — сумарна установа активна потужність двигуна;

Q_{CV} — сумарна установа реактивна потужність;

S_{CV} — сумарна повна потужність;

n – кількість однойменних споживачів.

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

Визначення коефіцієнта одночасності K_0 складається у 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 $\cos \varphi = f(K_3)$ згідно з якими можливо встановити наступне: якщо K_3 змінюється від 0,6 до 1, то кожне зменшення K_3 на 0,1 призводить до зменшення ККД на 0,03, а $\cos \varphi$ на 0,04. Ця закономірність дозволяє відкоригувати значення ККД та коефіцієнта потужності у всіх режимах роботи судна для кожного механізму.

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

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

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

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

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;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності режиму.

Таким чином заповнюється уся таблиця.

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 проводять 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 додатках 1, 2, 3, 4.

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

Розрахункові таблиці приведені в додатку А.

Таблиця 3.1. - Результати розрахунків навантаження в режимах

Режим	Ходовий			Стоянка			Маневри			Аварійний		
Вид навантаження	P	Q	S	P	Q	S	P	Q	S	P	Q	S
Сумарне навантаження	3559	2075	4117	2265	1336	2632	6403	3774	7447	219	138	259
З урахуванням коеф. різночасн.	2961	1660	3394	2002	1136	2302	4662	2642	5358	182	114	215
Повна	3394			2302			5358			215		
Коеф. потужності режиму	0,87			0,87			0,87			0,85		

Вибір типу та числа генераторів.

Генератори необхідно вибирати по активній потужності. При виборі генераторів необхідно користуватися наступними вимогами реєстра:

На кожному судні повинно бути передбачене основне джерело електричної енергії потужністю, що забезпечує живлення всього необхідного електричного обладнання судна в умовах. Таке джерело повинне складатися, принаймні, з двох генераторів з незалежним приводом.

Кількість і потужність генераторів з незалежним приводом і електричних перетворювачів, що входять до складу основного джерела електричної енергії, повинні бути такими, щоб при виході з ладу будь-якого з них залишилися умови забезпечення потреб та можливість живлення необхідного електричного обладнання для забезпечення руху, керованості судна і його безпеки.

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

- ходового режиму;
- маневрів;

- під час пожежі, пробоїни корпусу або інших, що впливають на безпеку плавання судна умов при роботі основного джерела електричної енергії;

- інших режимів відповідно до призначення судна.

Згідно розрахунку потужності судових агрегатів (табличним методом) у різних режимах роботи можна сказати, що найбільш важливим є режим маневрування, при якому споживана судовими агрегатами потужність є найбільшою. Тому, враховуючи цей фактор та опираючись на проведені розрахунки, в яких максимальна споживана потужність дорівнює 5340кВт, можемо обирати тип та кількість генераторів, а також приведемо їх номінальні значення. Всі необхідні данні генераторів та їх кількість приведені нижче у таблиці.

Таблиця 3.2. Дані генераторів:

№ генератора	ДГ-1	ДГ-2	ДГ-3	ДГ-4	АДГ
Повна потужність, kVA)	2750	2750	2750	2750	213
Напруга (V)	450	450	450	450	450
Частота (Hz)	60	60	60	60	60
Струм (A)	3528,2	3528,2	3528,2	3528,2	272
Cosφ	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8

3.2. Вибір акумуляторів та перетворювачів електроенергії

В якості резервного джерела живлення використовуються акумулятори типу 6FM-180 та 6CQA-195.

Таблиця 3.3. - Перелік типів акумуляторів та їх дані

Кл.	Тип	Напруга	Ємкість	Споживач	Розміщення	Цикл тех. обслуговування	Період заміни
1	6CQ A-	24V	195Ah	GMDSS	Пеленгатор на	Згідно інструкції виробника	5 років
1	6FM-180	24V	180Ah	General UPS	ЦПУ	Не обслуговуються	3 роки
2	G60	24V	56Ah	АДГ	АДГ	Не обслуговуються	8 років
1	6CQ W	24V	60Ah	Alarm monitoring	ЦПУ	Не обслуговуються	3 роки
1	ES650	24V	12Ah	ДАУ ГД	ЦПУ	Не обслуговуються	3 роки

В якості джерела живлення інших споживачів судна вибираймо трансформатори напруги :

2 штуки ТРО-3120N, 3РН, 130кВА 440/225В.;

1 штука ТРО-560N, 3РН, 60 кВА 440/225 В.;

1 штука ТРО-32700N, 3РН , 2700 кВА 440/3300В.;

1 штуки ТРО-515T, 3РН 15кВА 440/225В.

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

Лінії електропередачі, що входять в електричні мережі, підрозділяються на фідери і магістралі.

Фідером називають лінію електропередачі, включену між двома будь-якими розподільними щитами або між розподільним щитом і приймачем або джерелом електроенергії.

Магістраллю називають лінію електропередачі, паралельно до якої по її довжині підключається кілька розподільних щитів або окремих приймачів електроенергії.

У загальному випадку будь-яка електрична мережа може складатися як з фідерів, так і магістралей. Однак на практиці мережі звичайно підрозділяють на фідерній і магістральні в залежності від переважної кількості в них одних або інших ліній. При рівній кількості тих і інших мережу називають фідерно-магістральною.

При магістральному розподілі всі приймачі електроенергії одержують живлення від ГРЩ по декількох лініях — магістралям через послідовно включені в них розподільні щити РЩ. У випадку відмовлення в роботі хоча б однієї з магістралей порушується електропостачання великої кількості приймачів. Припинення живлення одного або декількох приймачів, яке можна чекати при розподілі електроенергії через фідер, майже не робить негативного впливу на експлуатацію судна. Припинення живлення значної кількості приймачів при магістральному розподілі електроенергії, як правило, зв'язано з погіршенням експлуатаційних показників судна. У зв'язку з цим на більшості сучасних судів застосовуються СЕС з фідерним розподілом електроенергії.

СЕС з фідерно-магістральним розподілом електроенергії займає у відношенні безперебійності електропостачання проміжне положення між СЕС з фідерним і СЕС з магістральним розподілом. Однак, якщо в системі через фідери живляться найбільш відповідальні і потужні приймачі електроенергії, а через магістралі — другорядні, то вона по безперебійності електропостачання наближається до фідерної.

Відповідно до Правил Регістра безпосередньо від ГРЩ електростанцій повинні одержувати живлення електроприводи кермового і якірного пристроїв, насосів (пожежні, осушувальні і спринклерної системи), компресорів; гірокомпас; шитий холодильної установки вантажних трюмів; щити основного освітлення, радіостанції, навігаційних приладів, сигнально-відмітних вогнів: електроприводи механізмів силової (енергетичної) установки: щити швартовних і шлюпкових пристроїв, вентиляції, нагрівальних приладів, пристроїв керування гвинтом регульованого кроку й інші відповідальні приймачі, що мають на даному судні. З цього випливає, що Правила Регістра віддають перевагу СЕЕС з

фідерним розподіленням електроенергії.

Однак СЕЕС з фідерним розподіленням електроенергії мають ряд недоліків, що виявляються на судах з високим рівнем електрифікації і великою кількістю приймачів електроенергії (пасажирських, промислових, науково-дослідних і ін.) До числа цих недоліків варто віднести велику довжину ГРЩ, що утрудняє його розміщення. У ряді випадків ГРЩ доводиться виконувати Г-образної або П-образної форми. Недоліком є значна трудомісткість електромонтажних робіт, викликана тим, що фідери, що відходять від ГРЩ, утворюють велику кількість різнотипних кабельних трас, багаторазово пронизуючі палуби і перебирання судна в різних напрямках. Траси часто перетинаються. Виконання таких трас вимагає заготівлі великої кількості кабелів різних діаметрів і перетинів. Для затягування, укладання і кріплення кабелів у таких криволінійних трасах залучається значна кількість людей, продуктивність праці яких досить низька.

Застосування магістралей дає можливість зменшити довжину ГРЩ і скоротити кількість трас, що відходять від них. Траси, як правило, менш криволінійні і рідше перехрещуються.

Електричні ланцюги ліній передачі мереж розподілу електроенергії СЕС виконуються цілком ізольованими від корпусу судна. Заземлення нульових точок ланцюгів на корпус судна, а також використання корпусу судна в якості струмопроводу, як правило, не допускається.

Передача електроенергії постійного струму й однофазного перемінного струму здійснюється лініями, електричні ланцюги яких є дво-провідними. Вони виконуються за допомогою двох одножильних кабелів або одного двожильного. Передача електроенергії трифазного перемінного струму здійснюється лініями, електричні ланцюги яких три-провідні або чотирьох-провідні (три фази і нульовий провід), виконані за допомогою трижильних кабелів для фаз і одножильного кабелю для нульового проводу або одного чотирижильного кабелю.

Правила Регістра пред'являють до схеми силової мережі такі вимоги:

А) Споживачі електроенергії можуть бути залучені безпосередньо до ГРЩ або до АРЩ або до вторинному РЩ;

Б) Живлення вторинних і групових РЩ може здійснюватися по наступних системах:

- 1) кільцевій;
- 2) магістральній;
- 3) фідерній;

В) Від ГРЩ повинні живитись такі споживачі:

- 1) механізми відповідального призначення;
- 2) групові щити допоміжних механізмів;
- 3) щити освітлення;

Г) від АРЩ повинен живитись комутатор сигнальних і відмітних вогнів, радіостанція, гірокомпас та ін.;

Д) кожна кабельна лінія, що відходить від ГРЩ і АРЩ повинна мати відповідний захист;

Є) силова мережа і мережа освітлення повинні бути розділені.

На підставі вищевикладених тлумачень, зважаючи на підвищені вимоги до надійності СЕС та на багато численну кількість електроспоживачів вибираємо фідерну структуру СЕС, але з частковим магістральним розподілом. Через фідери будуть живитися найбільш відповідальні і потужні приймачі електроенергії, а через магістралі — другорядні. По безперебійності електропостачання вибрана структура наближається до фідерної.

З метою підвищення безпеки і поліпшення опору ізоляції силової мережі, мережа освітлення відділена від силової трансформаторами. Схемою передбачене дистанційне відключення, сепараторів, суднової вентиляції. Деякі, найбільш відповідальні споживачі одержують живлення по двох фідерах, що можуть проходити через АРЩ.

В аварійному режимі АРЩ роз'єднується з ГРЩ і отримує живлення від аварійного дизель-генератора.

ГРЩ складається з двох основних секцій: секції 450В та 230В. За допомогою яких розподіляється електроенергія по споживачам, згідно з їх споживною напругою та призначенням.

Від шин ГРЩ повинні одержувати живлення по окремих фідерах такі споживачі [1]:

- 1) ЕП стернового приводу;
- 2) ЕП якірного пристрою;
- 3) ЕП пожежних насосів;
- 4) ЕП осушувальних насосів;
- 5) ЕП компресорів і насосів спринклерної системи;
- 6) Гірокомпас;
- 7) Секційний щит основного освітлення;
- 8) РЩ радіостанції;
- 9) РЩ навігаційних приладів;
- 10) РЩ живлення інших споживачів відповідального призначення, об'єднаних за принципом однорідності виконання функцій;
- 11) РЩ об'єднаних ПУ;
- 12) РЩ станції автоматичної сигналізації виявлення пожежі;
- 13) ЕП механізмів, що забезпечують ГД;
- 14) Зарядний пристрій акумуляторних батарей;
- 15) РЩ живлення ЕП закриття водонепроникних дверей;
- 16) РЩ холодильної установки вуглекислотного гасіння.
- 17) РЩ підрулюючого пристрою
- 18) РЩ стабілізації хитання

На основі вищевказаних вимог до конструкції і схеми ГРЩ вибираємо таке число і вид панелей: 3 генераторні панелі, 1 панель синхронізації та підрулюючого пристрою, 2 фідерна панелі споживачів 440В, 2 групові стартерні

панелі (ГСП), 1 панель для споживачів 220В, 3 аварійні фідерні панелі споживачів на 440В, 220В, 24В.

Генераторніпанелі (ГП) призначені для керування і контролю роботою генераторів. На цих панелях встановлені автоматичні повітряні трьох-полюсні автомати для комутації головного струму.

Автомати обладнані максимальними розчіплювачами струму для захисту від перевантаження , котушкою, що його може відключати дистанційним керуванням, реле зворотної потужності.

Сигнальні лампи сигналізують про положення автомата генератора, вимірювальні трансформатори струму і напруги забезпечують роботу контрольно-вимірювальних приладів. На панелях встановлені кнопки регулювання приводом серводвигуна для керування частотою і навантаженням генераторів, амперметри з перемикачами на 3 положення для контролю фазних струмів, вольтметри, частотоміри з додатковими пристроями, ватметри для контролю навантаження генераторів, плата з запобіжниками для захисту контрольно-вимірювальної апаратури та апаратури керування.

Також до функцій пристроїв цієї системи входить автоматичний запуск, зупинка ДГ, вмикання (автоматична синхронізація) і вмикання генераторів на шини ГРШ, а також розподіл навантаження між паралельно працюючими генераторами в залежності від збільшення або зменшення навантаження в судновій мережі.

Панель синхронізаціїпризначена для керування і вмикання на рівнобіжну роботу генераторів або відключення якогось із них. На цій панелі встановлений секційний трьох-смугий автоматичний вимикач із захистами аналогічними генераторним.

Також встановлені: синхроскоп, кнопки керування і лампи синхронізації генераторів, вимірювальний трансформатор напруги для роботи контрольної апаратури, по два вольтметра, частотоміра і ватметра з перемикачами на 3 положення для контролю параметрів працюючих і що

підключаються на рівнобіжну роботу генераторів. Також на цій панелі встановлений пристрій контролю рівня опору ізоляції для силової (440 В) електричної мережі судна.

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

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

Отже споживачі ГРЩ розподілені функціонально за своїм призначенням та розташовані в ЦПУ.

3.4. Розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів.

Процес короткого замикання (КЗ) — складне явище, яке зважаючи на малі довжини електричних зв'язків в судових системах частіше за все зачіпає значну частину устаткування судна. Тривалість КЗ мала і звичайно не перевищує 1с.

Проте КЗ можуть викликати такі небезпечні для елементів і для всієї системи результату, як:

- пожежа в місці КЗ через дію електричної дуги;
- руйнування електроустаткування дугою в місці КЗ;
- пошкодження електроустаткування (електричних машин, апаратів, кабелів, розподільних пристроїв) в результаті теплової і електродинамічної дії струмів в ланцюзі КЗ;
- руйнування електричних апаратів, які відключають струми, що перевищують граничну комутаційну здатність апаратів;
- помилкові спрацьовування захисних пристроїв;
- поява щодо малих струмів в результаті електричної дуги в місці КЗ, що стійко горить, і неспрацьовування захисту;

- сильне зниження напруги, порушення стійкості паралельної роботи генераторів, стійкості навантаження і т.д.

Для оцінки можливих небезпечних дій струмів на електричні системи, а також для розробки заходів щодо забезпечення правильної роботи електричного захисту з метою запобігання небезпечних дій струмів виявляється необхідним при проектуванні системи і її елементів визначати різні величини, що характеризують струми КЗ.

Правильний розрахунок струмів і відповідний облік їх при проектуванні і експлуатації забезпечують підвищення надійності електроенергетичних систем. Помилки в оцінці можливих струмів приводять до важких аварій або не виправдано високим витратам, завищеним габаритам і збільшенню маси устаткування.

Знання можливих струмів КЗ забезпечує рішення таких задач проектування і експлуатації електроенергетичних систем і їх окремих елементів, як:

- вибір системи розподілу електроенергії;
- визначення максимально допустимої сумарної потужності генераторів, що працюють паралель в тривалому режимі, виходячи з комутаційної здатності наявних автоматичних вимикачів;
- перевірка і вибір електричних апаратів і інших елементів системи по комутаційній здатності, динамічній і термічній стійкості;
- розрахунок електродинамічних (механічних) сил, діючих на струмопровідні частини;
- вибір струмообмежувальних пристроїв;
- розробка системи захисту;
- налаштування захисту, вибір режимів використання системи.

Діюче значення періодичної складової струму КЗ в ланцюзі короткого замикання, живлення якого здійснюється від одного генератора або паралель працюючих генераторів однакових (або близьких) параметрів і розташованих в

межах однієї електростанції, можна визначити, користуючись наступною формулою:

$$I_n = (I_0'' - I_0') e^{-t/\tau_d''} + (I_0' - I_{\sim}) e^{-t/\tau_d'} + I_{\sim} \quad (3.7)$$

Де: I_0'' — початкове значення над перехідного струму КЗ;

I_0' — початкове значення перехідного струму КЗ;

$I_{\sim}$ — стале значення струму КЗ;

τ_d'' , τ_d' — постійні часу над перехідного і перехідного режимів.

Значення струмів I_0'' і I_0' в ланцюзі короткого замикання визначаються по формулах

$$I_0'' = E_0'' / Z_{pl}; \quad I_0' = E_0' / Z_{p2}; \quad (3.8)$$

Де: E_0'' , E_0' - ЕДС генераторів в над перехідному і перехідному режимах;

Z_{pl} , Z_{p2} — результуючі опори ланцюга короткого замикання, одержані з урахуванням опору x_d'' у складі Z_{p1} і опору x_d' у складі Z_{p2} .

Вважаючи, що генератори до КЗ працювали з номінальним навантаженням при $I_n = 1$, $\cos \varphi = 0,8$ ($\sin \varphi = 0,6$, значення ЕДС генераторів знаходять по формулах:

$$E_0'' = 1 + I_n x_d'' \sin \varphi = 1 + 0,6 x_d''; \quad (3.9)$$

$$E_0' = 1 + I_n x_d' \sin \varphi = 1 + 0,6 x_d'. \quad (3.10)$$

Сталий струм КЗ в ланцюзі короткого замикання знаходиться по формулі

$$I_{\sim} = I_{\sim r} \frac{x_d}{Z_{p3}}, \quad (3.11)$$

Де: $I_{\sim r}$ — сталий струм КЗ генераторів (у відносних одиницях можна приймати рівним 4-6);

Z_{p3} — результуючий опір ланцюга короткого замикання з урахуванням опору x_d в його складі.

Значення струму I_n по формулі (3.1) звичайно визначається для $t = 0,01$ з t , рівного часу відключення короткого замикання.

Якщо живлення ланцюга короткого замикання проводиться від генераторів з різними параметрами, то розрахунок струмів КЗ здійснюють з використанням еквівалентних їм параметрів або за принципом накладення струмів, посланих в крапку КЗ кожним генератором окремо.

Розрахунок значно спрощується, якщо за час $t = 0,01$ з періодичну складову струму КЗ вважати не затухаючою, тобто прийняти, що

$$I_n = I_0'' = E_0'' / Z_{\rho 1} = I_0. \quad (3.12)$$

Тоді:

$$i_{y\partial.z} = K_{y\partial} \sqrt{2} I_0; \quad (3.13)$$

$$i_{y\partial} = i_{y\partial.z} + i_{y\partial.d} = \sqrt{2} I_0 (K_{y\partial} I_0 + I_0). \quad (3.14)$$

За наявності в ланцюзі короткого замикання трансформаторів напруги в розрахункову схему включаються активне r_{mp} і реактивне x_{mp} опори трансформатора, які визначаються на підставі напруги короткого замикання u_{K3} , %, і втрати в міді P_m , %, трансформатора. Відомо, що повний опір трансформатора (у відносних номінальних одиницях) визначається формулою

$$Z_{mp} = u_{K3} / 100; \quad (3.15)$$

активний опір

$$r_{mp} = P_m / 100; \quad (3.16)$$

реактивний опір

$$x_{mp} = \sqrt{Z_{mp}^2 - r_{mp}^2}. \quad (3.17)$$

Опори, приведені до базисних умов:

$$r_{\delta.mp} = r_{mp} \frac{S_{\delta}}{S_{mp}} ; \quad x_{\delta.mp} = x_{mp} \frac{S_{\delta}}{S_{mp}} , \quad (3.18)$$

Де: S_{mp} - номінальна потужність трансформатора.

Особливістю розрахунку струмів КЗ в ланцюгах з трансформаторами є те, що за базисну напругу на первинній стороні трансформатора беруть номінальну напругу на шинах ГРЩ. На вторинній стороні трансформатора базисною напругою є номінальна напруга вторинної його обмотки. Відповідно до цього до і після трансформатора будуть різні базисні струми.

Згідно з цим методом за допомогою робочої програми для розрахунку струмів КЗ фірми TERASAKI зробимо необхідний нам розрахунок.

У нижче приведених таблицях зустрічаються наступні символи:

R_a - опір статора синхронної машини;

X''_d, X'_d - зверх перехідна і перехідна реактивність генератора;

T''_d, T'_d - постійні часу зверх перехідного і перехідного режимів;

T_{dc} - постійна часу постійного струму;

R - опір;

X - реактивність;

L - довжина кабелю;

N - кількість кабелів;

E''_{q0}, E'_{q0} - ЕДС генераторів в зверх перехідному і перехідному режимах;

I''_{kd}, I'_{kd} - початкове значення зверх перехідного і перехідного струму КЗ;

I_{ac} - змінно струмова складова струму КЗ генератора;

I_{dc} - постійно струмова складова струму КЗ генератора;

I_{kd} - сталий струм КЗ;

i_p - максимальний струм КЗ;

T''_e, T'_e - постійні часу зверх перехідного і перехідного режимів включаючи неактивні складові;

Z''_e , Z'_e - опір ланцюга в зверх перехідному і перехідному режимах генератора;

Таблиця 3.4. - Зведені дані генераторів:

№ генератора	ДГ-1	ДГ-2	ДГ-3	ДГ-4
Повна потужність, (kVA)	2750	2750	2750	2750
Напруга (V)	450	450	450	450
Частота (Hz)	60	60	60	60
Струм (A)	3614,2	3614,2	3614,2	3614,2
$\cos\varphi$	0.8	0.8	0.8	0.8
R_a (%)	0.98	0.98	0.98	0.98
X''_d (%)	16.8	16.8	16.8	16.8
X'_d (%)	32.0	32.0	32.0	32.0
X_d (%)	310.1	310.1	310.1	310.1
T''_d (s)	0,0058	0,0058	0,0058	0,0058
T'_d (s)	0,1700	0,1700	0,1700	0,1700
T_{dc} (s)	0,0440	0,0440	0,0440	0,0440

Таблиця 3.5. Характеристики кабелю:

Тип кабелю	Low Volt (120x3)x12	Low Volt (120x3)x12	Low Volt (120x3)x12
R (ohm)	0.00022	0.00026	0.00036
X (ohm)	0.00013	0.00015	0.00021
L (m)	17	20	28
N	12	12	12

Таблиця 3.6. Розрахункові данні:

E''qo (V)	284,7	284,9	285,1	284,7
E'qo (V)	298	298,1	298,4	298
Ra (ohm)	0,0098	0,0098	0,0098	0,0098
X''d(ohm)	0,168	0,135	0,135	0,135
X'd(ohm)	0,320	0,209	0,209	0,209
Xd(ohm)	3,1	2,64	2,64	2,64
R (ohm)	0,00045	0,00045	0,00045	0,00045
X (ohm)	0,00651	0,00651	0,00651	0,00651
Z'e (ohm)	0.01457	0.01459	0.01466	0.01457
Z'e (ohm)	0.02244	0.02246	0.02253	0.02244
T''e (sec)	0.0058	0.0032	0.0032	0.0032
T'e (sec)	0,1700	0,1225	0,1229	0,1224
Tdce(sec)	0,0322	0,0313	0,0292	0,0322
I''kd (A)	19544,5	19517,6	19445,9	19544,5
I'kdkd (A)	13282,1	13272,3	13246,3	13282,1
Ikd kd (A)	7313,1	7313,1	7313,1	7313,1
Iac(t) t=0.5Tkd (A)	13359,3	13350,2	13325,8	13359,3
idc(t) t=0.5Tkd (A)	19748,2	19572,9	19114,5	19748,2
ip(t) t=0.5Tkd (A)	38641,2	38453	37960,1	38641,2
Iac(t) t=5Tkd (A)	284,7	284,9	285,1	284,7
idc(t) t=5Tkd(A)	298	298,1	298,4	298
ip(t) t=5Tkd (A)	0,0098	0,0098	0,0098	0,0098

Вибір генераторних автоматів

До вибору генераторного автомату, що підключає генератор трифазного змінного струму до шин ЩВН, розрахунковий струм визначають по формулі:

$$I_{г.н.} = \frac{P_{г.н.} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_{г.н.} \cdot \cos \varphi_H} \quad (3.19)$$

Для дизель генераторів отримуємо:

$$I_{г.н.} = \frac{2200 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 440 \cdot 0.8} = 3614,2 \text{ A}$$

Приймаємо для даних генераторів ГА TERA SAKI типу AR325S-MRD типу з номінальним струмом 3700A.

3.5. Вибір апаратів та приладів ГРЩ.

ГРЩ (головний розподільний щит) - складова конструкція, за допомогою якої відбувається прийом і подальший розподіл електроенергії.

ГРЩ захищає від перевантажень і струмів короткого замикання. Дана щитова конструкція обов'язково містить такі частини: вступна, секційна, лінійна панелі.

У вступній панелі ГРЩ розміщені вступні автомати, що приймають електроенергію з трансформаторів, і прилади для обліку.

У секційної панелі розміщений автоматичний вимикач для можливості живлення декількох секцій з одного вводу. Також там може бути розміщений аварійний введення резерву (АВР), використовуваний при необхідності для резервного електропостачання споживачів.

Лінійна панель призначена для живлення ліній, що відходять.

У ролі секційних і вступних апаратів можуть виступати як автоматичні вимикачі, так і вимикачі-роз'єднувачі.

Незаперечною перевагою ГРЩ є те, що він складається з розбірних секцій. Це дуже зручно.

Основними характеристиками головного розподільного щита є:

- Номінальні струми ввідних і ліній, що відходять;
- Номінальна напруга мережі;
- Система заземлення;
- Характеристики корпусу (тип, габарити, маса).

Розташування апаратури на ГРЩ повинно забезпечувати зручність керування і контролю за приладами. На кожній панелі ГРЩ повинні встановлюватися амперметр, вольтметр із перемикачами на 3 фази,

автоматичний триполюсний вимикач максимального струму з розчіплювачем миттєвої дії і захистом від перевантаження з витримкою часу (не менш, ніж у 2-х фазах), частотомір, ватметр, апарат дистанційного керування приводом регулятора частоти, реле зворотного струму, реле нульового захисту.

На ГРЩ, якщо передбачена рівнобіжна робота ГА, повинні бути встановлені устрої, що синхронізують. На ГРЩ і АРЩ повинна бути забезпечена можливість виміру розміру опору ізоляції.

Для контролю за роботою відповідальних споживачів повинні бути встановлені амперметри.

Вибираємо автоматичні вимикачі фірми Terasaki:

Team power 2: AR325S 2500A

AR216H 1600A

Team breaker 2: H100-NF 3P PM 3X2.5

H225-NF 3P PM 3X95

H630-NE 3P PM 3X(3X95)

H800-NE 3P PM 3X(3X120)

TL-1000NE 3P PM 1000 5X(3X120)

H400-NE 3P PM 2X(3X95)

Вибираємо контрольно вимірювальні прилади зі шкалою вимірювання:

- амперметри: 0~4000 A;
0-3000 A;
0-400 A;
0-600 A;
0-250-1250 A;
0-150-750 A;
- вольтметри: 0~600 В; 0~300 В;
- кіловатметри: -200~3000 кВт;
- частотоміри: 55~65 Гц;
- мегометри: ∞ -10-0 МОм;

3.6. Вибір системи збудження синхронних генераторів

Як систему самозбудження генераторів розрахованої СЕЕС вибираємо CM-HYUNDAI.

Безщітковий синхронний генератор складається з головної машини та машини збудження. Обмотка збудження головної машини отримує живлення через трифазний міст, що обертається разом з ротором. Система збудження та тиристорний контролер напруги скомбіновані в системі збудження CM-HYUNDAI.. 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.

Трифазна напруга генератора, зменшена до 24 В трансформатором, прикладається до контактів 17,18 та 19. Напруга (близько 30 В) постійного струму (контакт 20, 22, 21) на виході моста є пропорційною напрузі генератора. Ця спрямлена напруга забезпечує живлення випрямляча контролера.

Модуль регулятора живиться з клеми 13 та 15 напругою від 1 до 10 В, яка пропорційна контрольному відхиленню.

Принцип дії

Система збудження являє собою систему амплітудно - фазового управління збудженням синхронного генератора, яке забезпечується компаундувальним трансформатором струму СТ пропорційно току навантаження. Напруга генератора порівнюється із заданою напругою. Керуючий сигнал для відкриття тиристора формується залежно від виду пилкоподібної напруги, одержаної після порівняння і посилення напруги генератора. Результуючий струм збудження, чия інтенсивність злегка вище, індукується в номінальну напругу генератора. У цьому випадку ТРН неактивний: вихідна напруга генератора залежить тільки від струму порушення збудника, регульованого струмом навантаження.

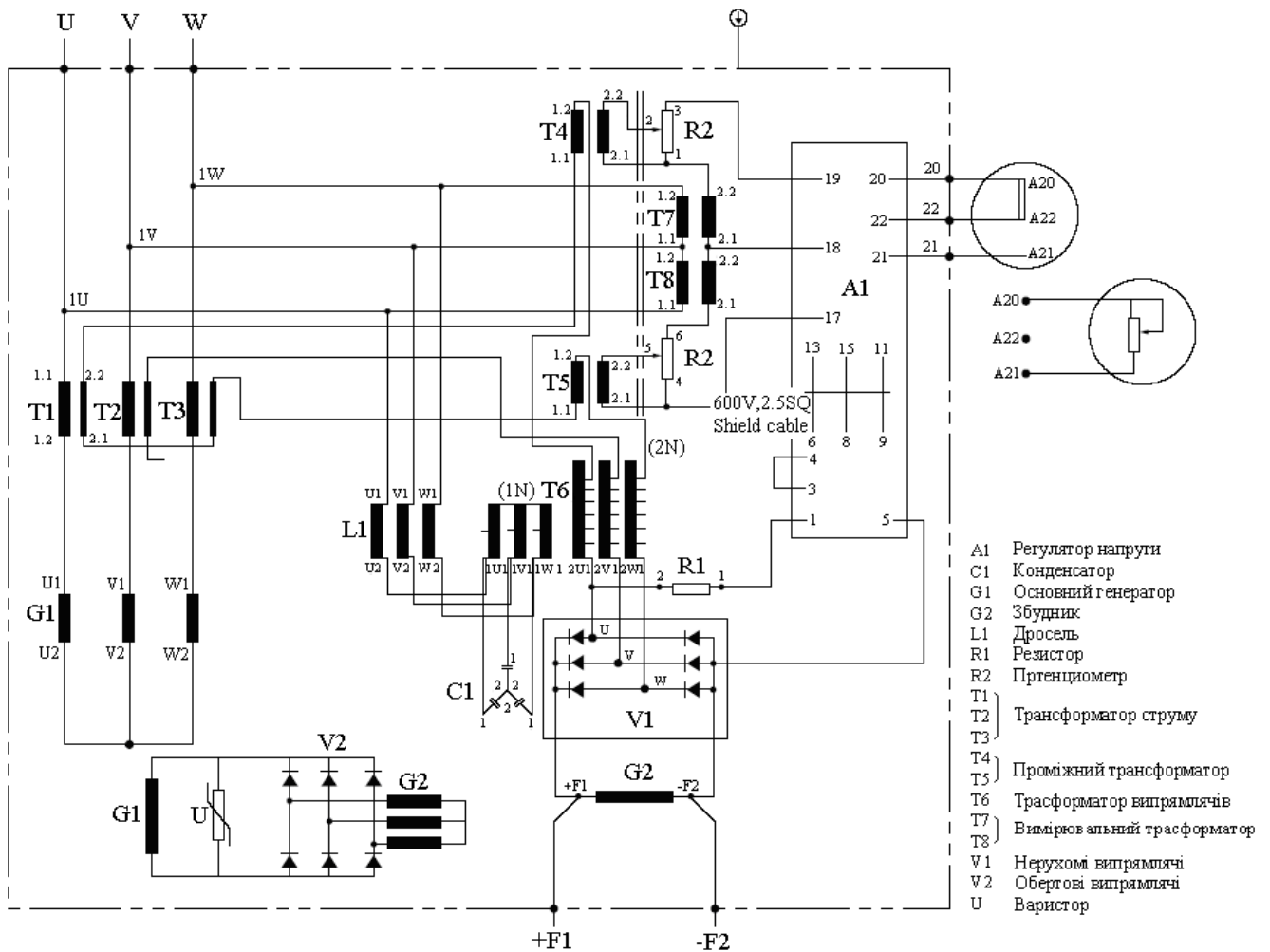


Рисунок - 3.1. Принципова схема система збудження CM-HYUNDAI.

ТРН забезпечує напругу необхідної величини, регулюючи зміну струму збудження за допомогою кута відкриття тиристора та шунтуючи ланцюг. Трифазний допоміжний збудник, перетворюючи механічну енергію в електричну, підвищує енергію збудження приблизно в 20 разів. Ця енергія надходить на обмотку збудження генератора, проходячи через обертовий діодний міст (RR). У цьому випадку струм збудження при низькому його значенні регулюється ТРН.

Роботу системи амплітудно-фазового компаундування з виконання завдання підтримки напруги зручно пояснити за допомогою векторної діаграми: За базисні вектори прийняті вектор напруги U_g і струму I_g . Вектор обмотки напруги I_n відстає від напруги генератора U_g на 90° через велику індуктивності дроселя (I_n - струм обмотки напруги). При подачі на генератор

навантаження з'являється складова I_T - струм трансформатора струму. Геометрична сума I_T і I_H дає I_p . При збільшенні струму навантаження збільшується струм трансформатора струму, і як наслідок збільшується результуючий струм, який надходячи через випрямлячі на обмотку збудження компенсує падіння напруга на генераторі - пряме струмова компаундування. При збільшенні кута φ , тобто при зменшенні $\cos\varphi$, відбувається те саме, тобто відбувається пряме фазове компаундування.

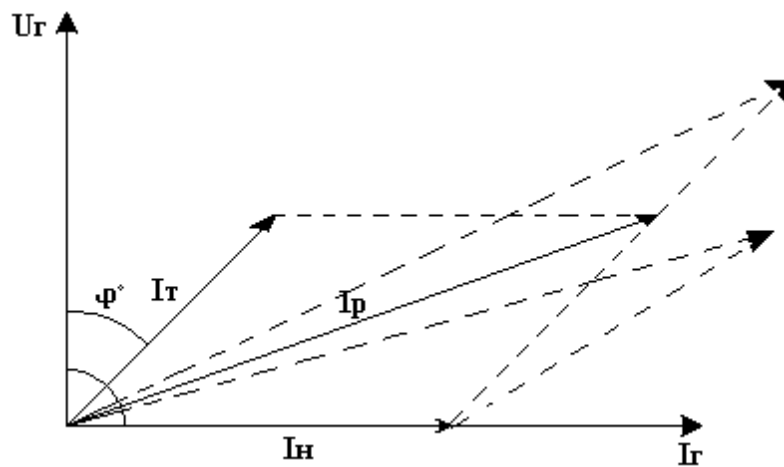


Рисунок 3.2. Векторна діаграма системи амплітудно-фазового компаундування генератора.

Автоматичний 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 U_{sol1} 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.

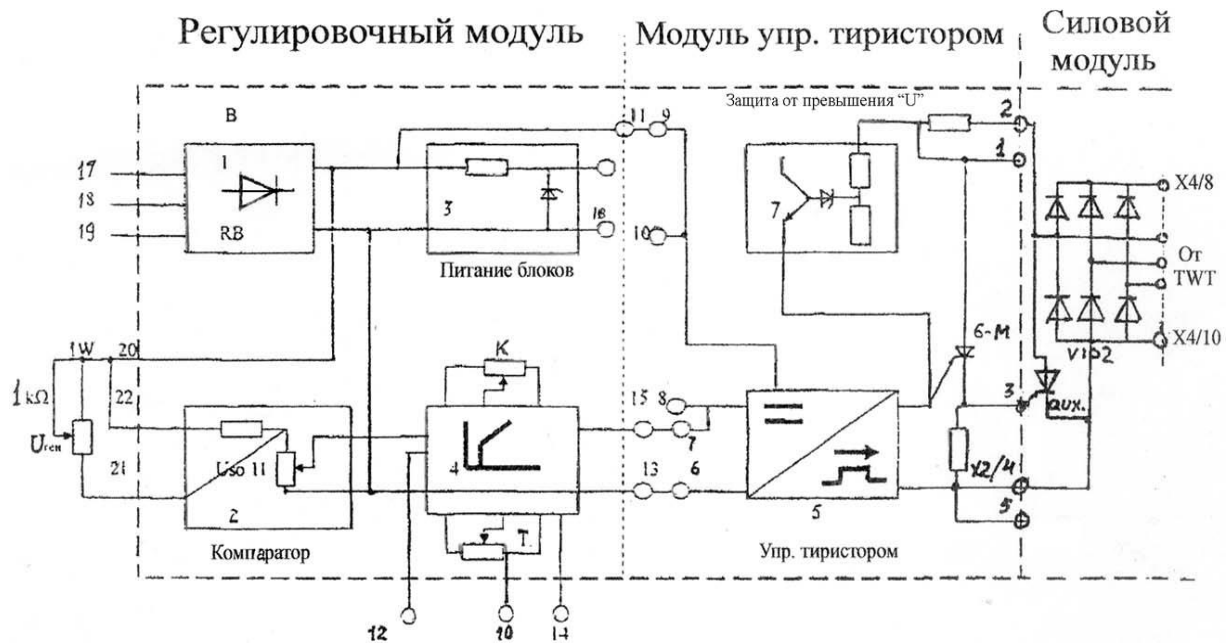


Рисунок 3.3. - Блок-схема регулятора напруги SPRESY 15

На рис. 3.3. представлена блокова схема ТРН. Вона складається з:

- модуля регулювання, RM - regulating module;
- модуля управління тиристорами зі зворотним зв'язком, FM - firing module;
- силового модуля, PM - power module.

Модуль регулювання в свою чергу складається з:

- блоку силових випрямлячів, RB - rectifier block - 1;
- компаратора поточних і заданого значень напруг генератора - 2;
- блоку живлення компонентів модулів - 3;
- підсилювача вихідної величини компаратора - 4.

Принцип дії.

Трифазна напруга генератора, що знімається з клем 17, 18 і 19, надходить на блок випрямлячів 1, випрямляється, згладжується і надходить на вхід компаратора 2 (клеми 20, 22). Цей вхідний сигнал являє собою величину, пропорційно поточній напрузі генератора - $U_{тек}$. Через клеми 20, 21 на вхід компаратора надходить сигнал, пропорційний заданому значенню напруги

генератора - $U_{\text{зад}}$. Результируючий сигнал від двох напруг $U_{\text{тек}}$ і $U_{\text{зад}}$ у вигляді пилкоподібної напруги надходить на вхід підсилювача 4, що представляє собою PID - регулятор. Для налаштування рівня посилення використовують наявні потенціометри К і Т. Посилений сигнал надходить на вхід модуля управління тиристорами. Таким чином, призначення модуля регулювання ТРН є:

- формування сигналу , пропорційного поточним значенню напруги генератора $U_{\text{тек}}$;
- формування і регулювання за допомогою EVA сигналу заданого значення напруги генератора $U_{\text{зад}}$;
- порівняння цих двох сигналів і визначення величини різниці - ΔU ;
- посилення величин цієї різниці ;
- живлення всіх компонентів ТРН.

Модуль управління тиристорами складається з:

- блоку управління тиристорами, це систему імпульсно- фазового управління, робота якого залежить від диференціала поточних і заданого значень напруги генератора ;
- блоку захисту від перенапруги, більше 600 В між клемми 1 і 5 , що забезпечує відкриття тиристора 7;
- головного тиристора.

Залежно від потенціалу компаратора 2, підсилювач 4 може дати додатковий імпульс постійного струму. Струм збудження в нормальних умовах забезпечується одним імпульсом . Якщо потрібне форсування збудження , ТРН формує поспіль два імпульсу.

Силовий модуль ТРН складається з :

- трифазного випрямляча V102 ;
- допоміжного тиристора V101 , керованого головним тиристором V22 .

У нормальному режимі , коли напруга генератора рівна номінальному значенню, ТРН не працює. Обидва тиристора заперті і струм збудження

регулюється тільки струмом навантаження . У разі пониження напруги генератора внаслідок високого навантаження включається в роботу ТРН, і кут відкриття тиристорів залежатиме від величини різниці напруги:

$$\Delta U = \pm (U_{\text{тек}} - U_{\text{зад}}) \quad (3.20)$$

Не рекомендується здійснювати регулювання, змінюючи заводські положення трансформаторів.

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 навантаженні від 0 до 100%. Система компенсації нахилу статичної характеристики забезпечує розподіл реактивного навантаження та зменшення вихідної напруги генератора якщо зростає реактивний струм. 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 CM-HYUNDAI потребує періодичного обслуговування. Надмірні відкладення пилу повинні бути видалені сухим повітрям. У разі якоїсь несправності бажано перевірити контролер напруги, ланцюги збудження головної машини та машини збудника. Для пошуку несправностей в тиристорному регуляторі напруги усі бути від'єднанні, а вторинна обмотка проміжного трансформатора закорочена.

3.7. Розрахунок провалу напруги при пуску найбільш потужного споживача електроенергії

Розрахунок провалу напруги генератора проводиться при пуску найбільш потужного агрегату на судні. Таким агрегатом у нашому випадку є мастильний насос ГД, потужність якого дорівнює 330 кВт

Параметри АД підрулюючого пристрою: $U_H = 440 \text{ В}$; $I_H = 454,7 \text{ А}$, кратність пускового струму $K_H = 5$.

Спочатку розрахуємо потужність, споживаєму при пуску данного двигуна:

$$P_{\Pi} = \sqrt{3} * \frac{U}{1000} * I_H * K_i * (0,65^2) = 1,732 * 0,44 * 82,5 * 5 * 0,65^2 = 204,3 \text{ kW A},$$

Де: U – напруга двигуна;

I_H - номінальний струм;

K_i – кратність пускового струму двигуна.

Реактивний опір генератора:

$$X''_D = \frac{x'_d + x''_d}{2} = (0,320 + 0,168) / 2 = 0,244$$

Реактивний опір при пуску:

$$X_L = \frac{P_G}{P_{\Pi}} = 2750 / 204,3 = 10,01$$

Падіння напруги:

$$V = \frac{0,244 * 100}{0,244 * 13,46} = 7,42 \%$$

Як бачимо, падіння напруги невелике и знаходиться в допустимих границях.

3.8. Розрахунок провалу напруги при пуску найбільш потужного споживача електроенергії

Робимо перевірку кабелю одного з найбільш віддалених електроприводів на втрату напруги. Вибираємо електропривод швартової лебідки - до нього прокладений кабель марки ТРҮС50 перетином 3х80 мм².

$L = 200\text{м} = 0.20\text{ км}; P = 94\text{кВт}; I = 137\text{ А}; \cos \varphi = 0,88; \sin \varphi = 0,51$
 $r = 0,35\text{ Ом/км}; x = 0.11\text{ Ом/км};$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3}IL(r \cos \varphi + x \sin \varphi)}{U} \cdot 100\% \quad (3.21)$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 137 \cdot 0,2(0,35 \cdot 0,88 + 0,11 \cdot 0,51)}{440} \cdot 100 = 3,92\%$$

Де: P – потужність приймача, кВт;

U – номінальна напруга приймача, В;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності приймача;

L – довжина кабелю, км;

I – номінальний струм приймача, А;

r – активний опір, Ом/км;

x – реактивний опір, Ом/км;

З розрахунків видно, що втрата напруги буде складати 3,92 %, що є допустимою нормою згідно Регістру.

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

Застосування загально-суднових АСУ забезпечує комплексне рішення завдань автоматизації судна. Автоматизація судових технологічних процесів дозволяє виключити людини-оператора з трудомістких, часто повторюваних і відповідальних процесів управління та контролю, особливо при виникненні аварійних ситуацій. При цьому життєзабезпечення та безпеку судна повинні бути обумовлені таким складом засобів автоматизації та електротехнічного обладнання, при якому максимально знижується вплив "людського чинника" в умовах експлуатації судна.

Основною концепцією побудови АСУ судна є реалізація всіх її підсистем на основі обмеженого за складом набору типових уніфікованих програмно-апаратних засобів.

За принципом функціонально-структурної побудови АСУ судна відноситься до класу розподілених систем (розподілена АСУ). Вона являє собою людино-розосереджених по суднових мікропроцесорних систем (станцій), об'єднаних локальною мережею передачі даних і забезпечують ефективне управління як окремими судновими об'єктами і судном в цілому. Кожна станція має власну адресу в мережі передачі даних і забезпечує виконання однієї або декількох типових функцій.

У типовий склад структурних одиниць судовий АСУ входять:

- станція операторська (СО)
- станція локальна технологічна (СЛТ)
- блок зв'язку з об'єктом (БЗО)
- панель контролю та управління (ПКУ)
- блок сигналізації та індикації (БСІ)
- блок живлення (БЖ)

В якості комплектуючих виробів для побудови судових АСУ застосовується, в основному, продукція одного з світових лідерів Schneider Electric (Франція). На вимогу замовника можуть використовуватися програмно-апаратні засоби виробництва Siemens, Omron, Wago, Terasaki та інші.

В склад системи автоматизації керування судною електроенергетичною системою входить щит контролю та керування, на якому розміщенні сигнальні та вимірювальні прилади для контролю за роботою генераторних агрегатів ГА, а також органи дистанційного керування. Система керування судною електроенергетичною системою входить в комплекс систем керування судновими технічними засобами.

В основу побудови типових систем автоматизованого керування СЕЕС покладені наступні принципи:

- Кожен ГА являється самостійною функціональною групою, яка забезпечує електропостачання споживачів в звичайних експлуатаційних та аварійних режимах;
- Всі ГА мають автоматичне та ручне керування;

- Кожен ГА функціонально незалежний (має свою будову і системи запуску, зупинки, захисту, підключення до мережі і т.д.);
- Будь-яка із систем може функціонувати самостійно;
- До складу функціональної групи входять щит контролю і керування, на якому знаходяться сигнальні та вимірювальні прилади для контролю стану всієї групи та її елементів, органи ручного (дистанційного) керування;
- Кнопки керування включені таким чином, щоб забезпечувався запуск та зупинка ГА незалежно від положення вимикачів їх систем автоматизації;
- Режим роботи функціональної групи задається оператором вручну;
- Заданий режим роботи, після дії на вимикачі системи автоматизації, піддержуються автоматично;
- Однією з умов нормального функціонування дизель-генераторів є підтримка їх в прогрітому стані, коли вони не працюють і знаходяться у резерві.

Система автоматизації керування судновою електроенергетичною системою забезпечує наступний об'єм автоматизації:

- Подачу сигналу на автоматичний пуск і підключення резервного ДГ при досягненні навантаження 90% номінального на робочому генераторі;
- Автоматичну і точну синхронізацію генераторів з шинами ГРЩ;
- Автоматичний розподіл активної загрузки між паралельно працюючими генераторами після підключення резервного;
- Автоматичне відключення автомату фідера живлення з берегу при обриві однієї з живлячих фаз та сигналізацію про зниження напруги у береговій мережі менше 85% номінального значення;
- Відключення другорядних споживачів при перенавантаженні генераторів;
- Автоматичний контроль опору ізоляції на шинах ГРЩ;
- Автоматичну світлову сигналізацію про розгрузку любого паралельно працюючого ДГ до 35% номінального значення;
- Напівавтоматичну синхронізацію з берегом;
- Дистанційний пуск і зупинку первинних двигунів ДГ через систему ДАУ СДГ та сигналізацію про їхню роботу;

- Дистанційний контроль основних параметрів електроенергії;
- Аварійно-попереджувальну сигналізацію.

Вибираємо систему автоматичного управління електростанцією фірми Terasaki на базі автоматичного контролеру GEC21 (Рис.3.4.). Система забезпечує повний контроль за роботою суднової електростанції за допомогою базових управляючих модулів. Установка незалежного управляючого модуля з дисплеєм для кожного генератора не передбачається.

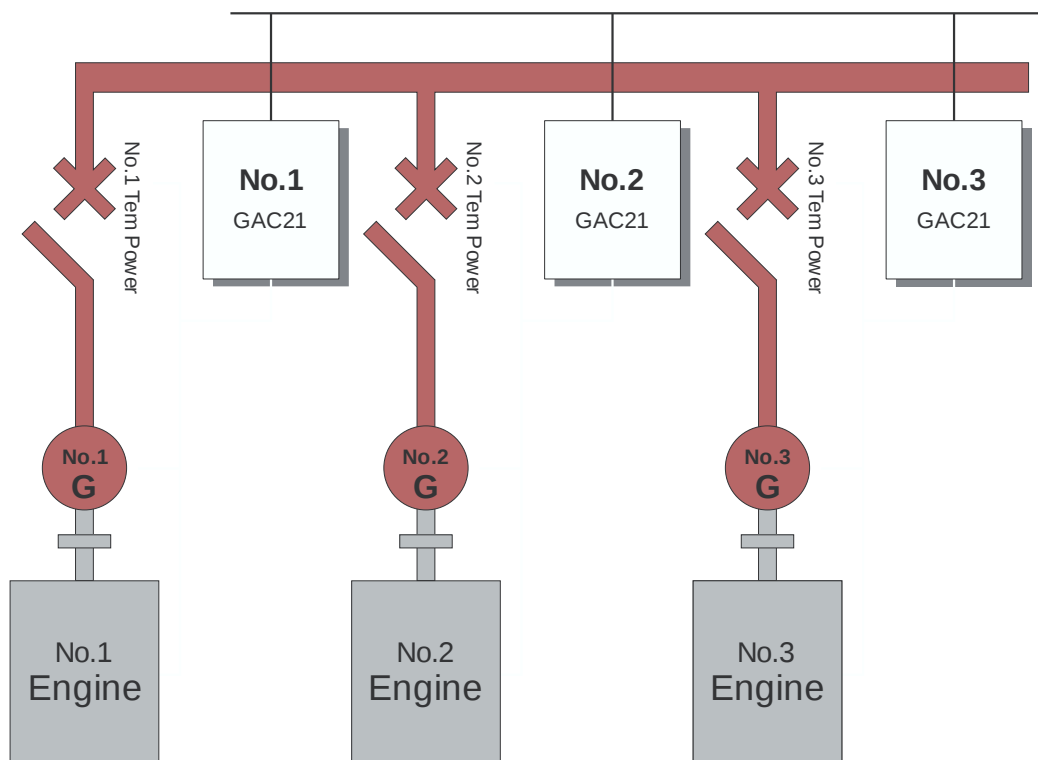


Рисунок 3.4. САУ СЕС Terasaki.

Функціонування системи виконується наступним чином:

Оператор включає живлення на систему і включає в роботу один із ГА, потім, за допомогою, відповідних перемикачів встановлює послідовність включення резервних ГА, яка може змінюватися для забезпечення рівномірного використання моторесурсу первинних двигунів, або у разі виходу зі строю яких-небудь ГА.

Автоматичний режим роботи.

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

В цьому режимі кожен генератор керується автоматичним контролером GAC21, які в свою чергу всі зв'язані між собою. На кожен контролер GAC21 (Рис.3.5.) надходить вхідний сигнал напруги та навантаження на силовій шині через індивідуальний перетворювач «V, kW, Transducer». В разі перенавантаження підсистема ДАУ СДГ забезпечує автоматичний пуск резервного ДГ та вивід його на номінальну частоту оборотів. Генератор збуджується до номінальної напруги. Після цього автоматично вступає в роботу прибор синхронізації Digital synchro EAS-101. Після закінчення процесу синхронізації починають діяти засоби розподілу активної загрузки між паралельно працюючими генераторами (управляючий сигнал надходить до релейного модулю ESM-1102, який діє на «Governor control circuit». Зі зменшенням навантаження до 35% від номінального контролер GAC21 формує сигнал в систему сигналізації про розгрузку генераторів.

Виконання функції синхронізації відбувається при отриманні відповідної команди автоматичного контролера. Дана команда формується в автоматичному режимі управління ДГ.

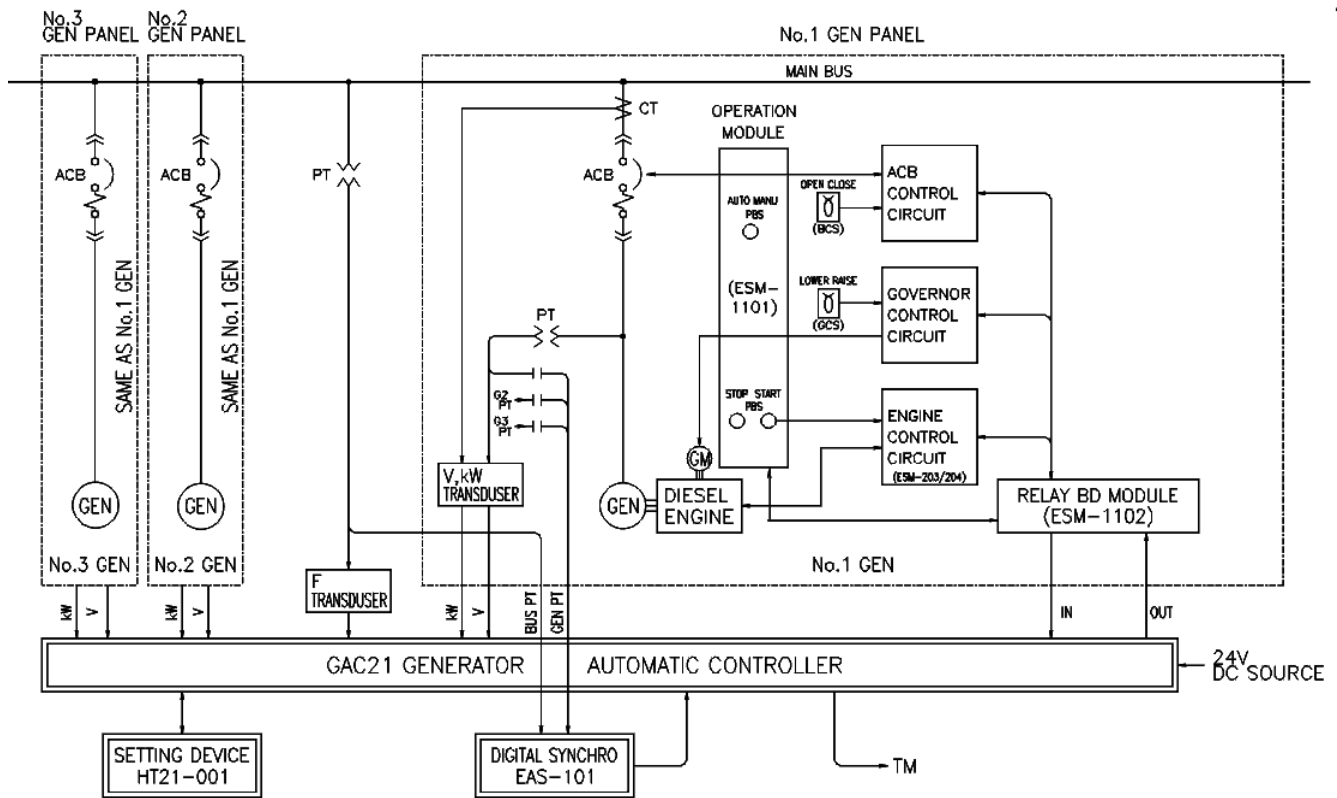


Рисунок 3.5. Структурно-функціональна схема САУ СЕС Terasaki

Граф-схема синхронізації ГА і опис, функціональних операторів:

Sh - початок програми;

A1 - формування команди на включення ГА;

P1 – генераторний агрегат готовий до синхронізації?;

A2 – переадресація команді на пуск до наступного в черзі ГА;

P2 – перевірка наявності сигналу «Black out»?;

P3 – перевірка синфазності генератора з мережею;

A3 – включення аварійної сигналізації про розбіжності фаз генератора що синхронізується та мережі;

A4 – дозвіл процесу синхронізації генератора і включення контролю часу синхронізації;

P4 – умови синхронізації генератора виконані?;

P5 – уставка витримки часу синхронізації минула?;

A5 – запит про можливість включення ГА;

P6 – дозвіл на включення ГА є?;

A7 – включення витримки часу контролю відключення ГА;

P7 – контакти ГА замкнуті?;

P8 – витримка контролю часу включення ГА минула?;

A8 – включення аварійної сигналізації «Відмова включення ГА»;

A9 – послідовність включення ГА виконана;

Sk – кінець програми.

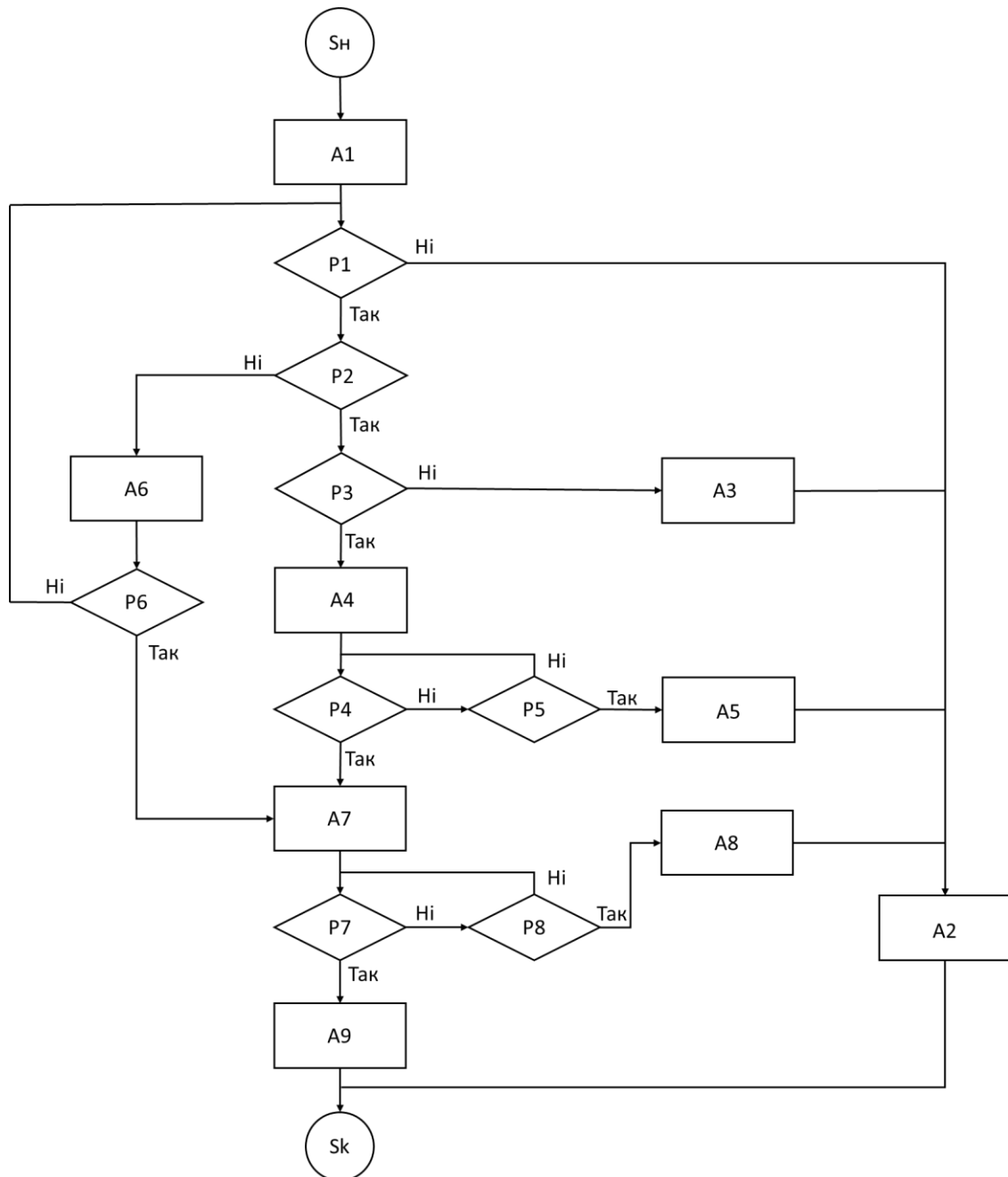


Рисунок 3.6. – Граф-схема алгоритму синхронізації ГА

3.10. Загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення, суднових сигнально-відмітних вогнях, низьковольтному освітленні

Загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення, суднових сигнально-відмітних вогнях, низьковольтному освітленні

У всіх суднових приміщеннях, місцях і просторах, освітлення яких є важливим для забезпечення безпеки плавання, керування механізмами та пристроями, населеність та евакуації пасажирів та екіпажу, встановлені стаціонарні світильники основного освітлення, які отримують живлення від основного джерела електричної енергії. Система освітлення складається з наступних ланцюгів:

- Основне освітлення судна 220В;
- Аварійне освітлення на судні 220В;
- Мале аварійне освітлення 24В постійного струму;
- Сигнально відмітні та навігаційні вогні 220В.

Основне освітлення машинного приміщення складається з чотирьох розподільних щитів освітлення, в кожній з котрих знаходяться автомати типу ВА 47-100 з током розчеплення 10А. Два щита знаходяться на головній палубі машинного відділення. Інші два знаходяться на дизель генераторній палубі. Щити отримують напругу від ГРЩ секції 220В.

Основне освітлення надбудови складається з семи щитів, які отримують напругу від ГРЩ сервісної секції 220В. На кожній палубі встановлені по щити освітлення, які відповідають за окремі каюти, службові приміщення та розетки в коридорах та каютах. Щит зовнішнього освітлення встановлений на палубі мостика.

Основне освітлення трюмів та зовнішнє освітлення трюмних кришок та вогнів вздовж судна розподіляється на 8 щитів освітлення. Один такий щит встановлюється для трьох трюмів. В них також знаходяться автомати ВА 47-100 з током розчеплення 10А. Розетки для монтажних робіт та додаткового освітлення заводяться в кожний щит відповідно трюмів.

Мережа основного освітлення призначена для освітлення приміщення та проходів, для забезпечення безпеки екіпажу. Кожний ліхтар на палубі та у машинному приміщенні захищений від потрапляння вологи та бруду. У спеціальних приміщеннях, таких як малярка та приміщення з небезпечними речовинами лампи захищені спеціальними ковпаками. Світильники зовнішнього освітлення встановлені таким чином, щоб не створювалося світлових перешкод судноводінню.

Аварійне освітлення на судні призначене для освітлення тільки найважливіших приміщень при аварійній ситуації та для освітлення доріг до шлюпочної палуби з будь якого місця на судні. Аварійне освітлення живиться 220В від АРЩ, складається з чотирьох щитів аварійного освітлення, три з яких знаходяться в машинному відділенні: один у перепускному каналі, два на головній палубі МВ. Один знаходиться на палубі С надбудови, а останній на палубі мостика.

Мережа аварійного малого освітлення призначена для мінімального освітлення проходів спеціальних приміщень та аварійних виходів у разі зникнення напруги в основній аварійній мережі. Мережа аварійного малого освітлення складається з одного щита з близько 20 контакторами, який знаходиться на палубі мостика.

4. АНАЛІЗ СИСТЕМ ТА ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ.

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

На даному етапі розвитку технологій існує великий запас механізмів та пристроїв які контролюються автоматично та без втручання людини. Це призводить до спрощення роботи та зменшення численності екіпажу, однак потребує високої кваліфікації. Комп'ютерної судова мереже є одним з основних методів зв'язку та контролю за станом судна у різних його режимах. Такий зв'язок повинен задовольняти вимогам функціональності, надійності побудови єдиної інформаційної мережі, об'єднуючої інтелектуальні контролери, датчики і виконавчі механізми. Завдяки зв'язку, який визначається терміном fieldbus (польова шина або промислова мережа), можна одночасно об'єднати у фізичний спосіб пристрої і створити програмно-логічний протокол їх взаємодії.

Застосовувана на судах система CAN дозволяє об'єднати в локальну мережу електронні блоки управління або складні датчики. Позначення CAN є скороченням від виразу Controller: Area: Network (локальна мережа, зв'язує блоки управління). Застосування системи CAN на судні дає наступні

переваги:

- Обмін даними між блоками управління проводиться на уніфікованій базі.

Цю базу називають протоколом. Шина CAN служить як би магістраллю для передачі даних.

- Незалежно діючі системи.
- Спрощується підключення додаткового обладнання.
- Шина даних CAN є відкритою системою, до якої можуть бути підключені як мідні дроти, так і скловолоконні провідники.
- Можна проводити одночасну діагностику декількох блоків управління, що входять в систему.

Наприклад візьмемо систему дистанційного автоматичного управління головним двигуном Kongsberg Maritime AutoChief®C20 Propulsion (Рис.4.1).

Система заснована на Kongsberg Maritime єдиної концепції автоматизації, де кожна індивідуальна конфігурація корабля будується з використанням стандартних модулів на прохідні подвійні CAN і локальні мережі. Система налаштовується для всіх типів суден.

Система AutoChief®C20 Propulsion управління призначений для дистанційного керування головним двигуном з комбінованим телеграфом та важелем маневрування, який розташований поруч з АСР на містку і в ЦПУ. При переміщенні цього важеля, система запускається автоматично, зупиняється і має програми набору швидкості головного двигуна.

Основними компонентами системи управління AutoChief®C20 Propulsion є:

- Панелі управління
- Система дистанційного керування
- Телеграфна система двигуна
- Система безпеки двигуна
- Цифрова система автоматичного регулювання оборотів ГД
- Рекордер маневрувань
- Розподілені блоки обробки

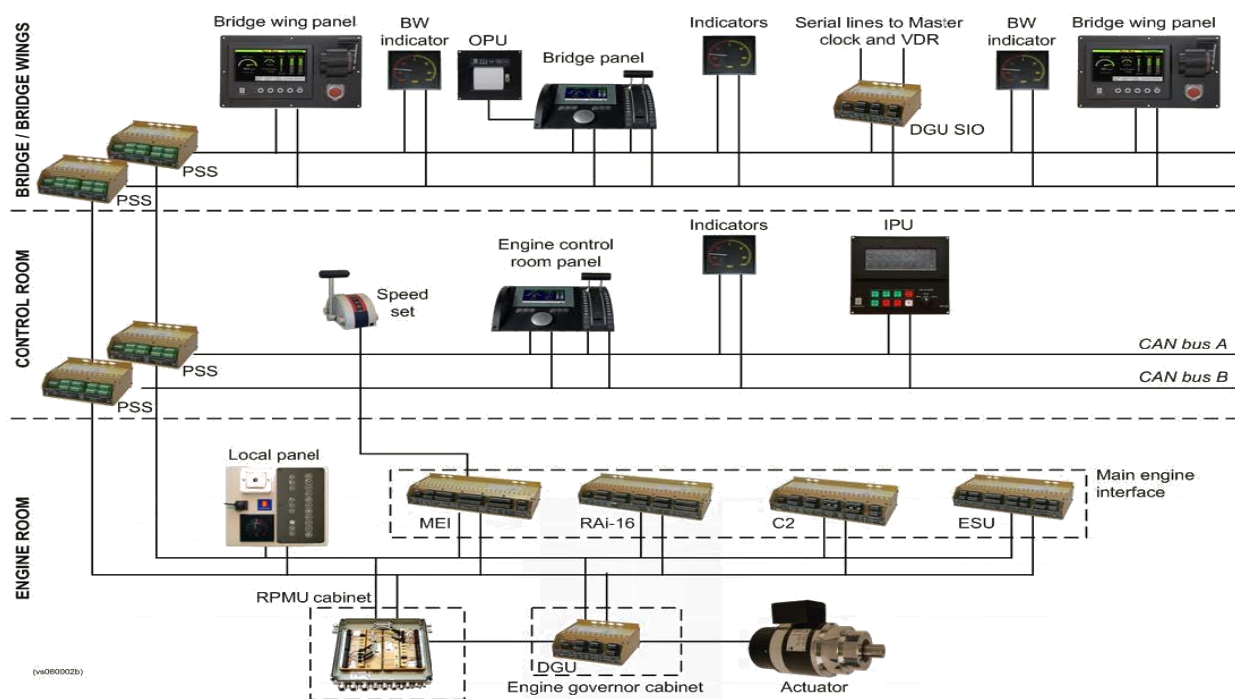


Рисунок 4.1. - Функціональна схема AutoChief®C20 Propulsion

Спільними для всіх систем є наступні ознаки:

Системи виконують однакові приписи щодо передачі даних, сформульовані в відповідному протоколі.

Для передачі сигналів використовуються два скручених між собою проводи (Twisted Pair), які ефективно протистоять зовнішнім поміхам (що необхідно, наприклад, при їх розміщенні на містку).

Один і той же сигнал передається трансівером блоку управління через обидва дроти шини, але на різних рівнях напруги; тільки в диференціальному підсилювачі приймального блоку управління формується єдиний різницевий і очищений від перешкод сигнал, що надходить потім на вхід шини CAN.

Принцип побудови мережі:

Мережа об'єднує всі блоки управління. Блоки управління підключаються до неї через трансівери (приймачі). Таким чином всі окремі станції мережі знаходяться в однакових умовах. Тобто всі блоки управління рівнозначні і жоден з них не має пріоритету. При цьому говорять про так звану багатобонентську архітектуру.

Обмін інформацією здійснюється шляхом передачі послідовних сигналів. Принципово шина CAN може працювати з одним з'єднувальним проводом однак, систему оснащують другим з'єднувальним проводом, другим проводом сигнали передаються в зворотному порядку.

Передача сигналів в зворотному порядку допомагає придушення зовнішніх перешкод.

4.2. Аналіз роботи системи управління ДАУ ДГ

Визначення функції управління:

Дана система є автоматичною системою управління, моніторингу параметрів і сигналізації суднового дизель генератора HYUNDAI.

Вимоги, що пред'являються до системи:

Система повинна виконувати наступні операції:

- Пуск і зупинку агрегату по сигналу від автоматичного пристрою або дистанційно з пульта управління;
- Дистанційне або автоматичне регулювання швидкості двигуна в межах +/- 10% від номінального значення;

Аварійно-попереджувальну або аварійну сигналізацію:

- по високій температурі масла
- по високій температурі охолоджуючої води
- по низькому тиску масла
- не включати генераторний автомат, поки двигун не прогрітий;

Аварійну зупинку двигуна приладами захисту з дією на світлову і звукову сигналізацію;

Крім того передбачена автоматизація операцій по обслуговуванню агрегату: прокачування повітря в пускові балони, поповнення цистерни витратного палива, сигналізація про зменшення рівня води в розширювальній цистерні системи охолодження.

Управління руховим агрегатом може бути здійснено уручну безпосередньо з поста управління на двигуні або з дистанційного щитка, встановлюваного в районі ГРЩ, або з пульта дистанційного керування.

Схема містить ПМ – пусковий механізм, МР – механізм зміни оборотів дизеля, ДП – дистанційний пульт, на якому розташовані кнопка запуску генератора, його зупинки, кнопка квітування, кнопки збільшення і зменшення оборотів дизеля, 8 сигнальних ламп.

На місцевому посту управління схема має 4 сигнальні лампи і звукову сигналізацію: 2ЛС – сигналізує на те, що двигун прогрітий; 3ЛС – сигналізує про те, що температура масла вище за її нормальне значення; 4ЛС – сигналізує про те, що тиск масла впало; 5ЛС – сигналізує про те, що висока температура охолоджуючої води.

Оскільки система управління має кнопки управління дизелем, які дублюються і на дистанційному пульті управління, то далі при розробці програми нехтуватимемо кнопками на дистанційному пульті управління.

Вибір органів управління(датчиків, виконавчих реле, сигнальних ламп):

Система управління ДГ повинна включати датчики для аналізу полягання генератора і дизеля, мати органи управління: виконавчі реле, пусковий механізм, механізм збільшення/зменшення оборотів дизеля і ін.

Також для індикації полягання дизеля і генератора необхідно встановить сигнальні лампи, які указуватимуть на полягання системи.

Вибрана система управління включатиме наступні датчики:

- датчик температури масла;
- датчик тиску масла;
- датчик температури охолоджуючої води;
- реле напруги, яка включає га при нормальній напрузі.

Також вона матиме наступні сигнальні лампи:

- сигнальна лампа включення га;
- сигнальна лампа температури масла;
- сигнальна лампа живлення схеми ;
- сигнальна лампа полягання дизеля (працює, не працює);
- сигнальна лампа тиску масла ;
- сигнальна лампа температури охолоджуючої води ;

Як пусковий механізм дизеля виступає клапан пускового повітря (КУП).

Скорочення, прийняті в структурній схемі:

ОПУ- основний пульт управління;

ВПУ- винесений пульт управління;

БЖ – блок живлення;

БУ – блок управління;

БЗа– блок запобіжників;

БЕН – блок елементів з невідключним живленням;

БЗу – блок зупинки;

БП – блок пуску;

БПі – блок підсилювачів (2 шт.);

БКЧ – блок контролю часу.

Всі блоки, крім ВПУ, встановлюють у машинному відділенні близько керованого ДГ. На ОПУ розташовані органи управління системою і табло світлової сигналізації. Перемикання постів керування здійснюється тумблером, розташованому на ОПУ.

Блок управління у свою чергу складається з дев'яти функціональних блоків:

БСЖ - блок стабілізованого живлення (2шт.) Забезпечують стабільну вихідну напругу для живлення логічних блоків.

БКЧ - блок контролю часу забезпечує тимчасові затримки, використовувані в системі для контролю різних операцій з пуску і зупинки ДГ.

БП - блок пуску здійснює передпускові прокачування ДГ маслом, пуск, прогрів, вихід двигуна на підсинхронну частоту обертання, прийом навантаження, а також сигналізацію про пуск, готовності до прийому навантаження, прийому навантаження.

БЗу - блок зупинки здійснює відключення навантаження, зниження частоти обертання, охолодження на холостому ходу, відключення охолодження, зупинку дизеля і видачу необхідної сигналізації.

БЕН - блок елементів з невідключним живленням, містить елементи, з яких при нормальній роботі ДГ живлення не знімається.

БЗа - блок запобіжників забезпечує зупинку дизеля при аварійних параметрах.

БПі - блок підсилювачів (2шт.) Призначені для узгодження характеристик логічної частини системи з виконавчими елементами ДГ.

Датчики.

З допомогою датчиків встановлюваних на дизелі і його системах контролюються параметри тиску і температури масла, води, швидкості обертання.

ДТЛм - датчик тиску масла перед дизелем, визначаючий роботу лічильника мотогодин (на підвищення 1,9кгс / м.кв.)

ДТММ, ДТВМ - датчик мінімальної температури масла, води(на підвищення 30 °С)

ДПДМ - датчик попереджувального тиску масла (Н.З.К. на пониження 2,0 кгс / м.кв.)

ДАТВ - датчик аварійного тиску води (на пониження 1,6 кгс / м.кв.)

ДАТМ - датчик аварійного тиску масла (на пониження 1,7 кгс / м.кв.)

ДТПМ - датчик тиску прокачування масла (на підвищення 0,5 кгс / м.кв.)

ДПТВ - датчик попереджувальної температури води (на підвищення 85 ° С)

ДПТМ - датчик попереджувальної температури масла (на підвищення 75 ° С)

ДАТМ - датчик аварійної температури масла (на підвищення 80 ° С)

ДАТВ - датчик аварійної температури води (на підвищення 90 ° С)

Значення операторів алгоритму пуску ДГ наступне:

S_н – початок програми;

P1 - команда системи автоматики на пуск дизель-генератора;

P2 - перевірка готовності даного ДГ до автоматичного пуску;

A1 - передача команди від системи автоматики на пуск наступного в черзі ДГ;

A2 - включення (відкриття) клапана пускового повітря і запуск таймера контролю часу пуску дизеля на повітрі;

P3 – дизель-генератор вийшов на задані оберти?;

P5 - час пуску на повітрі минув?;

A3 - відміна команди на пуск, формування команди на зупинку, зменшення числа спроб пуску на 1;

A4 - завдання часу паузи між спробами пуску ДГ, в на протязі цього часу сигнал знімається з виходу "START", і подається на вхід "STOP";

A5 - відміна команди зупинки;

P4 - число спроб пуску ДГ закінчилася?;

A6 - включення аварійної сигналізації "Пуск не відбувся";

A7 - відміна команди на пуск (на відкриття клапана пускового повітря), завдання часу паузи;

P6 - напруга і частота генератора в нормі?;

A8 - включення аварійної сигналізації "Пуск не відбувся";

A9 - передача команди - сигнали на пуск наступного в черзі ДГ;

A10 - формування сигналу процес пуску ДГ закінчився;

A11 - формування команди на запуск процесу зупинки ДГ.

Sk – кінець програми.

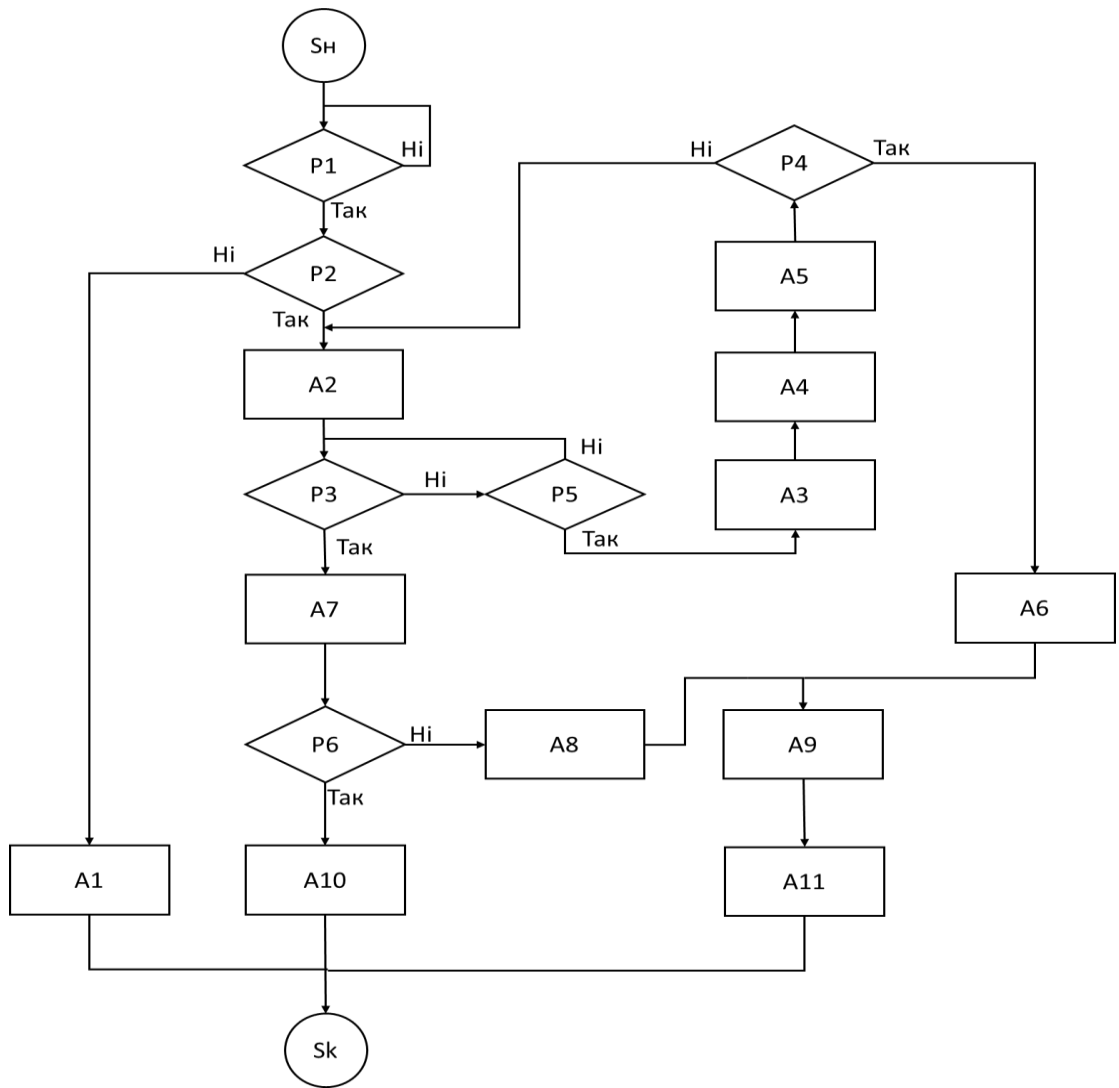


Рисунок 4.3. – Граф-схема алгоритму пуску ДГ

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

Машинний телеграф

Згідно Правилам Регіструкожний пост управління головними механізмами і рушіями повинен бути обладнаний двома засобами зв'язку з командним постом (ходовим мостиком), одним із яких є машинний телеграф, а другим — переговорний пристрій.

Машинні телеграфи служать для передачі розпоряджень про режими ходу судна з командних постів (ходового мостика) в виконавчий пост (машинне відділення) та відповіді з машинного відділення на командний пост про прийом розпорядження, крім того, для прийому в контрольних постах, як переданих наказів, так і прийнятих відповідей.

Машинний телеграф повинен одержувати живлення від ГРЩ або від щита навігаційних засобів. Всі машинні телеграфи обладнані автоматичною звуковою сигналізацією (в машинному відділенні, крім того, оптичною), яка спрацьовує при передачі розпоряджень і вимикається при правильній відповіді. При неправильній відповіді робота сигналізації повинна продовжуватися. Приймачі машинних телеграфів повинні бути забезпечені також сигналізацією про неправильне виконання команд «Вперед», «Назад».

На сучасних суднах, як правило, застосовують машинні телеграфи змінного струму індукційної системи.

Машинний телеграф складається з датчиків - приймачів на командних постах, приймачів - датчиків в машинному відділенні, контрольних приймачів, на контрольних постах (наприклад, в котельному відділенні), а також з'єднувальних ящиків та елементів сигналізації.

Тахометри гребного валу

Тахометри вимірюють частоту обертів будь-якої машини, механізму або гребного валу судна. Найбільш відповідальними на суднах є тахометри, які показують частоту і напрямок обертання гребного валу.

Електричні суднові тахометри по принципу дії вимірювальних приборів розділяють на: вольтметрові, сельсині, індукційні, компенсаційні, вібраційні; по роду струму — на тахометри постійного і змінного струму.

Найбільше розповсюдження на судах одержали тахометри вольтметрового і індукційного типів.

При управлінні машинами на відстані доцільно, щоб в чутливому елементі здійснювалось перетворювання вимірюємої величини в напругу. Це досягається за допомогою мініатюрних електричних генераторів змінного струму, в яких ротором являється постійний магніт, установлений нерухомо на валу, а статором — сталі нерухомі полюси.

Тахогенератори постійного струму замість обмоток збудження мають постійні магніти. В результаті великої кількості ламелів колектору і особливих форм вирізів канавок виробляється постійна напруга з невеликими пульсаціями, яке пропорційно частоті обертів. Перевага датчиків постійного струму — одержання поляризованої напруги, тобто одночасно визначається і напрямок обертів; недолік — збої в роботі колектора. Однак сучасні тахогенератори мають термін служби до 10 тис. г. Застосовуються вони для вимірювання частоти обертів до 1500 об/хв. Передача від валу повинна бути без сковзання (шестерінчаста, цепна).

В тахогенераторах змінного струму це можливо тільки при наявності двох обмоток із зсувом фаз 90° . Змінна напруга повинна бути випрямлена в містковій схемі. Різниця напруг обох гальванічно розділених контурів вимірюється прибором з двома поворотними котушками. Напруга на вивідках тахогенератора залежить від кількості підключених показуючих приладів. Тому в корпусі тахогенератора встановлюється навантажувальний резистор, який можна включати, або виключати. Є також резистор для підстроювання показів.

Тахометр К1803 — дистанційний, уніфікований, електронний, показуючий, аналоговий, зі шкальним відліком, з вихідним сигналом постійного струму 0—10 В. Він має два класу точності:

1,0—при роботі з реверсивним валом;

1,5—при роботі з нереверсивним валом.

Тахометр може бути використаним для визначення частоти обертів валу діаметром $30 \div 1125$ мм; діапазон вимірювання $0 \div 4000$ об/хв. Тахометр забезпечує безвідмовну роботу 5000 г. без обслуговування і контролю. В проміжках між періодами допускається обслуговування з використанням одиночного комплекту запасних інструментів та приладь без демонтажу, розцентровки та послідуного регулювання основного обладнання.

Складові частини тахометра: первинний перетворювач, проміжний перетворювач, показуючий прилад, лічильник частоти обертів.

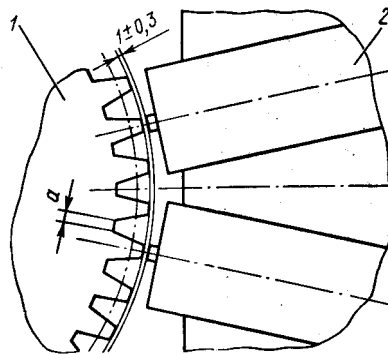


Рисунок 4.4. Схема установки первинних перетворювачів тахометру

На рис. приведена схема установки первинних перетворювачів 2 по відношенню до ротору (валу) 1 тахометра. Зазор a не повинен перевищувати 0,3 мм.

Судновий електричний зв'язок

Розрізняють прямий, командний та автоматичний телефонний зв'язок.

Система командних комутаторів в судових умовах звичайно виконує зв'язок групи управління судном. Згідно Правилам Регістру телефони групи

повинні забезпечити зв'язок рульової рубки з основними службовими приміщеннями і постами: ютом, румпельним відділенням, баком, постом спостереження на щоглі, приміщеннями аварійного джерела електроенергії і гірокомпасу, станцією об'ємного пожежогасіння, постом управління головними механізмами і котлами, радіорубкою та іншими приміщеннями, в яких розташовані пристрої, які забезпечують безпеку плавання судна.

Система командних комутаторів забезпечує централізоване управління з командного поста, де встановлюється комутатор-передатчик з виконавчими постами - приймачами, оснащеними телефонними апаратами. Достоїнства системи: швидкість і простота з'єднання з будь-яким приймачем; секретність переговорів; надійність роботи; можливість циркулярного зв'язку; постійна готовність приймачів до розмови з командним постом.

Для здійснення зв'язку між двома любими апаратами, з'єднують між собою лінії зв'язку за допомогою селективного перемикача, розміщеного в вихідному комутаторі.

Після цього посиляється сигнал виклик - індуктор, який здійснюється обертанням рукоятки індуктора, незалежно від положення трубки вихідного комутатора. Якщо мікротелефон вхідного комутатора знаходиться на апараті, змінний викличний струм, висланий індуктором визивного абонента, проходячи по визивному ланцюгу, ініціює звуковий сигнал за допомогою дзвінка і оптичний виклик — індикаторна неонova лампа. При знятті викликаючим абонентом мікротелефону, відключається дзвінок и включається розмовний тракт вхідного комутатора.

Автоматичні телефонні станції (АТС) — це станції, на яких всі операції по з'єднанню абонентів вчиняються автоматично, без допомоги обслуговуючого персоналу.

Переваги АТС: можливість з'єднання з будь-яким абонентом станції; секретність переговорів; економічність в зв'язку з відсутністю телефоніста.

АТС відносяться до загальносуднового телефонного зв'язку, так як вони застосовуються для забезпечення зв'язку між каютами суднового екіпажу, а

також суспільними приміщеннями. На судах встановлюють корабельні автоматичні телефонні станції КАТС, які випускаються промисловістю на 10, 20, 50 и 100 номерів і відповідно визначаються: КАТС-10М, КАТС-20М, КАТС-50, КАТС-100, КАТС-150/300. Станції КАТС-150/300 ємністю 150, 200, 250 и 300 номерів комплектують з 50 и 100 номерних секцій. Кожна 100-номерна секція складається з двох 50-номерних. Телефонний зв'язок на цих станціях здійснюється по двопроводним абонентським лініям.

4.4 ГМЗСБ і навігація.

Радіонавігаційна система – радіотехнічний комплекс, який включає в себе систему берегових або космічних синхронізованих випромінювачів і бортових прийомо індикаторів та необхідні для визначення місцезнаходження об'єкту – споживачів навігаційної інформації.

Окрім основної задачі місцеположення РНС можуть забезпечувати об'єкти навігаційною інформацією о параметрах їх руху, елементах їх сумарного зносу під дією сукупності різних факторів, реалізувати функції контролю за фактичним переміщенням судна відносно до обраної траєкторії руху.

В основу будування всіх сучасних РНС покладено відому властивість радіохвиль – розповсюджується по найкоротшому шляху з кінцевою швидкістю, значення якої вважається відомим відносно даних умов. Тому, використовуючи випромінювачі як навігаційні орієнтири з відомими координатами, можна вирішити задачу місце визначення об'єкту за рахунок вимірювання у його бортовому ПП тією чи іншою сукупністю параметрів спеціальним чином сформованим випромінювачами високо стабільного електромагнітного поля.

На судні використовується наступне радіо обладнання:

1. GMDSS radio station RC-1800F;
2. SSB radiotelephone FS-1570;
3. Inmarsat-c mes Felcom15;
4. Inmarsat mini-c mes Felcom16;

5. VHF radiotelephone FM-8800s;
- 6 . Facsimile receiver FAX-410;
7. Satellite epirb Tron40smark-2;
8. Earch & rescue transponder Tronsart20;
- 9 .VHF radiotelephone Tron tr20;
10. Navtex receiver NX-700a;
11. Ship security alert unit IC-307(ssas);
12. Printer PP-505-FE.

Гірокомпас - однією з характерних особливостей розвитку сучасного морського флоту є підвищення швидкості судна. Це створило перед навігаційним обладнанням складну задачу – забезпечити безпеку мореплавання суден. У рішенні цієї задачі важливе місце займає створення гірокомпасів, які могло б при високій швидкості і відповідно кращій маневреності суден, видавати справжній курс з високою точністю.

Ехолот - це прилад, необхідний для вимірювання глибини, розпізнання рельєфу дна та визначення наявності риби. Для проведення аналізу підводних просторів ехолоти використовують датчики, які посиляють ультразвукові хвилі за допомогою одного або декількох промінів та приймають віддзеркалені сигнали назад. На основі даних про час проходження цих хвиль і виводяться дані о глибині, рельєфі і структурі дна, наявності різного роду перешкод на шляху промінів, які пізніше ідентифікуються – риба, підводні каміння і т.д.

Лаг -це прилад необхідний для вимірювання швидкості ходу судна. Принцип роботи сучасних приладів побудований на вимірюванні напору води або гідролокації морського дна. Найбільш розповсюджений лаг представляє собою вертушку, яка крутиться під напором води. Число оборотів вертушки за одиницю часу визначається за допомогою електронного або механічного приладу. Зазвичай вертушка кріпиться на корпусі судна, але на малих судах використовують портативний варіант лагу, в якому вертушка викидається за корму на тросі, а замірювальний механізм знаходиться в руках у матроса.

Радіолокатор - необхідний для визначення гідрометеоутворень, небезпечних для проходження, а також для спостереження на екрані електронно-променевого індикатора радіолокаційного зображення місцевості. Крім того локатор дає можливість визначати координати радіолокаційних орієнтирів і по них судити о місці знаходження .

Радіопеленгатори є радіоприймальними приладами, необхідними для визначення напрямку на передавальну радіостанцію.

На судні використовуються наступні навігаційні пристрої:

1. Marine radar Consilium Selux ST 340;
2. FURUNO ECDIS FEA-2107
3. Switching hub HUB-100;
4. U-AIS transponder FA-150;
5. Nav. echo sounder FE-700;
6. Doppler speed log DS-80;
7. GPS navigator GP-150;
8. Interface unit IF-2503;

5. ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ

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

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

Газовий танкер «Gitta kosan» лежить в дрейфі, чекаючи дозвіл на вхід в порт Галифакс (Канада). Отримано повідомлення про інцидент на території берегового сховища: внаслідок порушення технологічного процесу (несанкціонованого підвищення тиску в резервуарі) сталося руйнування ємності із скрапленим газом. В результаті аварії розлився аміак, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Кількість СДОР, що розлилася, - 550 тон, характер розливу - «вільно». Метеорологічні умови на момент аварії: час доби - день, 12.00, температура повітря 20° С, швидкість вітру 5 м/с, вітер - зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії - 5 км. Від судна до місця аварії - водна поверхня, відкрита місцевість.

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

5.1.2. 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.

1. Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря.

За заданими метеорологічними умовами (час доби - день, швидкість вітру 5 м/с, суцільна хмарність) за допомогою таблиці 6.1 визначаємо: на момент виникнення надзвичайної ситуації ступінь вертикальної стійкості повітря ступень вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

Таблиця 6.1 - Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

Швидкіс ть вітру, м/с	Час доби					
	день			ніч		
	Наявність хмарності					
	відсутня	середня	суцільна	відсутня	середня	суцільна
1	2	3	4	5	6	7
> 4,0	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія

2. Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі.

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

Еквівалентна кількість Q_{E1} (т) речовини у первинній хмарі визначається за формулою

$$Q_{E1} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0, \quad (5.1)$$

де K_1 – коефіцієнт, залежний від умов зберігання СДОР (табл. 5.2);

K_3 – коефіцієнт, рівний відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсози СДОР (табл. 6.2);

K_5 – коефіцієнт, враховуючий рівень вертикальної стійкості повітря (для інверсії приймається рівним 1, для ізотермії – 0,23, для конвекції – 0,08);

K_7^1 – коефіцієнт, враховуючий вплив температури повітря на швидкість виникнення первинної хмари (табл. 6.2);

Q_0 – кількість виходу (розливу) СДОР.

Таблиця 5.2 - Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/м³		Температура кипіння °C	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів			
	Газ	Рідина			K1	K2	K3	K7 ^I /K7 ^{II} для температури повітря (°C)
								20
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Аміак	-	0,68 1	-33,4	15	0,01	0,025	0,04	1/1

Данні для розрахунку				
K ₁	K ₃	K ₅	K7 ^I	Q ₀
0,01	0,04	0,23	1,0	550 т

Розрахунок

$$Q_{EI} = 0,01 \cdot 0,04 \cdot 0,23 \cdot 1,0 \cdot 550,0 = 0,05 \text{ т.}$$

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

3.1. Площа розливу S_p (м²) СДОР дорівнює

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0/\rho}{h} = \frac{550,0/0,681}{0,05} = 16152,7 \text{ (м}^2\text{)}, \quad (5.2)$$

де V_p - об'єм СДОР, що розлився, м³;

Q_0 - кількість СДОР, що розлився при аварії;

ρ - щільність СДОР (табл. 6.2);

h - товщина шару аміаку, м.

Розраховуємо тривалість вражаючої дії T (год.) СДОР

$$T = \frac{h \cdot p}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{ii}} + \frac{1}{K_M \cdot V_n}, \quad (5.3)$$

де K_2 – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей СДОР (табл. 6.2);

K_4 – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (табл. 5.3);

K_7^{ii} – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (табл. 5.2);

K_M – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари СДОР (табл. 5.4);

v_n – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря (табл. 5.5).

Таблиця 5.3 - 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
1	2	3	4
Відкрита місцевість, водна поверхня	1	1	1

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

Ступень	Швидкість вітру (u), м/с
---------	------------------------------

вертикальної стійкості повітря	$1 \leq$	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ізотермія	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59

Данні для розрахунків						
H	p	K ₂	K ₄	K ₇ ^{II}	K _M	V _п
0,05	0,681	0,025	2,34	1	1	29

Розрахунок

$$T = \frac{0,05 \cdot 0,681}{0,025 \cdot 2,34 \cdot 1} + \frac{1}{1,0 \cdot 29} = 0,62 \text{ (год)} = 37 \text{ хв.}$$

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

$$Q_{E2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{II} \cdot \frac{Q_0}{h \cdot \rho}, \quad (5.4)$$

де K₁, K₂, K₃, K₄, K₅, K₇^{II} – коефіцієнти в формулах

K₆ = 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.

Данні для розрахунків									
K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇ ^{II}	Q ₀	p	h
0,01	0,025	0,04	2,34	0,23	1	1	550,0	0,681	0,05

Розрахунок

$$Q_{E2} = (1 - 0,01) \cdot 0,025 \cdot 0,04 \cdot 2,34 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{550,0}{0,05 \cdot 0,681} = 8,61 \text{ (м)}.$$

4. Визначення глибини і площі зони зараження.

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

Таблиця 5.6 - Глибина (км) зони зараження

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДОР, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19

Первинна хмара $Q_{E1} = 0,05$ т та швидкості вітру $u = 5$ м/с глибина зони зараження буде дорівнювати: $\Gamma_1 = 0,38$ км.

Для $Q_{E2} = 8,61$ т та швидкості вітру $u = 5$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою СДОР: $\Gamma_2 = 5,03$ км.

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

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 5,03 + 0,5 \cdot 0,38 = 5,22 \text{ км}, \quad (5.5)$$

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

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

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi}, \quad (5.6)$$

де N – час від початку аварії;

v_{Π} – швидкість переносу переднього фронту зараженого повітря при даній швидкості повітря і степені вертикальної стійкості повітря, км/г (таблиця 6.5)

Данні для розрахунку	
N	V _п
1	29

Розрахунок

$$\Gamma_{\text{п}} = 1 \cdot 29 = 29 \text{ км.}$$

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

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{array}{l} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\text{п}} \end{array} \right\} = 5,22 \text{ км.} \quad (5.7)$$

Визначаємо площу зони можливого зараження $S_{\text{в}}$ (км²) хмарию СДОР

$$S_{\text{в}} = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 5,22^2 \cdot 45^0 / 360^0 = 10,7 \text{ км}^2, \quad (5.8)$$

де Γ – розрахункова глибина зони зараження;

φ^0 - кутовий розмір зони зараження (табл. 5.7).

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

Швидкість вітру (u), м/с	$\leq 0,5$	0,6 - 1	1,1 - 2	>2
1	2	3	4	5
φ , град	360	180	90	45

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

$$S_{\text{ф}} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 5,3^2 \cdot 1^{0,2} = 3,6 \text{ км}^2, \quad (5.9)$$

де K_8 – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря – ізотермії (при інверсії приймається 0,081; при ізотермії – 0,133; при конвекції – 0,235).

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\phi = 45^\circ$ (табл. 6.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 5,3$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження – місцем розливу СДОР. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ^1 (км)

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_E}{D_1} \right)^\Psi, \quad (5.10)$$

де λ , Ψ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (табл. 6.8);

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

Коефіцієнти	Швидкість вітру (u), м/с							
	1 и менше	2	3	4	5	6	7	10
1	2	3	4	5	6	7	8	9
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

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

D^1 = мг.хв/л – летальна токсодоза для хлору.

Данні для розрахунку				
K_M	Q_E	D^1	λ	Ψ
1,0	8,66	6	1,34	0,542

Розрахунок

$$\Gamma_1 = 1,34 \cdot 1,0 \cdot (8,66/6,0)^{0,542} = 1,63 \text{ км.}$$

Розраховуємо глибину зони важких уражень $\Gamma_{0,4^1}$ (км):

$$\Gamma_{0,4l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_E}{D_{0,4l}} \right)^{\Psi}, \quad (5.11)$$

де $D_{0,4^1}$ мг.хв/л – значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для хлору.

Розрахунок

$$\Gamma_{0,4} = 1,34 \cdot 1,0 \cdot (8,66/2,4)^{0,542} = 2,69 \text{ км.}$$

Розраховуємо глибину зони уражень середньої важкості $\Gamma_{0,2^1}$ (км)

$$\Gamma_{0,2l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_E}{D_{0,2l}} \right)^{\Psi}, \quad (5.12)$$

Розрахунок

$$\Gamma_{0,2} = 1,34 \cdot 1,0 \cdot (8,66/1,2)^{0,542} = 3,91 \text{ км,}$$

де $D_{0,2^1}$ мг.хв/л – значення токсодози, що відповідає 20% летальної токсодози для хлору.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахункової глибини зони зараження.

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

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

$$T = \frac{X}{K_M \cdot V_{\Pi}}, \quad (5.13)$$

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

$$T = 5 / (1 \cdot 29) = 0,172 \text{ г} = 10 \text{ хвилин.}$$

5.1.3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті аварійного розливу аміаку показала, що хмара зараженого повітря досягне межі житлової надбудови судна, де укритися екіпаж, через 10 хвилин. В результаті утворення зони хімічного зараження, приміщення надбудови судна, де знаходиться екіпаж судна, потрапляють в зону легких уражень, що у свою чергу є загрозою для життя моряків. Це значною мірою ускладнює можливість проведення ефективних заходів по ліквідації наслідків розливу аміаку.

При досить швидкому підході зараженого повітря до житлової надбудови дія вражаючих концентрацій хмари триватиме 27 хвилин. Швидкість вітру (5 м/с) забезпечує збереження вражаючих концентрацій на глибині до 5,22 км.

Для зменшення людських втрат пропонується виконати наступні заходи:

- оголосити хімічну тривогу, попередити людей про аварійний випадок;
- якнайскоріше прибрати усіх людей з палуби всередину надбудови судна;
- по можливості максимально герметизувати усі приміщення в надбудові судна, в яких укритися екіпаж;
- при необхідності використати наявні на судні дихальні апарати, при цьому забезпечити контроль часу знаходження людей в апаратах (захисна дія дихальних апаратів обмежена часом у 30 хв.);
- встановити контроль концентрації СДОР на відкритому повітрі і в повітрі приміщень судна;
- підготувати екіпаж до можливої евакуації.

5.2. Охорона праці

5.2.1. Дії суднового екіпажу за тривогою «Людина за бортом».

«Людина за бортом» або MOB (Man overboard) - так називається ситуація, коли хтось падає з судна в море. Дана подія небезпечно незалежно від того, де це відбувається: у відкритому океані або в тихій портової акваторії.

Кожен моряк зобов'язаний проявляти граничну обережність під час виконання службових обов'язків на борту, оскільки завжди є ймовірність впасти за борт через погану погоду, штормових хвилювань, нещасного випадку або банальної недбалості.

Падіння людина за борт - надзвичайна ситуація, при якій максимально швидко повернути впа в на судно: через погану погоду він може потонути, а через низьку температури води - отримати переохолодження. Послідовність дій в ситуації «Людина за бортом» (MOB)

Оперативне виявлення впа в має життєво важливе значення - це істотно збільшує ймовірність швидкого порятунку, до того ж - без серйозних наслідків для здоров'я потерпілого.

Алгоритм заходів виглядає наступним чином:

1. Голосно (криком) оголосити: "Людина за бортом по правому / лівому борту"
2. Переключити рульове управління з автоматичного на ручне і повернути штурвал на відповідну сторону (лівий / правий борт).
3. Відпустити маркер MOB з того боку борту, де сталася пригода. Цей маркер оснащений самозагораючимся світловим маячком і самозаймистою димовою шашкою.
4. Натиснути кнопку MOB на GPS, щоб відзначити місцезнаходження потерпілого для подальшого орієнтування.
5. Подати в свисток звук «О» (три довгих сигналу). Це дозволить капітану і екіпажу дізнатися про аварійну ситуацію. Також слід використовувати прапорець, що позначає букву "O".
6. Якомога швидше розмістити додаткових спостерігачів.
7. Подати загальний сигнал тривоги в судновий свисток, щоб попередити весь екіпаж про необхідність зайняти свої позиції. Повторний сигнал тривоги необхідний для того, щоб члени екіпажу, які не розпізнали тривогу в сигналі

«О», поданому в рупор, зробили це тепер - вся команда повинна бути мобілізована для якнайшвидшої допомоги потерпілому.

8. Оголосити про ситуацію «Людина за бортом» по судновій системі оповіщення.

9. Повідомити про ситуацію в машинне відділення і попередити, що буде потрібно маневрування.

10. Виконати поворот Вільямсона (роз'яснення нижче).

11. Уважно спостерігати за RADAR / ARPA і включити VHF-передавач на канал 16.

12. Вести запис кожної дії в сигнальній книзі (Bell Book).

13. Виконувати накази капітана.

14. Старший помічник капітана повинен керувати діями на палубі, в тому числі спуском рятувальних шлюпок.

15. Третій помічник повинен допомагати капітанові на містку.

16. Відповідальний офіцер повинен послати "сигнал терміновості» («Urgency signal») по всім системам зв'язку, щоб кораблі, що знаходяться поблизу, були оповіщені про ситуацію.

17. Рятувальний круг (він же маркер МОВ) повинен бути в полі зору.

18. Рятувальна шлюпка повинна бути укомплектована достатнім персоналом для проведення рятувальної операції.

19. Портативний VHF-передавач повинен знаходитися на борту рятувальної шлюпки.

20. Коли потерпілий буде врятований, рятувальну шлюпку разом з рятувальним кругом слід підняти на борт.

21. При необхідності слід надати першу допомогу потерпілому.

22. «Urgency signal» повинен бути відправлений повторно по всіх каналах - для скасування останньої тривоги МОВ.

23. Відповідні записи повинні бути зроблені в судновому журналі.

24. Капітан повинен провести розслідування щодо інциденту і все ретельно запротоколювати в судновому журналі.

Двигуни можна зупиняти негайно, щоб впа в за борт не наблизився до гребного гвинта. Різкий поворот штурвала в сторону потерпілого необхідний також для безпеки - щоб корпус судна не наближався до нього.

Крик про те, що виявлена людина за бортом як найперше дію має першорядне значення: це дозволяє задіяти всю доступну робочу силу для оперативного порятунку члена екіпажу.

Рятувальний круг, він же маркер, також сприяє порятунку: димової сигнал залишає чіткий слід як днем, так і вночі. По завершенню операції рятувальний круг важливо підібрати, щоб не вводити в оману проходять повз кораблі: виявивши коло, вони можуть подумати, що поблизу є людина за бортом, і розгорнути рятувальну операцію.

Записи в судновому журналі мають важливе юридичне значення.

Важливо намагатися досягти успіху з першої спроби, оскільки навіть невелике зволікання може коштувати людського життя.

5.2.2 Організація і проведення інструктажів на морському транспорті. Види і зміст інструктажів.

Трудове законодавство зобов'язує адміністрацію підприємств проводити інструктаж і регулярне навчання працюючих безпечним прийомам роботи. Відповідальність за своєчасне проведення інструктажів, навчання екіпажів суден і за допуск їх до самостійної роботи покладається на старших помічників капітанів та старших механіків суден. Виробляються інструктажі та навчання наступних основних видів:

вступний інструктаж (вступний) - виробляється з усіма які направляються на роботу на судно (у тому числі і з практикантами при проходженні плавпрактики). Інструктаж проводиться спеціалістом з охорони праці підприємства (судновласника), як правило, в кабінеті охорони праці;

первинний - безпосередньо після прибуття на судно;

повторний - не рідше 2 разів на рік, а для працюючих з підвищеною небезпекою - кожні 6 місяців;

позаплановий - проводиться після аварій або нещасних випадків;

цільовий - перед виконанням робіт, на які необхідно оформляти наряд-допуск.

первинний, повторний, позаплановий, цільовий проводить безпосередньо керівник робіт (старший помічник капітана або старший механік або

електромеханік для екіпажів суден, що перевозять небезпечні та шкідливі вантажі.).

Чи не пройшов інструктаж до самостійної роботи не допускається.

На суднах іноземних компаній держав-членів ІМО в перший день прибуття на судно старший помічник капітана проводить з прибулим членом екіпажу заняття з загальних питань техніки безпеки. Інструктаж з питань охорони життя на морі та запобігання забрудненню повинен реєструватися в спеціальному журналі.

На робочому місці з мотористом проводиться інструктаж (Checklist No1. 08 Bridge Familiarization). Оригінал документа залишається на судні, а копія відправляється в компанію.

5.2.3 Причини і джерела пожеж на суднах. Особливості пожежі на судні.

Пожежа в суднових умовах швидко поширюється і дуже важко локалізується, чому сприяють такі чинники:

- наявність прихованих шляхів поширення по судну вогню і диму, що створюють неконтрольовані газові і повітряні потоки, які переносять теплоту по судновим приміщеннях;
- наявність великої кількості горючих матеріалів і металевих конструкцій, що нагріваються до високих температур;
- велика кількість електроустаткування і електричних ланцюгів, знеструмлення яких порушує роботу засобів пожежогасіння; остійності судна;

Пожежа на судні швидко поширюється і часто призводить до тяжких наслідків. 20% пожеж закінчуються загибеллю судна або його повним конструктивним руйнуванням. Критичним терміном локалізації пожежі є 15 хв, після чого розростання пожежі виходить з-під контролю.

Порушення встановленого режиму курення. Горюча сигарета має температуру близько 500°C, що достатньо для займання багатьох горючих матеріалів і особливо займистих рідин.

На суховантажні судна паління дозволене в каютах тільки при наявності попільничок, куріння в ліжку завжди загрожує небезпекою і тому має бути виключено. На танкері куріння дозволяється в одному-двох приміщеннях, встановлених наказом по судну. На хімовозах не тільки куріння, але і зберігання

сірників і тютюну дозволено тільки в спеціальному приміщенні. На газовозах куріння заборонено повністю.

Забороняється куріння на відкритих палубах під час бункерування і при перевантажувальних операціях з займистими та вибухонебезпечними вантажами. Забороняється куріння в машинних приміщеннях, в трюмах судна і комор, де зберігаються горючі речовини. В іноземних портах куріння на судні регламентується портовими правилами, про що екіпаж повинен бути сповіщений до заходу в порт. Недбалість при палінні - причина багатьох пожеж на судах.

Самозаймання.

Свойством самозаймання мають деякі матеріали, що застосовуються в повсякденних суднових роботах, а також окремі вантажі.

Можливо самозаймання дрантя, клоччя, парусини, постільних речей, ковдр та інших абсорбуючих (поглинаючих) матеріалів, що зберігаються у вологому вигляді навалом, в тюках або зв'язках. Імовірність самозаймання сильно зростає в тому випадку, якщо ці матеріали просякнуті органічними, рослинними оліями або тваринними жирами. Наприклад, при зберіганні промасленим дрантя в теплом, погано провітрюваному приміщенні масло починає окислюватися, виділяється теплота, яка активізує процес окислення. Температура дрантя зростає, вона запалюється - виникає осередок пожежі.

Самозаймання схильні і деякі вантажі: вугілля, кормова мука, бавовна, риб'ячий жир, арахіс, тканини всіх видів, просочені лаком, і інші вантажі підкласу 4.2. Правил перевезення небезпечних вантажів.

Відзначено випадки самозаймання промаслених металевих тирси і дерев'яних конструкцій при тривалому впливі на них низькотемпературних джерел теплоти. У початковій стадії дерево поступово обвуглюється, а потім запалюється утворився деревне вугілля, температура займання якого значно нижче, ніж у дерева.

Металеві порошки магнію, титану, цирконію і кальцію в присутності повітря і вологи швидко окислюються, в певних умовах це може привести до самозаймання.

Перед укладанням на зберігання всі самозаймається матеріали повинні бути очищені і просушені. Промасленого ганчір'я слід зберігати в спеціальному металевому ящику і своєчасно видаляти з машинного приміщення.

Несправність електричних ланцюгів і обладнання. Судовое електрообладнання працює в важких умовах: вібрація судна; вологий, просочений сіллю повітря; блукаючі струми, які утворюються в сталевому корпусі. Несправне електрообладнання може призвести до перетворення електричної енергії в теплову і стати джерелом пожежі. Найбільш легко пошкоджується ізоляція електричних кабелів, яка з часом стає крихкою і розтріскується. При пошкодженні ізоляції один оголений провід може викликати явище електричної дуги з будь-яким металевим предметом. При оголенні обох проводів може статися коротке замикання, що супроводжується виділенням теплоти. Відкрита електрична лампочка при зіткненні з горючим матеріалом може викликати його запалення. Перевантаження електричного кола викликає нагрів проводів, що може стати причиною пожежі ізоляції. Особливу небезпеку становлять тимчасові електричні висновки ("временки"), особливо в житлових приміщеннях. При несправному стані, може спостерігатися іскроутворення в колекторах електричних машин і в пускорегулюючій апаратурі.

5.2.4 Аналіз методів очистки нафтовмісних вод

Класифікація нафтоочисного обладнання

Для виділення нафтопродуктів з лляльних і баластних вод на судні або морському спорудженні має бути сепаруюча і фільтруюча установки. Судна, що не мають фільтруючого обладнання, повинні зберігати всі що містить нафту воду на борту і здавати їх на плавучі чи портови приймальні споруди.

Відповідно до існуючих вимог будь-яке судно валовою місткістю 400 рег. т і більше, але менше 10000 рег. т повинно бути оснащено обладнанням що фільтрує. Судно валовою місткістю 10000 і більше повинно бути оснащено обладнанням що фільтрує. і пристроєм сигналізації та автоматичного припинення скидання суміші, що містить нафту в разі, якщо вміст нафти в стоці перевищує 15 ppm. (Додаток I, Правило 16, МАРПОЛ-73/78).

Нафтоочисні обладнання за ступенем очищення лляльних вод поділяється на:

нафтоводяне сепаруюче обладнання-це сепаратор або фільтр або їх комбінація, які забезпечують отримання вмісту нафти в лляльних водах менше 100 ppm;

нафтофільтруюче обладнання-це комбінація пристроїв (сепаратора, фільтра, елемента, що коалесцірує), яка забезпечує одержання утримання нафти в лляльних водах не більше 15 ppm.

За принципом дії нафтоводяної сепараційні установки можна умовно розділити на наступні основні типи:

гравітаційні (природний отстой) - найбільш економічні, але цей тип сепараційних установок не забезпечує необхідної якості очистки;

флотаційні (насичення води, що очищається найдрібнішими бульбашками повітря, які при спливанні захоплюють за собою частки нафтопродуктів і утворюють при цьому нафтоводяної піну, яка скидається в збірну цистерну);

коалесцируючіє (укрупнення частинок нафтопродуктів за рахунок їх злиття на матеріалі, що коалесцирує з подальшим відривом укрупнених крапель від поверхні матеріалу, що коалесцирует, всплоти і стоці в збірний танк).

фільтраційні (затримання частинок нафтопродуктів шаром фільтруючих матеріалів);

відцентрові (поділ частинок різної щільності при впливі відцентрових сил).

Відомо, що частинки нафтопродуктів в лляльних та інших забруднених нафтою сумішах, як правило, знаходяться в підвішеному стані. Нафтоводяна емульсія містить нафтові краплі діаметром не більше 250 мкм. Краплі, починаючи з діаметра понад 200 мкм, швидко спливають, утворюючи на поверхні води нафтову плівку. В емульсії зберігаються в стійкому стані близько 50% крапель нафти діаметром до 10 мкм, 25% крапель діаметром від 10 до 30 мкм, решта - це краплі від 30 до 200-250 мкм. Залежно від розміру часток утворюється той чи інший стан нафтоводяної суміші.

Технологічно лляльні води погано очищаються від нафти шляхом гравітаційного відстою, оскільки сили тертя при спливанні дрібних крапель нафти порівнянні з підйомною силою спливання, а найбільш дрібні частинки схильні до молекулярному впливу, що перешкоджає їх спливання. Цим пояснюється, що в ряді випадків сепараційні установки цього типу, які успішно пройшли стендові випробування, виявляються недостатньо надійними в реальних умовах експлуатації.

Нафта, потрапляючи в лляльні води в результаті перемішування з водою, при хитавищі судна, при проходженні через трубопроводи і клапани піддається емульгуванню, яке не утворює мелкодисперсійну фазу і нафту швидко

відстоюється. При проходженні нафтоводяної суміші через насос нафтові краплі дробляться, утворюючи стійку емульсію («вторинне емульгування»). Таку емульсію, створювану насосами відцентрового типу та швидкохідними поршневими насосами, гравітаційним відстоєм розшарувати неможливо.

Найбільш ефективні умови для роботи сепаратора гравітаційного типу забезпечуються при роботі його в вакуумному режимі, тобто коли насос, встановлений на виході сепаратора, «протягає» суміш через сепаратор. При цьому режимі повністю виключається вторинне емульгування, завдяки чому нафтовмісту на виході знижується в 1,5-2 рази в порівнянні з подачею води, що містить нафту при напорі з боку насоса на вході в сепаратор.

Конструктивно сепараційні установки можуть бути одноступінчастими, двох - і багатоступінчастими.

Визнано, що найбільш ефективною є двоступенева система грубої і тонкої очисток. Грубе очищення здійснюється в сепаруючих пристроях відстійного типу, коли від води відокремлюються грубодисперсійні частки нафтопродуктів. Тонке очищення забезпечується фільтрами типу які коалесцирует. Одного з можливих варіантів системи очищення нафтовмісних вод може бути наступний (рис.5.1).



Рис. 5.1. Схема двоступеневої очистки забруднених вод (ЦСН - цистерна стічних нафтопродуктів; ФТО - фільтр тонкого очищення; ФГО - фільтр грубого очищення; САВРІУС - система автоматичного виміру, реєстрації та управління скиданням)

Нефтезагрязненна вода подається насосами з льял в ФГО. ФГО повинен забезпечувати прийом не менше добового обсягу вступників забруднених вод, що забезпечує необхідні умови відстою між двома періодичними відкачування.

Суміш, що содержить нафту, в ФГО підігрівається насиченою парою низького тиску. З ростом температури обсяг нафтових крапель збільшується швидше і підйомна сила зростає, забезпечуючи спливання крапель на

поверхню. Через клапанний пристрій нафта з поверхні надходить в нафтозбірник, а потім - в ЦСН.

У міру грубої очистки нафтовмісна суміш надходить в ФТО коалесцируючого типу, в якому відбувається укрупнення частинок нафти і їх злиття при проходженні через матеріал, який коалесцирует і наступним відділенням цих частинок від води. У якості матеріалів, які коалесцируют застосовуються шерсть, скловолокно або пенопропілен. З суміші нафтопродукти, які виділилися, перетікають в ЦСН, а очищена вода після контролю САВРІУС скидається за борт.

Вчинено природно, що експлуатація сепараціонного і фільтруючого обладнання повинна здійснюватися в суворій відповідності з наявними на них інструкціями. Перевищення, наприклад, швидкості перекачування, заданої інструкцією, може стати причиною збільшення вмісту нафти в водах, що скидаються. Максимальну швидкість перекачування слід застосовувати при низькій вихідній концентрації нафти у воді, а при обробці сильно забрудненої води швидкість перекачування рекомендується знижувати. Всі відмови в роботі сепараціонного і фільтруючого обладнання необхідно фіксувати в формулярах на це обладнання.

У разі коли встановлене на судні обладнання в силу своїх технічних характеристик або через несправність не може знизити вміст нафти в лляльних і / або баластних водах до допустимого рівня (15 ppm), то скидання за борт не проводиться. В цьому випадку водяні суміші які містять нафту, необхідно збирати в судові відстійні цистерни з подальшою здачею в портове приймальне спорудження.

ВИСНОВКИ

На сьогоднішній день тема автоматизації та електрифікації суден є дуже актуальною. На сучасних суднах широке застосування одержали системи дистанційного автоматичного управління і моніторингу за технологічними процесами, що стало можливим завдяки впровадженню на суднах останніх досягнень в області комп'ютерної техніки. Сучасні технології дозволяють застосовувати різноманітні технічні засоби збору, перетворення, передачі інформації, що спрощують контроль і управління суднових агрегатів, але в зв'язку з цим ускладнюється їх обслуговування.

Виконані розробки, показали, що тема, розглянута в даній дипломній роботі, актуальна, і подальший розвиток її дозволить в майбутньому здійснити перехід до більш повного об'єму автоматизації управління судном і до більшої міри безпеки мореплавання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Довідник суднового електротехніка, 1,2 том /під ред. Китаєнко Г.И. / –Л.: Суднобудування,1980
2. Довідник “Суднові електроприводи”, 1,2 том /під ред. Богословського А.П./– Л.:Суднобудування,1983
3. Піпченко А.Н. розрахунок суднових електроенергетичних систем. Навчальний посібник з курсового і дипломного проектування.–М.: У/ПРО “Мортехінформ-реклама”,1998
4. Лейкін В.С. “Суднові електростанції і мережі”–М.:Транспорт,1973
5. Іванов Б.И. Техніка безпеки на судах морського флоту. Навчальний посібник. М.: У/ПРО “Мортехінформреклама”, 1985
6. Коноваленко Л.К. Техніка безпеки при експлуатації електроустановок на морському транспорті.-М.: Транспорт,2002
7. Морський Регістр Правила будування і класифікації морських судів- Л : Транспорт. Лен-і отд.. 1985- 928 з
8. Силова електроніка і перетворювальна техніка: Методичні вказівки і завдання для розрахунково-графічний, контрольних і лабораторних робіт / Будашко В.В. - Одеса: ОНМА, 2005. - 32 с.
9. Яковлев Г.С. Суднові електроенергетичні системи. Підручник. – Видання 4-е, Редакція – Л.: Суднобудування, 1980 – 288с.
10. Суднова документація .
11. Асинхронні двигуни серії 4А : Довідник / А90 А.Е.Кравчак , М.М. Шлаф , В.І. Афонін , Е.А. Соболенская . - М. : Енергоіздат , 1982 . - 504 с. , Мул.
12. Суднові електроприводи : Довідник / А.П. Богословський , Е.М. Певзнер , І.Р. Фрейдзон , А.Г. Яуре . - 2 -е вид. , Перераб . І доп. У двох томах. Т. 2 . - Л. : Суднобудування , 1983 . - 384 с. , Мул.
13. Теплов Ю.І. Міжнародні позначення елементів у принципових електричних схемах // Довідкова допомога. Одеса : ГПАРПУ - 2001 . - 54 с.
14. Конспект лекцій з предмету « Судовий автоматизований електропривод »

15. Методичні вказівки по виконанню розділу дипломних проектів (робіт) «Цивільний захист/оборона» / В. Б. Терновський, С. Н. Стреминовський - Одеса: ОНМА, 2011.- 49 с.
16. Колегаєв М.А., Иванов Б.Н., Басанец Н.Г., «Безопасность жизнедеятельности и выживания на море». Изд. КП ОМД 2007 г.
17. Безпека та охорона на морі: навчальний посібник / М. О. Колегаєв, Д. Г. Парменова, М. А. Мамкічев, Г. В. Ніколаєва, О. М. Розлуцький, Г. Г. Роман, А. П. Сваричевська, Д. Д. Осадчук. За редакцією професора М. О. Колегаєва. – Одеса: Національний університет «Одеська морська академія»; Фенікс. – 2020.– 832 с.
18. Иванов Б. М., Колегаєв М. О., Касилов Ю. І., Иванов О. І. Основи охорони праці на морському транспорті: підручник для студентів вищих навчальних закладів. Одеса: КОМПАС, 2003. 416 с.
19. Міжнародна конвенція по запобіганню забрудненню з суден 1973 року змінена Протоколом 1978, International Convention for the Prevention of Pollution from Ships, 1973, as modified by the Protocol of 1978 relating thereto (MARPOL) з поправками.