

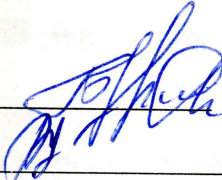
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

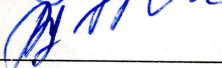
Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки
(заочне відділення)

Кафедра електричної інженерії та електроніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА
на тему:

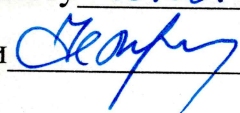
«Електрообладнання, електронна апаратура і системи управ-
ління балкеру дедвейтом 58 000 тон»

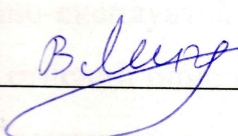
Виконавець:  Беляєв Юрій Миколайович

Керівник  Вербіцька О.В.

Нормоконтроль  Ю.С. Шевцов

Допущений до захисту 15.06.21

Завідувач кафедри  М.Й. Муха

Рецензент  Михайленко Р.С.

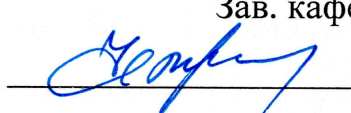
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ОДЕСЬКА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ»

Навчально-науковий інститут автоматики та електромеханіки

Кафедра електричної інженерії та електроніки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ЕІ та Е

 М.Й. Муха01 квітня 2021 р.**ЗАВДАННЯ**

на дипломну роботу бакалавра

Беляєва Юрія Миколайовича

Тема бакалаврської роботи

1. «Електрообладнання, електронна апаратура і системи управління балкеру **ледвейтом 58 000 тон**», затверджена наказом ректора університету від 03.06. 20 21 р., № 750.
2. Термін здачі курсантом закінченої роботи до 15.06.2021 р.
3. Змістовна частина розділів дипломної роботи ступеню вищої освіти «бакалавр», спеціальності 271 «Річковий та морський транспорт», спеціалізації 271.03 «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики», як зазначено нижче:
 - 3.1. Технічно-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна, стислий опис корпусу судна та рушія, головної енергетичної установки, вантажного комплексу, допоміжних механізмів і систем. Обґрунтування основних параметрів суднової електроенергетичної системи (СЕЕС) та вибір її типу.
 - 3.2. Розрахунок режимів роботи та вибір електропривода одного із суднових механізмів (за погодженням з керівником дипломної роботи): розрахунок

потужності та вибір електродвигуна; вибір схеми живлення та керування (можливо комплектний електропривод) на підставі знаку автоматизації судна; розрахунок та вибір комутаційно-захисної апаратури. Розробка інструкції з експлуатації або налагодження суднового електроприводу.

Графічна частина: 1. Принципова схема силової частини електропривода та принципова або функціональна схема системи керування.

- 3.3. Розрахунок суднової електроенергетичної системи (СЕЕС): розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції (метод розрахунку за погодженням з керівником дипломної роботи); вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ; розрахунок струмів короткого замикання, вибір генераторних автоматів; вибір системи збудження синхронних генераторів; розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії; перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги; вибір засобів автоматизації СЕЕС та їх алгоритмів функціонування; загальні відомості про мережу суднового електричного освітлення, суднових сигнально-розпізнавальних вогнів, освітлення низької напруги.

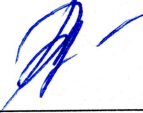
Графічна частина: 1. Однолінійна схема ГРЩ і АРЩ. 2. Система збудження СГ.

- 3.4. Аналіз систем та пристроїв управління судном: технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних та управляючих систем; аналіз роботи системи управління одного із об'єктів суднової енергетичної установки (наприклад, ДАУ ГД, ДАУ ДГ, засоби автоматизації СЕЕС, системи управління допоміжними механізмами та загально судновими системами, тощо) (за погодженням з керівником дипломної роботи); технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю та сигналізації; внутрішнього зв'язку; технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв та радіозв'язку.

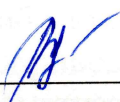
Графічна частина: 1. Принципова або структурна схема системи управління технічного об'єкту; граф-схема алгоритму функціонування.

3.5. Питання цивільного захисту та охорони праці.

3.6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Консультант	Підпис і дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охоронні заходи та цивільна оборона на судні			
Охорона праці			

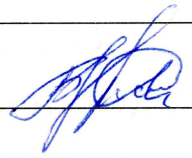
4. Дата видачі завдання: 01.04.2021 р.

Керівник дипломної роботи  Вербіцька О.В.

Завдання прийняв до виконання  Беляєв Ю.М.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання	Примітка
1.	Обґрунтування використання та розробка частотно-регульованого електропривода вантажного крана. Розробка схеми живлення та енергоефективного управління на підставі знаку автоматизації судна.	01.04.2021 – 15.04. 2021	
2.	Розрахунок суднової електроенергетичної системи (СЕЕС). Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції; вибір структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ; вибір генераторних автоматів. Вибір системи збудження генераторів. Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужних споживачів електроенергії; перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги. Вибір засобів автоматизації СЕЕС та розробка алгоритмів управління СЕЕС.	16.04.2021 – 20.05. 2021	
3.	Аналіз систем та пристроїв управління судном. Засоби автоматизації СЕЕС. Технічні характеристики та конструктивні особливості основних пристроїв управління судна, системи контролю та сигналізації; технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв та радіозв'язку. Загальні відомості о мережі суднового електричного освітлення, судових сигнально-розпізнавальних вогнів, освітлення низької напруги.	21.05.2021 – 31.05.2021	
4.	Технологія та інструкція з експлуатації та налагодження суднового електрообладнання і засобів автоматизації.	01.06.2021 – 10.06. 2021	
5.	Цивільний захист та охорона судна.	11.06.2021 – 15.06.2021	

Дипломник  Беляєв Ю.М.Керівник дипломної роботи  Вербіцька О.В.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота бакалавра: 103 с., 25 рис., 4 табл., 4 додатки,
38 джерел, 4 креслення

У дипломній роботі зроблено розрахунок електрообладнання, електронної апаратури та системи управління балкеру дедвейтом 58000 тон. Наведені техніко-експлуатаційні характеристики та конструктивні особливості судна, головної енергетичної установки, допоміжних механізмів і систем.

Виконано розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибрана кількість і тип агрегатів суднової електростанції (табличний метод розрахунку); вибрана раціональна структура СЕЕС та розроблена однолінійна схема ГРЩ та АРЩ; вибрані генераторні автомати; обрана системи збудження синхронних генераторів; зроблено розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії та перевірка кабеля одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги. Обрані засоби автоматизації СЕЕС, розроблена функціональна схема автоматизованої системи управління (АСУ) СЕЕС, проведено розробку алгоритмів управління СЕЕС для характерних режимів роботи.

Зроблено аналіз режимів роботи та вибір частотно-регульованого електропривода вантажного крана. Розроблено алгоритм автоматизації електропривода, а також принципову та структурну схеми системи управління електропривода.

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

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

Ключові слова: СУДНОВИЙ ЕЛЕКТРОПРИВОД, СУДНОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА, ГОЛОВНИЙ РОЗПОДІЛЬНИЙ ЩИТ, ІНТЕГРОВАНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ

ABSTRACT

In diploma paper made the calculation of electrical, electronics and control systems of bulk carries ship. Given the technical and operational characteristics and design features of the ship, the main power plant, auxiliary machinery, and systems.

The calculation of power SEES for the characteristic modes of the vessel, select the number and type of ship power plant units (table method of calculation), chosen rational structure SEES and developed single-line diagram of MSB and ESB; selected generating ACB, the chosen excitation system of synchronous generators, the calculations made voltage drop of SEES during start-up over the most powerful consumers and check the cable of one of the most remote consumer to the voltage loss. Selected automation SEES, developed a functional diagram of automated control system (ACS) SEES, conducted the development of control algorithms for SEES characteristically modes.

Made the analysing modes and choice of VFD electric of cargo crane. Shows the block diagram of the control system.

Made the analysis of the control system of the ship's electric power plant and marine navigation facilities.

Considered the question of technical operation of ship electrical and automation equipment.

Key words: SHIPS ELECTRICAL DRIVE, POWER MANAGEMENT SYSTEM, MAIN SWITCH BOARD, INTEGRATED CONTROL SYSTEM, MAINTENANCE

Перелік умовних позначень

АВ – Автоматичний вимикач
АДГ – Аварійний дизель-генератор
АКБ – Акумуляторні батареї
АКП – Автоматичний керуючий пристрій
АПС – Аварійно-попереджувальна сигналізація
АРЩ – Аварійний розподільний щит
АРН – Автоматичний регулятор напруги
АЦП – Аналого-цифровий перетворювач
АШЛ – Автоматизована швартовна лебідка
БВЧО – Блок виміру частоти обертання
БККП – Блок контролю кривої пуску
ГД – Головний двигун
ГА – Генераторні агрегати
ГСА – Граф схема алгоритму
ГРЩ – Головний розподільний щит
ДАУ – Дистанційне автоматизоване управління
ДГ – Дизель-генератор
ДК – Допоміжний котел
ЕЗА – Електричні засоби автоматизації
ЕОМ – Електронна обчислювальна машина
ЕУ – Енергетична установка
КЗ – Коротке замикання
ККД – Коефіцієнт корисної дії
КСК ТЗ – Комплекс систем керування технічними засобами
КУ – Котельна установка
МВ – Машинне відділення
МКВ – Машинно-котельне відділення
ПД – Привідний двигун
ПТЕ – Правила технічної експлуатації

РЩ – Розподільний щит

СДУ – Суднова дизельна установка

СЕС – Суднова електростанція

СЕУ – Суднова енергетична установка

СУ – Система управління

ТВ – Технічне використання

ТЕ – Технічна експлуатація

ЦПК – Центральний пост керування

ЗМІСТ

Завдання до дипломної роботи.....	2
РЕФЕРАТ.....	6
Перелік умовних позначень.....	8
ЗМІСТ.....	10
ВСТУП.....	12
1. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА.....	14
2. РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ (СЕЕС)	
2.1 . Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції.....	17
2.2. Вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ.....	19
2.3. Вибір комутаційно-захисної апаратури ГРЩ, вибір генераторних автоматів	21
2.4. Перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги	24
2.4. Система збудження генераторів	44
2.5. Розрахунок провалу напруги СЕЕС під час пуску найбільш потужного споживача електроенергії.....	25
2.6. Розрахунок струмів короткого замикання	26
2.7. Розрахунок шин ГРЩ на теплову стійкість	30
2.8. Вибір системи збудження синхронних генераторів.....	31
2.9. Автоматизація суднової електроенергетичної системи на базі блоку управління потужністю енергоустановок фірми TERASAKI.....	39
3. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ І ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ СУДНОВИМ КРАНОМ	
3.1. Загальні відомості	45
3.2. Конструкція суднового вантажного крана	46
3.3. Розрахунок характеристик механізмів суднового вантажного крана	47

3.4. Вибір електродвигунів механізмів крану	49
3.5. Вибір комутаційно-захисної апаратури механізмів крану	50
3.6. Особливості частотно-регульованого кранового електроприводу, вибір перетворювача частоти	51
4. АНАЛІЗ СИСТЕМ І ПРИСТРОЇВ УПРАВЛІННЯ СУДНОМ	
4.1. Багатофункціональна система управління фірми TERASAKI	54
4.2. Управління судновою електроенергетичною системою	56
4.3. ГМЗЛБ і навігація	72
5. ПИТАННЯ ЦИВІЛЬНОГО ЗАХИСТУ ТА ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	80
Висновки.....	96
Список використаної літератури.....	97
ДОДАТКИ	102
Додаток А: Таблиця навантажень СЕЕС	
Додаток Б: Розрахунок провалу напруги СЕЕС	
Додаток В: Характеристики автоматичних вимикачів	
Додаток Г: Принципова схема кранового електропривода	

ВСТУП

Судна транспортного та офшорного флоту обладнуються великою кількістю різних електрифікованих механізмів та комплексів, схемами енергоустаткування та автоматики, які відрізняються значною різноманітністю систем управління.

Комплексна автоматизація судових технічних засобів залежить від ступеня впровадження комп'ютерних технологій. Сучасні інформаційні технології відкривають перед розробниками судових систем управління багато нових можливостей.

Висока продуктивність мікроконтролерної техніки дає можливість використовувати на судні управляючі комп'ютерні мережі для обробки інформації про стан судових об'єктів і управління судовими комплексами. Такі управляючі комплекси забезпечують ефективне протікання технологічних процесів в керованих об'єктах, підтримують безаварійне та безпечне їх функціонування і дають можливість управляти рухом судна і всіма необхідними для цього технічними засобами без безпосередньої участі обслуговуючого персоналу.

Застосовування різноманітних технічних засобів збору, перетворення, передачі й відображення інформації, формування, передачі дозволяє реалізувати керуючий вплив на технічні об'єкти, а саме сучасне суднове обладнання. Комп'ютерні технології відкривають перед розробниками судових систем управління багато нових можливостей. Висока продуктивність техніки ПЛК в поєднанні з малими габаритами і вартістю дають можливість використовувати на судні управляючі комп'ютерні мережі для обробки інформації про стан судових об'єктів та здійснювати управління складними системами.

Кардинальне поліпшення енергетичної ситуації шляхом рішення проблем енергозбереження зв'язано з ефективним з погляду високого рівня виробництва використанням електроенергії в перетвореному виді. Удосконалювання технологічних процесів і комплексна механізація й автоматизація виробництва вимагають широкого впровадження регульованого електропривода. Більшість сучасних технологічних установок на морському транспорті оснащені електроприводом з АД.

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

Системи керування з ПЧ виконують усі функції автоматичного регулювання, управління, контролю, захисту, діагностування стану технічних засобів за участю людини - оператора або без його особистої участі.

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

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

Економія електроенергії визнана найважливішим напрямком енергетичної політики як у Європі так і в Україні. Особливе значення має використання раціональних способів керування технологічними процесами, які забезпечують мінімальне споживання електроенергії. Кардинальне поліпшення енергетичної ситуації шляхом рішення проблем енергозбереження зв'язано з ефективним з погляду високого рівня виробництва використанням електроенергії в перетвореному виді. На сьогодні удосконалювання технологічних процесів і комплексна механізація й автоматизація процесу вивантаження судна вимагають широкого впровадження регульованого електропривода. Більшість сучасних технологічних установок на

морському транспорті оснащені електроприводом з асинхронними двигунами. Вони характеризуються простотою конструкції і обслуговування, високою економічністю та надійністю на відміну від синхронних двигунів. Переваги асинхронних короткозамкнутих двигунів очевидні, але великий пусковий струм (більш ніж $7 \cdot I_n$) перекреслює всі переваги. В початковий момент відбувається просів напруги електростанції, який приводить до збоїв електроустаткування, підключених до мережі. Подібна "шокова терапія" не кращим чином впливає і на сам двигун. Тобто використання керованих електроприводів є конче необхідним, а удосконалення систем управління частотно-регульованими приводами є актуальною задачею. Хоча первинні витрати на систему управління досить великі, але вже з моменту першого запуску вони починають виправдовувати себе. По - перше значна економія електроенергії, а як слідство і палива. По-друге рекуперація енергії в суднову мережу забезпечує хороші енергетичні показники навіть у важких пуско-гальмівних режимах.

Все це дозволить здійснити перехід до більш повного об'єму автоматизації управління суднової електроенергетичної установки судна та технологічних процесів вантажних комплексів і, як наслідок, до більшої ефективності використання обладнання.

1. ТЕХНІКО-ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ СУДНА

Архітектурно - конструктивний тип судна: 4-х палубне, балкер, із баком, надбудовою і машинним відділенням у кормі, із бульбоподібним носом і крейсерською кормою. Служить для перевезення насипних вантажів (зерно, цемент, гіпс і т.д.).

Має на борту чотири електрогідравлічні крани MCGREGOR GLBE3528-2/2828gr. Судно призначене для перевезення навалювальних і насипних вантажів, а також зерна, вугілля, руд. Дальність плавання – 18000 миль. Район плавання – необмежений, швидкість судна в повному вантажі при 90% експлуатаційної потужності ГД – 15,6 вузлів. Корпус судна зварний, спроектований за змішаною

системою набору. На судні є каюти для розміщення 27 членів екіпажу.

Загальні характеристики:

Класифікація: Lloyd's Register +100A1, Bulk Carrier, EPS, LI, IWS, pt HT steel, +LMC, UMS, EP

довжина найбільша: $L_{\text{нб}} = 243,6$ м;

ширина: $B=32,6$ м;

найбільша висота: $D = 44,23$ м;

осадка середня у вантажу: $d = 13,5$ м;

водозміщення у повному вантажу: $\Delta = 76950$ т;

дедвейт: $DW=58000$ т;

швидкість у повному вантажу: $V = 15,6$ вузла;

район плавання: необмежений;

автономність плавання – 23 доби;

якірний пристрій – 2 якоря Холла ($m=8300$ кг);

кількість трюмів: 4.

Енергетична установка

1.1 Головний двигун

Тип: дизель.

Марка: JAD MAN-B&W 5S60ME-C 8.2 one set

Потужність: 11948 кВт.

Частота обертання : $n = 82,6$ об/хв.

Тип передачі на гребний вал: редукторна $115/100=1,15$.

Керування двигуном: із ходової рубки, ЦПУ, місцевий пост

Кількість гвинтів: 1.

Тип: гребний гвинт фіксованого кроку.

Марка: LR

Кількість лопатей: 4.

Діаметр: 7800 мм.

Матеріал: Ni-Al-Bronze Cu3.

Напрямок обертання: правий.

1.2 Стерно

Тип: балансірне стерно.

Кермова машина: Natlара.

1.3 Крани

Тип: MCGREGOR GLBE3528-2/2828gr.

Максимальна потужність електродвигуна: 160 кВт.

1.4 Паровий котел

Паровий котел: 350 кг/год, SAASKE CMB-VS

Електроенергетична установка

Рід струму: змінний, 3 фази, 60 Гц.

Напруга силової мережі: 440 В.

Напруга мережі освітлення: 220 В.

Генератори – безщіткові, трифазні, синхронні.

Тип і кількість генераторів: CM-Hyundai HFJ5 564-84E (3 x 720 кВт)

Коефіцієнт потужності 0,8.

Рульова машина

Тип: “Kawasaki RW-25”.

Обертаючий момент: 2150 кН.

Аварійне обладнання

Аварійний дизель – генератор: 100 кВт.

Аварійний пожежний насос: 92 м³/год.

Рятувальні пристрої судна складаються з двох моторних рятувальних шлюпок закритого типу місткістю по 20 осіб, розташованих з обох бортів з корпусом із пластика та трьох рятувальних плотів місткістю по 10 осіб, кожний і одного плоту на 6 чоловік, розташованого на носі. На судні також встановлені установка для очищення і знезараження стічних вод, система кондиціонування, протипожежна система. Судно має два брашпиль, два якорі Холла, шість автоматичних швартовних лебідок, електрогідравлічну кермову машину і кермо напівбалансного типу.

2. РОЗРАХУНОК СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції

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

У якості основних, прийняті наступні експлуатаційні режими:

- ходовий режим;
- аварійний режим (пожежа у МВ);
- маневри;
- стоянка з вантажними операціями.
- стоянка без вантажних операцій

Графік роботи приймачів прийнятий з умови ймовірної потреби включення механізмів і пристроїв у відповідному режимі.

Розрахунок всіх режимів зроблений для періоду експлуатації судна при максимальному завантаженні системи вентиляції й кондиціонування повітря.

За «Аварійним режим (гасіння пожежі)» у розрахунку прийнятий режим, забезпечуваний роботою основної електростанції при гасінні пожежі в МВ.

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.

Дані розрахунку (таблиця навантаження) необхідної потужності основних джерел електроенергії наведені в додатку А.

Враховуючи вище приведенні вимоги до вибору генераторів, вибираємо 3 дизель генератори фірми SXD - DAIHATSU по 720 кВт, а також 1 аварійний дизель генератор STAMFORD 100 кВт.

Таблиця кількості генераторів з врахуванням 80% навантаження суднової СЕЕС наведена нижче.

Таблиця 3.1 – Режими роботи СЕЕС

Режим роботи СЕС	Повна потужність	Кількість генераторів
Ходовий	554	1 головний (720)
Маневровий	791.9	2 головних (2*720)
Стоянка	387.5	1 головний (720)
Стоянка з вантажними операціями	1032	2 головних (2*720)
Аварійний	93.09	1 аварійний (100)

Таблиця 3.2 – Паспортні дані головних генераторів виробника SXD - DAIHATSU

Клас ізоляції	F
Тип збудження	Самозбуджуючий, без щіткового
Тип	1FC6 564-3SA82
Потужність	720 кВт
Кількість фаз	3
Напруга	~ 450 В
Струм	1155 А
Частота	60 Гц
Кількість оборотів	720 об/хв
Коефіцієнт потужності	0,8
Охолодження	Повітряне

Таблиця 3.3 – Паспортні дані АДГ виробника STAMFORD

Тип	STAMFORD
Потужність	100 кВт
Напруга	~ 450 В
Частота	60 Гц
Частота обертання	1800 об/хв
Коефіцієнт потужності	0,8
Кількість фаз	3

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

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

розміщуємо в машинному відділенні, ГРЩ на окремій палубі, аварійний генератор і АРЩ на шлюпковій палубі. Кількість і потужність генераторних агрегатів ми визначили в попередньому підрозділі: таблиця (3.1).

У відповідності з правилами Регістра [19] до ГРЩ пред'являються такі вимоги :

а) Конструктивні. Всі судові РЩ повинні бути у виконанні, що забезпечує захист від доторку до струмоведучих частин з лицьової і бічної сторін. Комутаційна апаратура відкритими струмоведучими частинами повинна бути встановлена за щитом, а проводи виведені на лицьову сторону. ГРЩ повинний мати генераторні панелі для кожного генератора і, по можливості, для груп механізмів, освітлення, вентиляції. Конструкція РЩ повинна бути жорсткою, кожний прилад або устрій повинні встановлюватися так, щоб їхня заміна або ремонт могли бути здійснені з мінімальним розбиранням. Всі струмоведучі частини, шайби, болти, гайки повинні бути з матеріалу, що забезпечує надійний електричний контакт, що виключає виникнення корозії. На проводах комутаційних апаратів, апаратури різноманітного призначення, повинні бути табличка з чіткими написами про положення приводу автомата або призначенні апаратури. На передній і задній стороні ГРЩ повинні бути поруччя з ізоляційного матеріалу;

б) Вимоги до схеми ГРЩ. 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 трьохфазний 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. На ГРЩ або АРЩ або поблизу від них повинні бути укріплені їх принципові однолінійні схеми і схеми генерування і розподілу електроенергії. РЩ призначені для розподілу енергії між окремими групами споживачів. На них встановлюють або

настановні автоматичні вимикачі, або пакетні вимикачі і плавкі запобіжники.

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

- 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;

Генераторні панелі (ГП) призначені для керування і контролю за роботою генераторів. На цих панелях встановлені автоматичні повітряні трьохполюсні автомати для комутації головного струму. Автомати оснащені максимальними розчіплювачами струму для захисту від перевантаження, котушкою для дистанційного керування автоматом, реле зворотної потужності. Сигнальні лампи сигналізують про положення автомата генератора, вимірювальні трансформатори струму і напруги забезпечують роботу контрольно-вимірювальних приладів. На панелях встановлені кнопки регулювання привода 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.

Однолінійна схема розподілу навантаження приведена на Кресленні №3

2.3 Вибір комутаційно-захисної апаратури ГРЩ, вибір генераторних автоматів

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

На судні застосована фідерно-групова система розподілу електроенергії. У цьому випадку безпосередньо від ГРЩ (MSB) чи АРЩ (ESB) розташовані самостійні лінії живлення (фідери) по всім відповідальним струмоприймачам і груповим РЩ (DB). Групові РЩ (DB) здійснюють розподіл електроенергії серед групи однакових або близьких за призначенням споживачів. Фідери призначенні для передачі електроенергії між двома будь-якими розподільними щитами чи між розподільним щитом і приймачем або джерелом електроенергії.

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

Основні траси кабелів прокладаються по бортах судна з переходом по перегородках і подволоку до щитів і приймачів електроенергії. На судні застосовуємо приховану провідку кабелів в спеціальних каналах, що забезпечують огляд кабельних трас. Кріплення кабелів проводиться за допомогою кабельних підвісів, що прикріплюються до набору корпусу судна. Проходи пучків кабелів через водостійкі перегородки судна здійснюється за допомогою прохідних кабельних коробок, що заливаються уплотнюючою масою. Для прокладки кабельних трас потрібно вибрати найкоротші шляхи, по можливості, прямолінійні і доступні для огляду.

Передача електроенергії споживачам здійснюється за трьох провідної

системи з ізолюваною нейтраллю, оскільки вони мають велику електробезпеку. З'єднання фази на корпус судна не є коротким замиканням.

Для передачі електроенергії споживачам в силових мережах застосовуються трижильні кабелі марки НТРҮСҮ в оболонці з полівінілхлоридного пластика та при нерухомій прокладці.

Зробимо вибір кабелів, що відходять від ГРЩ марки НТРҮСҮ. Перетин кабелів вибираємо по величині струму навантаження, виходячи з роботи в найбільш важкому режимі.

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

$$I_{\text{гн}} = \frac{P_{\text{гн}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{гн}} \cdot \cos \phi}, \quad (2.1)$$

$$I_{\text{гн}} = \frac{720000}{\sqrt{3} \cdot 450 \cdot 0,8} = 962 \text{ А};$$

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

Для трифазної лінії при визначенні втрати ΔU напруги користуємося формулою:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3}IL(r \cos \phi + x \sin \phi)}{U} \cdot 100\%, \quad (2.2)$$

де L- довжина кабелю;

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

Вибираємо один трижильний кабель марки НТРҮСҮ з перетином жили 95 мм².

Робимо перевірку на втрату напруження:

L= 45м; I = 962 А; $\cos \varphi = 0.8$; $\sin \varphi = 0.6$; r = 0.000103 Ом/м;

x = 0.000045 Ом/м;

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 962 \cdot 45 \cdot (0.000103 \cdot 0.8 + 0.000045 \cdot 0.6)}{450} \cdot 100 = 1.2\%$$

Розрахунок інших кабелів проводимо аналогічно.

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

$$U_n \geq U_{раб}; I_n \geq I_{раб}.$$

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

Автоматичні вимикачі обираємо за струмами, які розраховуємо по формулі:

$$I_{ав} \geq k_0 \sum I_i + k I_n$$

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

Зробимо вибір генераторних автоматів. Генераторні автомати ДГ:

Вибираємо автоматичні вимикачі фірми TERASAKI типу AR212S, зі слідуючими даними:



Рисунок 2.1 – Генераторний автомат

- номінальний струм автомата - 1250 А;
- номінальна напруга - 450 В;
- допустимий струм короткого замикання:
 - а) діюче значення - 65000 А;
- межі уставок на струм спрацювання (2:8) I_n розчіплювача;
- уставка на час спрацювання – 1-3 с;

2.4 Перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги

Допустиме струмове навантаження кабелю можна визначити по формулі:

$$I_K = I_1 \cdot k_n \cdot k_{реж} \cdot k_T^0 \cdot k_{Пр}; \quad (2.3)$$

де: I_1 -тривало допустиме струмове навантаження для одножильного кабелю; k_n - поправочний коефіцієнт, враховуючий кількість жил в кабелю; $k_{реж}$ - поправочний коефіцієнт, враховуючий режим роботи живленого споживача електроенергії; k_T^0 - поправочний коефіцієнт, враховуючий температуру навколишнього середовища; $k_{Пр}$ - поправочний коефіцієнт, враховуючий спосіб прокладки кабелю.

Вибираємо кабель з ізоляцією з бутилової гуми перерізом 95 мм² з наступними характеристиками: $I_1=229,6$ А; $k_n=0,7$ для трижильного кабелю, $k_{реж}=1,3$ для ПВ 40% при $I_1=100$ А; $k_T=1$ для температури 45°C, $k_{Пр}=0,85$ для випадку коли доступ повітря утруднений, у нашому випадку прокладка кабелю проходить у кабельній трасі:

$$I_K=229,6 \cdot 0,7 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 0,85=177,6 \text{ А.}$$

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

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_{роз} \cdot l}{\gamma \cdot U_H \cdot s} \cdot 100\% \quad (2.4)$$

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

Визначимо падіння напруги для вибраного кабелю: $s=95$ мм², $U_H=450$ В, $I_{роз.}=177,6$ А, $l=150$ м.

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot 177,6 \cdot 150}{48 \cdot 450 \cdot 95} \cdot 100 = 2,2\%.$$

Кабель вибраний вірно тому, що падіння напруги на лінії складає 2,2 %, а це менше, ніж встановлені Регістром максимальні 6%.

2.5 Розрахунок провалу напруги

Розрахунок провалу напруги зроблено з метою виявлення розміру провалу напруги під час пуску найбільш потужного асинхронного електродвигуна при роботі дизель генератора.

Як основне джерело електроенергії на судні прийняті три генератори трифазного струму, номінальною потужністю (3×720 кВт), при напрузі 440 В, 60 Гц і коефіцієнті потужності 0,8 з автоматичним регулюванням напруги й системою самозбудження, з приводом від дизелів.

Як аварійне джерело електроенергії на судні прийнятий генератор трифазного струму, номінальною потужністю 99 кВт при напрузі 440 В, 60 Гц, при коефіцієнті потужності 0,8 з автоматичним регулюванням напруги й системою самозбудження, з приводом від дизеля.

Відповідно до таблиці навантаження суднової електростанції (Додаток В), найбільш потужними споживачами, що одержують живлення від генераторів потужністю 720 кВт є:

- електродвигуни кранів 205×4 кВт;
- насос гідравліки швартової лебідки 110×2 кВт;
- насос мастила ГД 99 кВт.

Розрахунок виконаний по ОСТ5Р.6181-81.

Розрахунок провалу напруги наведено у Додатку Б. Розрахунок довів, що для пуску вантажних кранів потрібно використовувати частотний пуск, так як провал напруги складає 31,2 %. Пуск двох потужних двигунів насосу гідравліки швартової лебідки та насосу мастила ГД можливо виконувати прямим пуском.

2.6 Розрахунок струмів короткого замикання

Величина струму короткого замикання визначає вибір комутаційної і захисної апаратури на розподільних пристроїв, а також міцність конструкції розподільних пристроїв і окремих елементів. При цьому особливу увагу слід приділяти величині ударного струму короткого замикання, яка визначає електродинамічну стійкість апаратури і шин розподільних пристроїв. У зв'язку з цим при виборі комутаційної і захисної апаратури в судових електроенергетичних системах

проводиться перевірка на електродинамічну стійкість від дії ударного струму короткого замикання.

При виконанні розрахунків струмів короткого замикання приймають наступні основні умови:

- розглядається трифазне глухе коротке замикання;
- віддалення точки короткого замикання на фідерах від розподільних пристроїв приймається рівним 45м;
- опір дуги у точці короткого замикання не враховується;
- максимальна величина струму короткого замикання визначається з урахуванням підживлення точки короткого замикання підключеним еквівалентним навантаженням;
- ураховуються еквівалентні активний і реактивний опір окремих елементів і ділянок кабельної силової мережі;
- опір окремих елементів і ділянок мережі приводяться до відносних базисних одиниць;
- за базисну потужність прийнята сумарна потужність генераторів електричних станцій, працюючих у паралель в даному режимі.

Розрахунок виконується по методиці визначення періодичної складової струму короткого замикання в залежності від усього опору цепі короткого замикання по кривим затухання періодичної складової струму короткого замикання. Криві затухання періодичної складової струму короткого замикання побудовані по середнім параметрам генераторів з самозбудженням (рис.2.2).

Початкові дані для розрахунку:

$P = 750$ кВА – повна потужність генераторів;

$x'd = 0,621$ Ом – над перехідний реактивний опір по прокольній осі;

$r_a = 0,089$ Ом – активний опір обмотки статора генератора;

$r_{ad} = 0,0002$ Ом – активний опір автоматів;

$r_k = 0,00155$ Ом – активний опір ділянки кабельної мережі;

$x_k = 0,00068$ Ом – реактивний опір ділянки кабельної мережі;

$r_\emptyset = 0,00006$ Ом – активний опір ділянки шини на розподільних пристроях;

$x_\emptyset = 0,00024$ Ом – реактивний опір ділянки шини на розподільних пристроях;

$r_{l.ē} = 0,000035 \text{ Ом}$ – активний опір перехідних контактів;

$r_T = 0,00674 \text{ Ом}$ – активний опір трансформаторів;

$x_T = 0,0139 \text{ Ом}$ - реактивний опір трансформаторів;

$n = 3$ – кількість генераторів.

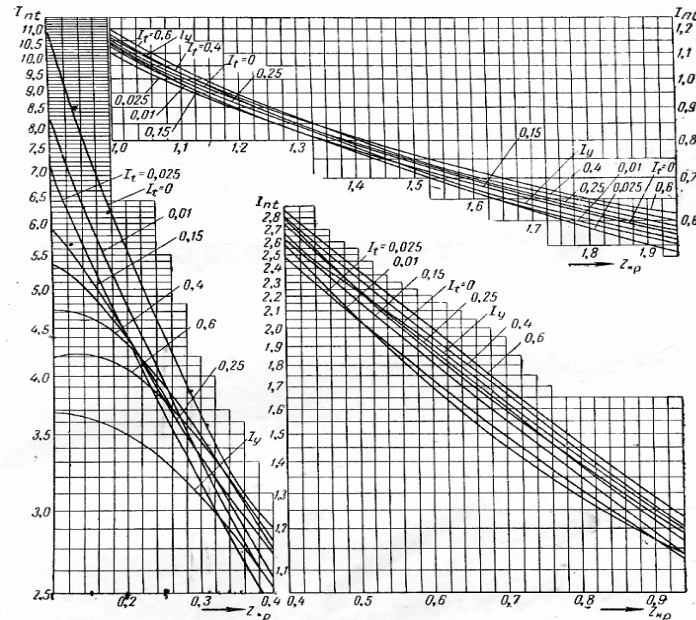


Рисунок 2.2 – Розрахункові криві струму короткого замикання для генератора з самозбудженням

Визначення базисних величин:

Базисна потужність:

$$P_{\bar{o}} = P \cdot n, \quad (2.5)$$

$$P_{\bar{o}} = 750 \cdot 2 = 1500 \text{ (кВА)};$$

Базисна напруга: $U_{\bar{o}} = 450 \text{ В}$.

Базисний струм:

$$I_{\bar{o}} = \frac{P_{\bar{o}}}{\sqrt{3} \cdot U_{\bar{o}}}, \quad I_{\bar{o}} = \frac{1500000}{\sqrt{3} \cdot 450} = 1924,5 \text{ (А)}. \quad (2.6)$$

Сумарний реактивний опір:

$$X_{\Sigma} = X_{\kappa} + X_{\omega} + X_T, \quad (2.7)$$

$$X_{\Sigma} = 0,00068 + 0,00024 + 0,0139 = 0,015.$$

Сумарний активний опір:

$$R_{\Sigma} = r_{\kappa} + r_{\text{ш}} + r_{\text{н.к}} + r_{\text{а.с}} + r_T, \quad (2.8)$$

$$R_{\Sigma} = 0,0002 + 0,00155 + 0,00006 + 0,000035 + 0,00674 = 0,0086 \quad (\text{Ом}).$$

Базисний реактивний опір:

$$X_{\delta} = \frac{X_{\Sigma} \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\delta}}{U_{\delta}}, \quad (2.9)$$

$$X_{\delta} = \frac{0,015 \cdot \sqrt{3} \cdot 1924,5}{450} = 0,11 \quad (\text{Ом}).$$

Базисний активний опір:

$$R_{\delta} = \frac{R \cdot \sqrt{3} \cdot I_{\delta}}{U_{\delta}}, \quad (2.10)$$

$$R_{\delta} = \frac{0,0086 \cdot \sqrt{3} \cdot 1924,5}{450} = 0,064 \quad (\text{Ом}).$$

Приводимо над перехідний реактивний опір генератора по прокольній осі до базисної величини:

$$X''_{d1\delta} = X''_{d2\delta} = X''_{d3\delta} = \frac{X''_{d1} \cdot P_{\delta}}{P}, \quad (2.11)$$

$$X''_{d1\delta} = X''_{d2\delta} = X''_{d3\delta} = \frac{0,3564 \cdot 1500}{750} = 0,713;$$

$$r''_{a1\delta} = r''_{a2\delta} = r''_{a3\delta} = \frac{r_{a1} \cdot P_{\delta}}{P}, \quad (2.12)$$

$$r''_{a1\delta} = r''_{a2\delta} = r''_{a3\delta} = \frac{0,089 \cdot 1500}{750} = 0,178.$$

Визначимо повний опір кожного променя трипроменевої схеми:

$$Z_{1\delta} = r'_{a\delta} + jX''_{d\delta} + r_{\delta} + jX_{\delta}, \quad (2.13)$$

$$Z_{1\delta} = 0,178 + j0,719 + 0,064 + j0,11 = 0,242 + j0,823.$$

Приведемо трипроменеву схему до двопроменевої, бо ЕДС всіх паралельно працюючих генераторів при розрахунку струмів короткого замикання прийняті однакові. Отже повний опір:

$$Z_{1,2\delta} = \frac{(r_{1\delta} + jX_{1\delta})(r_{2\delta} + jX_{2\delta})}{(r_{1\delta} + jX_{1\delta}) + (r_{2\delta} + jX_{2\delta})}, \quad (2.14)$$

$$Z_{1,2\delta} = \frac{(0,242 + j0,823)(0,242 + j0,823)}{(0,242 + j0,823) + (0,242 + j0,823)} = 0,12 + j0,41.$$

Приведемо двопротеневу схему до однопротеневої:

$$Z_{1,2,3\delta} = \frac{Z_{1,2\delta} \cdot Z_{3\delta}}{Z_{1,2\delta} + Z_{3\delta}}, \quad (2.15)$$

$$Z_{1,2,3\delta} = \frac{(0,12 + j0,41)(0,12 + j0,41)}{(0,12 + j0,41) + (0,12 + j0,41)} = 0,06 + j0,21.$$

Визначимо розрахунковий опір:

$$Z_{расч} = Z_{1,2,3\delta} \cdot \frac{P_{\Sigma}}{P_{\delta}} = \sqrt{(r_{1,2,3\delta})^2 + (X_{1,2,3\delta})^2} \cdot \frac{P_{\Sigma}}{P_{\delta}}, \quad (2.16)$$

$$Z_{расч} = Z_{1,2,3\delta} \cdot \frac{P_{\Sigma}}{P_{\delta}} = \sqrt{(0,06)^2 + (0,21)^2} \cdot \frac{1500}{1500} = 0,22 \text{ (Ом)}.$$

Із графіка (рис.2.3) по кривим затухання $I_{nt} = f(Z_{\delta\delta\delta})$ для $Z_{\delta\delta\delta} = 0,22 \text{ Ом}$ знаходимо кратність величини періодичної складної струму короткого замикання для часу $t=0 \text{ сек}$: $I''_{nt=0} = 5$.

Ударний коефіцієнт k_y визначається по графіку (рис.2.3).

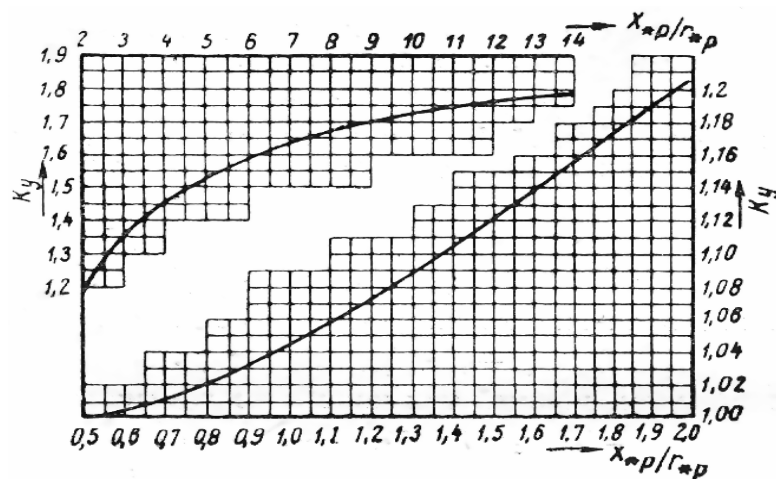


Рисунок 2.3 – Графік кривих зміння ударного коефіцієнту

k_y в залежності від величини $\frac{X_{екв.б}}{r_{екв.б}}$.

Визначимо відношення: $\frac{X_{\text{экв.б}}}{r_{\text{экв.б}}} = \frac{0,21}{0,06} = 3,5;$

Згідно графіку $k_y = 1,4$.

Ударний струм короткого замикання визначається за формулою:

$$i_{p2} = k_y \cdot \sqrt{2} \cdot I''_{pt=0} \cdot I_{\delta}, \quad (2.17)$$

$$i_{p2} = 1,4 \cdot \sqrt{2} \cdot 5 \cdot 1924,5 = 19051,6 \text{ (A)}.$$

Таким чином ударний струм короткого замикання на відстані точки короткого замикання на фідерах від розподільних пристроїв 45м при паралельній роботі двох генераторів складає $i_{p2} = 19051,6 \text{ А}$.

2.7 Розрахунок шин ГРЩ на теплову стійкість

Рівняння теплового балансу:

$$\alpha \cdot I^2 \cdot R \cdot t = (t_{\max} - t_0) \cdot c \cdot m, \quad (2.18)$$

Де α – тепловий еквівалент; I – струм короткого замикання; R – активний опір шин; t – період часу к. з. до вимикання АВ; c – теплоємність матеріалу; m – маса шин.

Знайдемо активний опір шини:

$$R = \frac{l}{s} \rho, \quad (2.19)$$

$$R = \frac{45}{0,098 \cdot 10^{-3}} 1,720 \cdot 10^{-8} = 0.00789$$

Знайдемо масу кабелю:

$$m = L \cdot S \cdot \gamma, \quad (2.20)$$

$$S = 45 \cdot 0,098 \cdot 10^{-3} \cdot 8930 = 39,4$$

З теплового балансу отримаємо t :

$$t_{\max} = \frac{\alpha \cdot I^2 \cdot R \cdot t}{c \cdot m \cdot 36 \cdot 10^5} + t_0, \quad (2.21)$$

$$t_{\max} = \frac{1 \cdot 19051,6^2 \cdot 0,00789 \cdot 0,04}{390 \cdot 39,4} + 20 = 7,45 + 20 = 27,45^{\circ}\text{C}$$

2.8 Вибір системи збудження синхронних генераторів

Виберемо для без щіткових синхронних генераторів систему самозбудження THYRIPART. Безщеточні синхронні генератори складаються з головної машини і збудника. Основна обмотка машинного поля живиться від роторної обмотки збудника через обертовий, трифазний мостовий випрямляч. Збуджувач живиться від системи збудження THYRIPART. Система збудження та тиристорний регулятор напруги поєднуються в систему збудження THYRIPART. Необхідний потік поля подається на основну машину через блок збудження. Це налаштовано таким чином, що напруга генератора, яка перевищує максимальну задану величину розвивається протягом всього діапазону навантажень, коли регулятор напруги неактивний. Тиристорний регулятор напруги забезпечує обвід для зміни частини струму, що надається блоком збудження для керування генераторної напруги. Регулятор напруги 6 GA 2492 складається з регулятора напруги 6 GA 2491(рис.2.4) та силового модуля (випрямляч, тиристор і резистор).

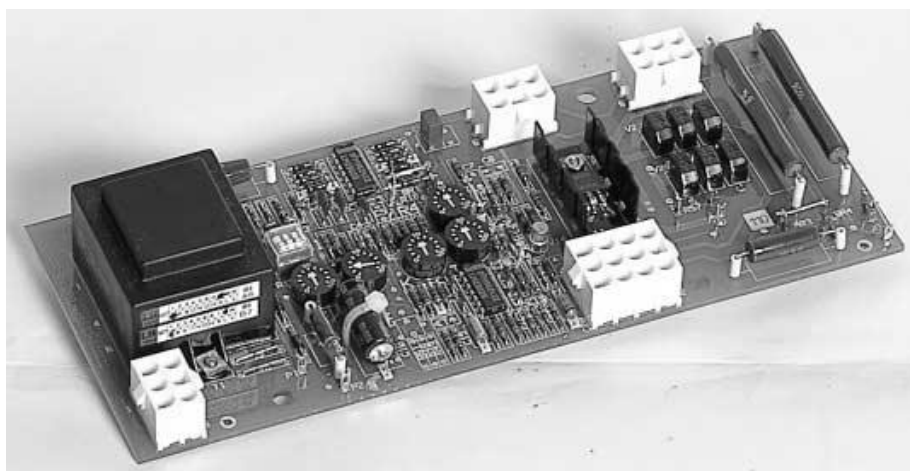


Рисунок 2.4 – Регулятор напруги 6 GA 2491

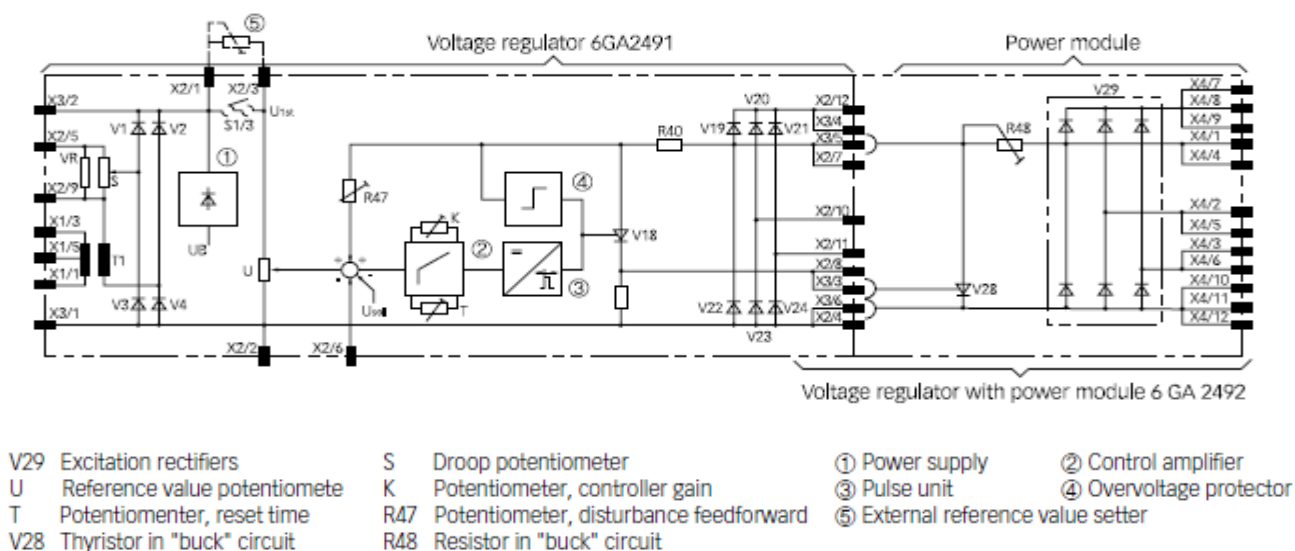


Рисунок 2.5 – Блок схема регулятора напруги 6 GA 2491

2.8.1 Режим роботи регулятора.

Напруга генератора подається на регулятор через штепсельну вилку роз'єм X1 в однофазний, двоконтурний пристрій. Трансформатор T1 знижує напругу генератора, яка потім випрямляється мостом випрямляча V1, V4. Ця випрямована напруга забезпечує фактичний імпульсний сигнал "Uist", задане значення напруги U_{sol1} та напругу живлення ① для регулятора. Компенсатор реактивного струму, трансформатор струму T15 або вставний трансформатор блоку збудження T4, які можуть використовуватись у системі, підключаються до навантажувального резистора R1 через плагіни контактів X2/5 і X2/9. У цьому режимі роботи фактична напруга складається з вторинної напруги трансформатора T1 і напруги навантажувального резистора R1. Величина результуючого зменшення генераторної напруги може бути встановлена за допомогою потенціометра S. Зовнішній потенціометр підключається до контактів X2/1(A1) і X2/3(A3). У цьому випадку мікроперемикач регулятора S1/3 повинен бути розімкнений. Напруга постійного струму від 0 до 10 В може подаватися через плагін контакти X2/6 і X2/2. Ця напруга діє на компараторну точку управляючого підсилювача. Таким чином уставка може бути задана на обладнанні більш високого рівня. Контрольний підсилювач ② (пропорційно регулюється потенціометром K і потенціометром T для скидання часу) подає напругу постійного струму, яка перетворюється у регульований за часом імпульс відпирання

тиристорів V18 або V28 через навантажувальний імпульсний агрегат ③. Схема збудження генератора живиться від випрямляючого моста V29. Резистор R48 і тиристор V28 утворюють паралельну байпасну цеп до обмотки збудження, через яку частина струму подається від блоку збудження. Цей метод забезпечує контроль напруги генератора. Для оптимізації корегуючої дії вводиться змінна в контрольний підсилювач через резистор R47. Перенапруга вище 600 В постійного струму в цепі збудження призводить до спрацьовування захисту від перенапруги ④. Таким чином, забезпечується захист стаціонарного збудження ланцюга генератора.

2.8.2 Експлуатація регулятора напруги.

- Тиристорний регулятор напруги.

Напруга регулюється так, щоб вона відповідала заданому значенню. Зміна частоти, внаслідок зниження характеристик первинного двигуна, не впливає на точність напруги. Конструкція, налагодження генератора та система збудження дозволяє безперервні зміни напруги в діапазоні $\pm 5\%$ від номінальної напруги через перемикач заданих точок у стаціонарних умовах. Якщо генератори працюють при напрузі, що перевищує $\pm 5\%$, вихід генератора повинен бути зменшений. Необмежена операція без навантаження допускається при зменшеній швидкості. Якщо генератор повинен бути розряджений, треба замкнути вторинну сторону випрямляючого трансформатора Т6.

- Потужність регулятора, вхідна напруга на задане значення.

Модуль управління містить потенціометри U, K, T, R 47 і S. Номінальна напруга генератора налаштована в заводі потенціометром U, і динамічна поведінка регулятора потенціометрами K, T і R47. Потенціометр K використовується для регулювання підсилення регулятора та потенціометр T використовується для регулювання інтегрального часу дії, тоді як потенціометр R 47 використовується для корегування порушень в компараторі керуючого підсилювача для регулювання динамічної поведінки. Повертання ручки K і R 47 проти часової стрілки і значення T по часовій стрілці нормально стабілізують ланцюг управління. Задане значення напруги генератора можна змінити через потенціометр U або додаткового

зовнішнього селектора ($R = 4.7 \text{ k}\Omega$, P більше 1 Вт), який підключений до терміналів А1 і А3. Потенціометр U повинен бути встановлений у центральне положення, і мікроперемикач S 1/3 на друкованій платі має бути розімкнений.

- Паралельна операція за рахунок компенсаційного обладнання.

Якщо генератори оснащені компенсаційним обладнанням, вони підходять для паралельної роботи. Компенсуюче обладнання гарантує рівномірний розподіл реактивної потужності і зменшує вихідну напругу генератора в лінійному режимі з збільшенням реактивного струму. Відповідне зменшення напруги при коефіцієнті потужності 0,8 становить 2,4%. В ізольованому режимі і при будь-якому навантаженні генератора, компенсація провалу напруги генератора може бути перевірена:

$$\Delta U_{st} = 4\% 1 - \cos^2 \Phi \cdot I_B / I_N (\%)$$

при коефіцієнті потужності 0,8, $I_B / I_N = 1$,

$$\Delta U_{st} = 4\% 1 - 0,8^2 \cdot 1 = 2,4 (\%)$$

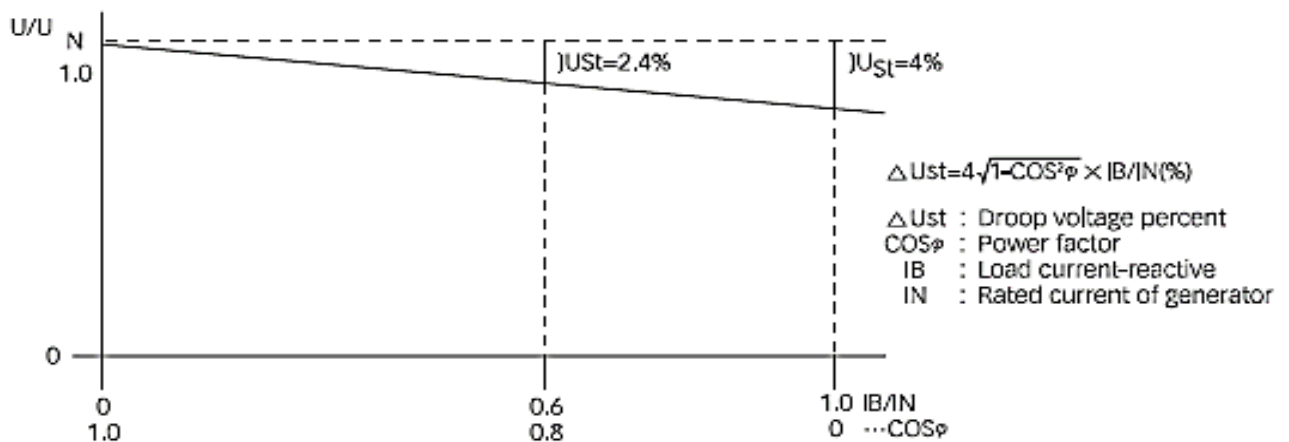


Рисунок 2.6 – Графік провалу напруги.

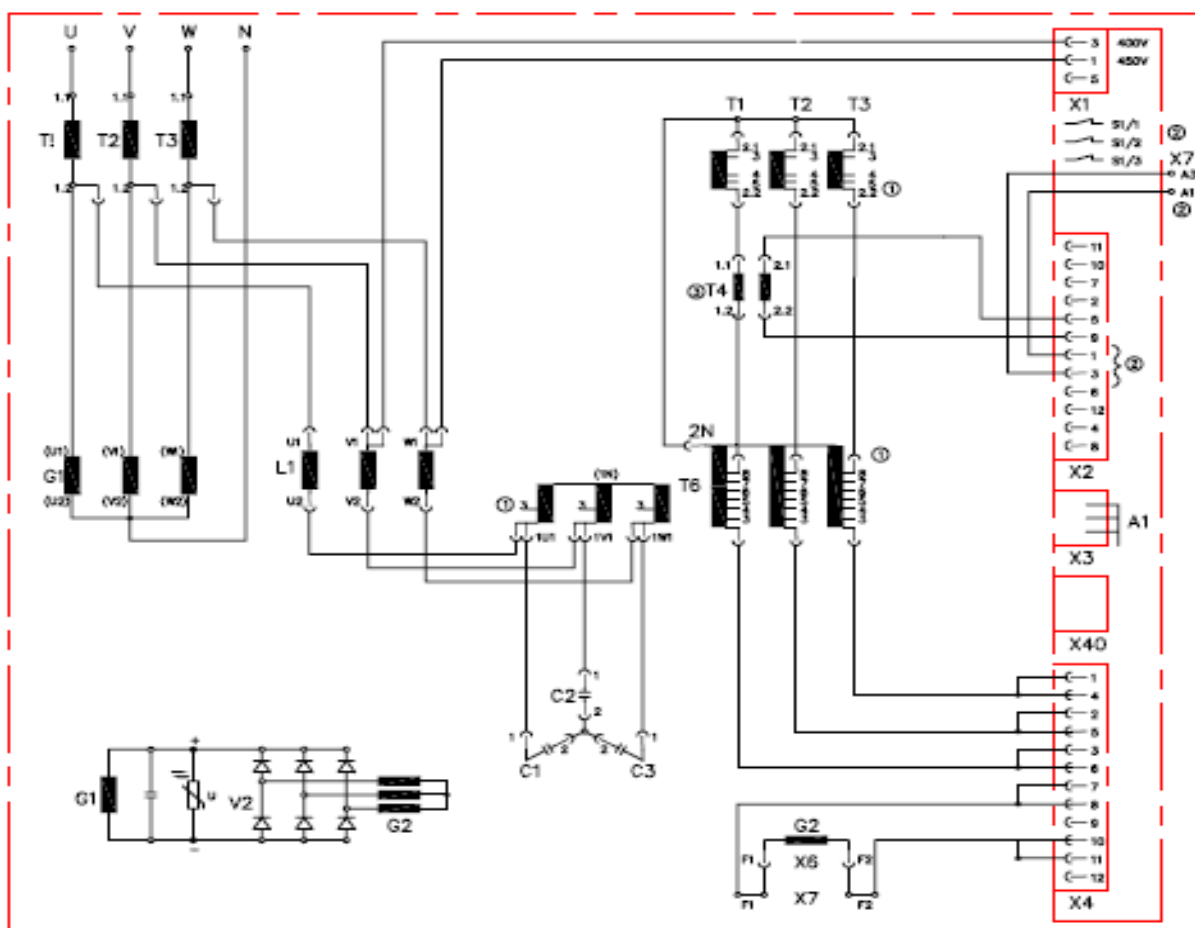


Рисунок 2.7 – Схема збудження системи THYRIPART.

2.9 Автоматизація суднової електроенергетичної системи на базі блоку управління потужністю енергоустановок фірми TERASAKI.

Блок управління містить стандартний набір функцій для управління потужністю нескладних енергоустановок морського базування. Система забезпечує функції управління, контролю і захисту генераторного агрегату.

Внутрішній зв'язок між блоками здійснюється через шину зв'язку Modbus по протоколу Ethernet TCP/IP, Ethernet TCP/IP XML. Цей канал зв'язку призначений тільки для забезпечення зв'язку між пристроями фірми TERASAKI, і його не можна підключити до інших систем.

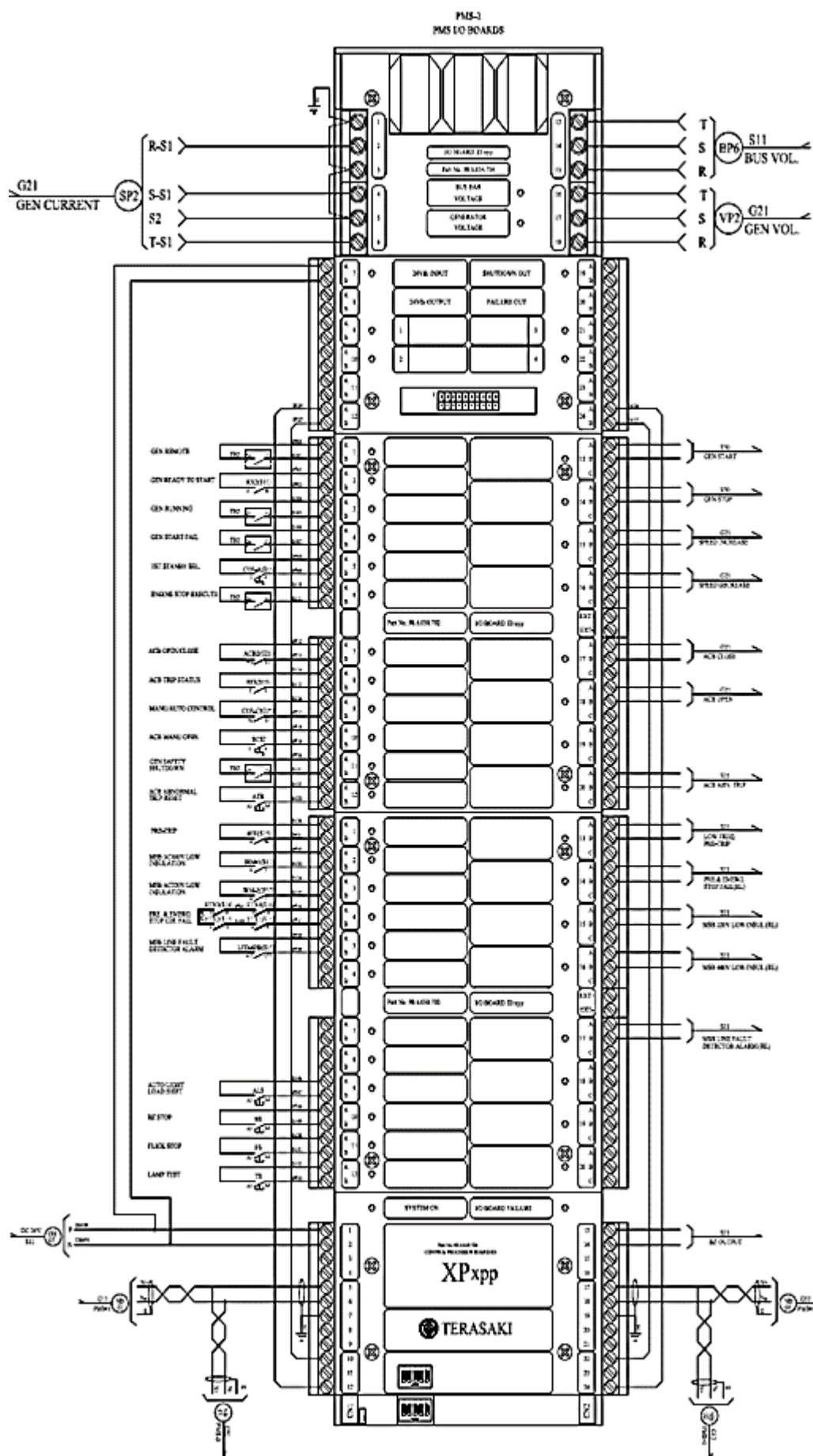


Рисунок 2.9 – Схема підключення контролера

Зовнішній зв'язок з системою контролю і аварійною сигналізацією здійснюється по шині зв'язку Modbus по протоколу Ethernet TCP / IP, Ethernet TCP / IP XML. Зв'язок по протоколу Ethernet здійснюється тільки з блоку управління потужністю (блок РП) і тому такий канал служить для передачі вимірних значень параметрів і сигналів стану обладнання. Процесор блоку має вбудовану програму веб-сервера, яка дозволяє здійснити контроль функцій і команд управління з будь-якого підключеного до мережі комп'ютера.

Для управління енергоустановкою передбачені два режими - MANUAL (Ручний) і AUTO (Автоматичний). У ручному режимі управління енергоустановкою можна здійснити за допомогою кнопок на панелі управління START (Пуск), STOP (Зупинка), CB ON (Замикання вимикача) і CB OFF (Розмикання вимикача). В автоматичному режимі система забезпечує автоматичний пуск / зупинка дизель-генераторів в залежності від навантаження.

2.9.1 Стандартні функції управління

- Режими управління: - MANUAL (Ручний); - AUTO (Автоматичний);
- Можливість програмування пріоритетності пуску ДГ;
- Автоматичний контроль пріоритетності пуску в залежності від періоду безперервної роботи ДГ;
- Пуск / зупинка в залежності від навантаження, включаючи:
 - Передачу команд пуску / зупинки від системи управління потужністю (СУП);
 - Безпечний пуск резервного генераторного агрегату до запланованого зупину робочого генераторного агрегату;
 - Передача команди пуску від системи СУП наступному генератору в разі невдалої спроби підключення призначеного генератора;
- Функція запобігання повного відключення електропостачання:
 - Виявлення загального відключення електропостачання з наступним запуском одного або двох дизель-генераторів з регульованим порогом виявлення;
 - Виявлення локального відключення електропостачання з наступним

запуском резервного дизель-генератора у випадку "відсутності" блоку управління основним дизель-генератором;

- Симетричний або асиметричний розподіл навантаження;
- Обумовлене підключення одного або двох потужних споживачів на кожен генераторний агрегат;
- Контроль положення вимикача берегової лінії електропостачання;
- Контроль положення шинного вимикача.

2.9.2 Функції контролю та захисту

Захист дизель-генератора

У всіх блоках дизель-генераторів передбачені наступні стандартні функції захисту:

- Зниження напруги (3 рівні захисту);
- Підвищення напруги (2 рівні захисту);
- Зниження частоти (3 рівні захисту);
- Підвищення частоти (2 рівні захисту);
- Реверсивна потужність;
- Перевантаження по струму (4 рівні захисту, пряма характеристика);
- Перевантаження по струму (1 рівень захисту, зворотна характеристика);
- Швидкодіючий захист від перевантаження по струму (2 рівня захисту);
- Перевантаження;
- Дисбаланс струму / напруги;
- Втрата збудження і перезбудження;

2.9.3 Зворотна характеристика

Якщо обрана зворотна характеристика, час спрацьовування буде залежати від величини перевищення уставки. У разі перевищення уставки, величина проходить через вимикач енергії, розраховується, виходячи з заданих величин уставки і часу затримки. Максимальна кількість енергії не буде перевищено, так як при збільшенні реверсивної потужності зменшується час затримки і навпаки.

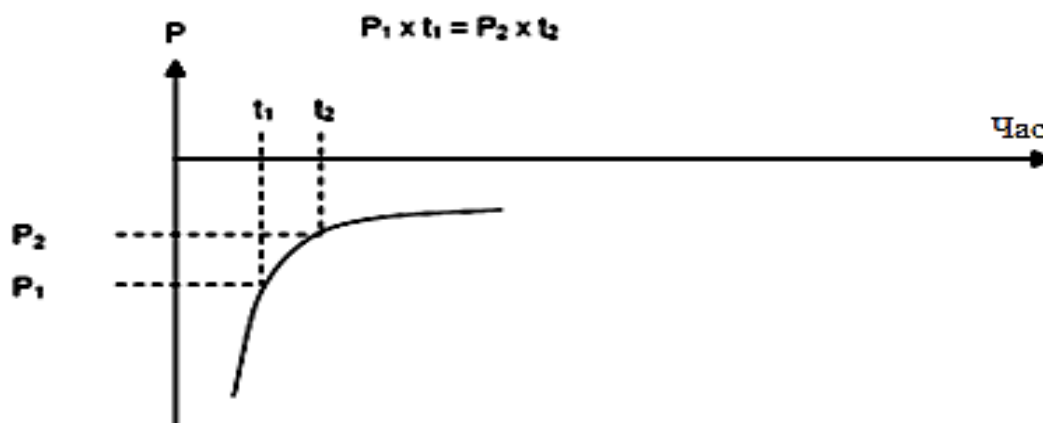


Рисунок 2.10 – Графік включення аварійного сигналу

Як показано на графіку, при рівні реверсивної потужності P_1 включення аварійного сигналу станеться через час t_1 , а при рівні реверсивної потужності P_2 аварійний сигнал включиться через час t_2 .

2.10. Мережа суднового електричного освітлення, суднові сигнально-відмітні вогні, низьковольтне освітлення

Мережа суднового електричного освітлення ділиться на нормальне і аварійне. Нормальне освітлення служить для живлення світильників спільного, місцевого і спеціального призначення в нормальному для судна режимі і підключається до ГРЩ. Основна вимога до кола освітлення - забезпечення норм освітленості і якості освітлення (рівномірність у просторі та часі, достатня надійність і безперебійності).

Коло основного освітлення судна, отримує живлення від окремої секції ГРЩ, що живиться, у свою чергу, від основних шин через знижувальні трансформатори 400/220 В. Від цієї секції отримують живлення групові щити освітлення. Ця частка кола носить призначення первинного ланцюга освітлення. Кабельні лінії від групових щитів до світильників утворюють вторинне кола освітлення.

Коло нормального освітлення має, у свою чергу, декілька наступних самостійних кіл.

Коло освітлення суднових приміщень виконують так, щоб світильники спільного освітлення отримували живлення по одних кабельних лініях, а світильники місцевого освітлення, штепсельні розетки — по інших.

Коло зовнішнього освітлення вимикається централізований, з ходової рубки, наприклад, після зйомки судна з якоря.

Коло освітлення машинного відділення виконується так, щоб світильники в шаховому ладі отримували живлення від двох незалежних щитів освітлення.

Трюмне освітлення виконується стаціонарними світильниками. Живлення освітлення трюмів проводиться від самостійного щита.

Коло аварійного освітлення отримує живлення від АРЩ, який в нормальному режимі підключається до ГРЩ. Світильники (із спеціальною міткою) розташовують в постів і пультів управління, ГРЩ, АРЩ, в проходах, в трапів і в місцях можливого скупчення людей, в шлюпок, в штурманській, радіо і рульовий рубках і так далі

Коло акумуляторно-аварійного освітлення забезпечує тимчасове освітлення при виході з буд або знеструмленні основного кола освітлення. Акумуляторно-аварійне освітлення працює в період між зникненням напруги в колі освітлення і запуском АДГ. Як світильники акумуляторно-аварійного освітлення встановлюють світильники з лампами на 24 В. Для живлення світильників акумуляторно-аварійного освітлення, встановлюють місцеві малогабаритні акумулятори з автономним автоматичним зарядженням.

Коло низьковольтного переносного освітлення виконується на 24 В і живиться через знижувальні трансформатори або штепсель-транс-форматори. Низьковольтне переносне освітлення (переносні лампи) використовують при виконанні оглядів і ремонту устаткування.

Коло сигнально-відмітних ліхтарів живиться двома шляхами: - від ГРЩ через АРЩ. Відповідно до Правил Регістра сигнально-відмітні ліхтарі отримують живлення також від акумуляторної батареї 24 В.

Ліхтарі сигнально-відмітних вогнів займають особливе місце по важливості і пристрою. Кількість і розміщення сигнально-відмітних ліхтарів регламентовані Правилами запобігання зіткненню судів в морі (ППСС); залежно від типу призначення, умов плавання і розмірів судна встановлюють:

1 - топовий передній (білий) - на фок-щоглі на висоті 6—12 м над корпусом судна, світить по носу з кутом огляду 225°;

2 - топовий задній (білий) - на грот-щоглі вище за переднього топового на

4,5 м, світять в ніс з кутом огляду 225° ;

3 - гакобортний ходовий (білий) - в кормовій частці судна, світить в корму з кутом огляду 225° ;

2 - бортові лівий (червоний) і правий (зелений) - по бортах судна, зазвичай на рівні ходового містка, світять по носу і бортам з кутом огляду $112,5^{\circ}$;

5 - буксирні (два білих) - на фок-щоглі на відстані 2 м друг від кола нормального освітлення

6 - аварійні (два червоних) — на фок-щоглі, один під іншим на відстані більше 1,83 м, запалюються при аварії судна, кут огляду 360° ;

7 - штаговий (білий) або якірний носовий - запалюється на стоянці, кут огляду 360° ;

8 - гакобортний якірний (білий) або якірний кормовий - кут огляду 360° ;

9 - клотики - на щоглах і служать для сигналізації.

Характерною особливістю конструкції ліхтарів ходових вогнів (топових, буксирних, бортових, аварійних) є наявність у них лінзи Френеля, що забезпечує необхідну дальність видимості. Кольорові ліхтарі мають світлофільтри або лінзи із забарвленого скла. У ліхтарях допускається встановлювати лише передбачені для них лампи, щоб забезпечити фокусування і дальність видимості.

Для контролю за роботою і станом сигнально-відмітних вогнів управління ними здійснюється дистанційно за допомогою комутатора, що встановлюється в ходовій рубці.

Комутатор обладнаний реле, обмотки яких включені послідовно з лампами. При обриві кола лампи (перегоріла лампа або обрив живлення) на комутаторі, в очку, відповідному цьому ліхтарю, забирається сигнальний покажчик і включається дзвінок.

Обслуговування електроосвітлювальних установок і догляд за ними зводяться до підтримки в справному стані джерел світла, світильників і ланцюга. Негайній заміні підлягають лампи, що перегоріли, з колбами, що потемніли. Зняття ламп аварійних світильників, навіть на короткий час, категорично заборонено.

Заміну ламп, особливо потужних, слід проводити в знеструмленому стані,

оскільки попадання випадкових бризок на розігріту колбу може викликати її розрив, нанесення травм і пошкодження очей.

У кожен світильник повинні встановлюватися лампи тієї потужності, яка вказана в проектній документації і не більш допустимою для цього світильника. Особливо це важливо в ліхтарях сигнально-відмітних вогнів, де строго повинні виконуватися умови фокусування: нитка має бути точно по оптичній осі лінзи. Крім того, установка ламп іншої потужності приведе до несправної роботи або пошкодження комутатора.

При перегоранні основної нитки двониткових ламп вони мають бути негайно замінені новими.

Люмінесцентні лампи слід замінювати новими при нечіткому їх запаленні або слабкому свіщенні. Слідуює, проте, враховувати, що несправності в запаленні і горінні ламп можуть з'явитися наслідком неполадок в пускорегулювальній апаратурі. Тоді заміна лампи не дасть результату і слід шукати пошкодження в пусковій схемі.

Електроосвітлювальну арматуру необхідно постійно очищати від грязі, оскільки порівняльне невелике на вигляд забруднення значно знижує світловий потік світильника. Всі ущільнення треба періодично перевіряти, непридатні прокладки ущільнювачів, шайби, набивання сальників замінювати новими.

Чищення захисних стекол світильників повинне проводитися з врахуванням характеру і ступеня забруднення (протирання чистим дрантям, миття в миючих розчинах або із застосуванням розчинників (бензина, уайт-спіріта, ацетону). Чищення захисних стекол і відбивачів прожекторів потрібно проводити обережно, щоб не нанести подряпин на їх поверхню, для чого заздалегідь слід видалити пил м'якою волосяною кистю, а потім протерти чистим м'яким дрантям. Застосовувати розчинники для чищення металевих хромованих відбивачів не рекомендується, оскільки їх поверхня покрита шаром захисного прозорого лаку, який має бути збережений.

При значних пошкодженнях усередині світильника, викликаних КЗ, світильник замінюють.

Переносні світильники перевіряють щомісячно і кожного разу перед

використанням. Особлива увага має бути приділено вибухобезпечності переносних акумуляторних ліхтарів на нафтоналивних судах: ті, що не працюють перевіряють раз в десять днів, а що експлуатуються - щодня.

2.11 Технічні характеристики та конструктивні особливості електро-радіо-навігаційних пристроїв та радіозв'язку

Імпульсні суднові навігаційні РЛС (ИСНРЛС) використовуються в судноводінні для виявлення, визначення координат і параметрів руху різних надводних і берегових об'єктів, берегової лінії й інших перешкод, здатних відбивати енергію зондувальних сигналів убік РЛС. Імпульсні суднові навігаційні РЛС (ИСНРЛС) використовуються в судноводінні для виявлення, визначення координат і параметрів руху різних надводних і берегових об'єктів, берегової лінії й інших перешкод, здатних відбивати енергію зондувальних сигналів убік РЛС. Рішення цих завдань дозволяє забезпечити безпека мореплавання при знаходженні судів в вузкостях і інших стиснутих умовах; безпечна розбіжність судів при зниженій або обмеженій видимості; визначення місця судна по відомих берегових або плавучих орієнтирах і за допомогою спеціально встановлюваних РМО. ИСНРЛС повинні мати достатню розв'язну здатність, точністю виміру відстаней і напрямків на виявляють об'єкти, що, мінімальними габаритними розмірами й масою всієї установки, забезпечуючи при цьому:

- круговий огляд по азимуті, що дає можливість контролювати навколишню надводну обстановку в заданому радіусі дії;
- орієнтацію зображення відбитих сигналів від об'єктів на екрані індикатора як щодо курсу судна (діаметральної площини), так і щодо меридіана (широкого норду);
- надійне виявлення як більших, так і малих низько-розташованих надводних об'єктів (буї, шлюпки, різні перешкоди) при наявності перешкод від схвильованої морської поверхні, гідрометеорів (дощ, туман, сніг та ін.);
- дальність виявлення об'єктів незалежно від амплітуди хитами судна;
- відтворення на екрані індикатора як відносного, так і широкого руху об'єктів.

Лаг

Індукційний лаг ИЭЛ-2М призначений для виміру швидкості судна й пройденої відстані. Він є відносним вимірником швидкості для індикації швидкості судна й пройденої відстані. Обидва індикатори постачені дистанційною передачею.

Ехолот

У комплект ехолота входять наступні прилади:

Прилад 1 є гідроакустичною антеною й служить для перетворення електричної енергії у звукову й навпаки.

Прилад 4 призначений для реєстрації вимірюваної глибини на електротермічного паперу. У ньому також є пристрій для формування синхронізуючого імпульсу запуску й керування роботою ехолота.

Прилад 4Б служить для керування роботою ехолота при відключеному самописці, тобто при індикації глибини за допомогою цифрового вказівника.

Прилад 4Г забезпечує світлову й звукову сигналізацію про вихід судна на задану глибину.

Прилад 11 являє собою цифрове табло й служить для індикації обмірюваної глибини. Він може повертатися на шарнірі на кут 120° у горизонтальній площині й на 15° у вертикальній площині.

Прилад 16 містить електронні блоки, які утворюють передавальну й приймальну схеми ехолота. Тут же розміщена схема контролю справності основних вузлів ехолота. Прилад 16 також служить для кабельного зв'язку приладів комплексу ехолота між собою.

Прилад 16А містить електронні блоки, що забезпечують роботу цифрового покажчика глибин. До функціонального вузла ЦУГ ставляться прилади 4Б, 11 і 16А.

Прилад Я - це кабельна коробка, призначена для з'єднання гідроакустичної антени із приладом 16.

Прилад Р - ревун, призначений для подачі звукового сигналу про вихід судна на задану глибину.

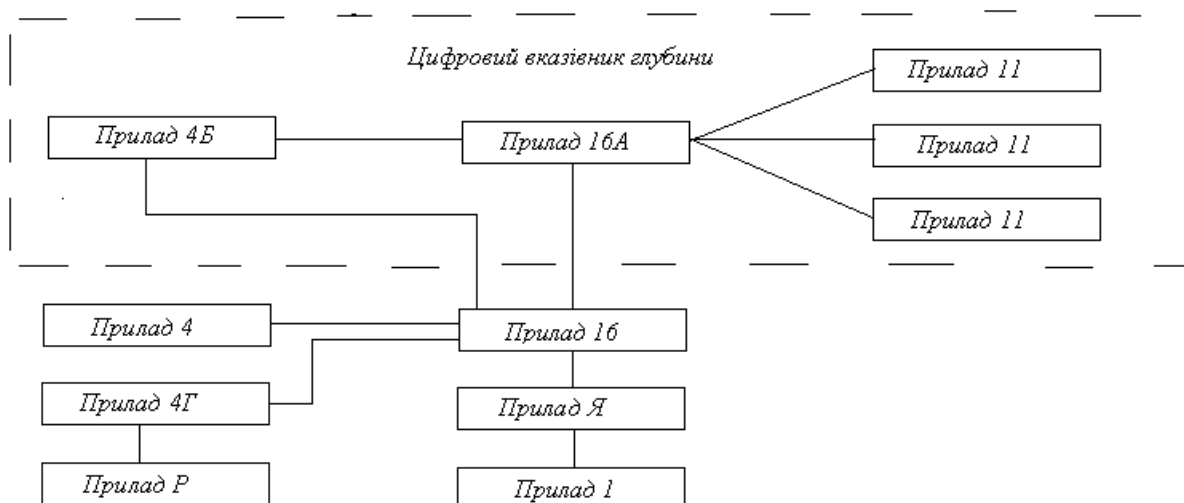


Рис. 2.11 – Склад комплексу ехолоту

Ехолот М-3Б характеризується наступними технічними даними. Самопис має три діапазони: 0-50, 40-90 і 0-500 м. Крім того, є піддіапазон «Малі глибини» (МГ) - менш 10 м. У самописі можна встановлювати повільну або швидку (у два рази більшу) протягання паперу при вимірі глибин у тому самому діапазоні: 20 і 40 мм/хв у діапазонах 0-50 і 40-90 м; 2 або 4 мм/хв у діапазоні 0-500 м. Довжина паперової стрічки в рулоні дорівнює 20 м.

Для визначення діапазону, у якому вироблявся запис глибини самописом, служать наступні ознаки:

діапазон 0-50 м - наявність нульової (суцільний) лінії й лінії умовної оцінки (штрихової), розташованої над нульовою;

діапазон 40-90 м - відсутність і нульової лінії, і лінії умовної оцінки;

діапазон 0-500 м - наявність тільки нульової лінії.

В ехолоті М-3Б можлива одночасна робота самописа (прилад 4), цифрового показника глибин (прилади 4Б, 11, 16А) і прилади сигналізації глибини (прилад 4М). При цьому керування роботою здійснюється із приладу 4. Якщо самопис буде виключений, керування автоматично переводиться на прилад 4Б (у приладі 4 показується напис «Включений показчик»). При відключених самописі й цифровому показнику роботою ехолота управляє прилад 4М.

Радіолокатор

Вибір радіолокаційного обладнання робиться з урахуванням вимог Конвенції СОЛАС - 74. На даному судні представлене радіолокаційне обладнання фірми KRUPP ATLAS 8600 й DATA BRIDGE. Це обладнання дозволяє також вести автоматичну радіолокаційну прокладку, включаючи спостереження на шкалах далекого огляду. Сучасні засоби автоматизованої радіолокаційної прокладки - САРП являють собою електронні пристрої обробки радіолокаційних даних, призначені для попередження зіткнень суден і рішення навігаційних завдань. Застосування САРП на суднах морського флоту регламентовано виправленням до правила 12 глави 5 Міжнародної Конвенції по охороні людського життя на морі, 1974 р.

Система автоматизованої радіолокаційної прокладки «DB-7»

Найпоширенішою закордонною САРП, використовуваною на суднах морського флоту, є система DB-7 («Data-bridge-7») виробництва норвезької фірми «Нор-контрол».

Як й «Бриз-І», вона ставиться до класу систем з автономним індикатором ситуацій і векторною формою відображення руху цілей. Вона може сполучатися з тими ж РЛС і датчиками навігаційної інформації, що й «Бриз-Е».

Особливістю DB-7 є можливість її використання для вирішення таких навігаційних завдань, як визначення поточних географічних координат свого судна, параметрів його зносу, а також для контролю за переміщенням судна по заданому фарватері. Відповідні програми обчислювального пристрою засновані на безперервному автоматичному супроводженні нерухомих орієнтирів з відомими координатами. Інша особливість складається в можливості відтворення на екрані індикатора: ліній, що обмежують фарватер; крапок поворотів; спрощених радіолокаційних карт часто відвідуваних районів, що зберігаються в пам'яті обчислювального пристрою (до чотирьох).

САРП DB-7 забезпечує ручне й автоматичне введення цілей на автосупровід. На відміну від інших ЗАРП автозахоплення цілей виробляється в зоні захоплення, конструюємої самим оператором. Для побудови зони захвата оператором

вибирається й уводиться ширина зони пошуку, мінімальна зона виявлення й тіньових секторів. Максимальна дальність пошуку за курсом становить 24 милі. Ця особливість дозволяє виключити переповнення пам'яті обчислювального пристрою ЗАРП при плаванні в стиснутих водах і при наявності надмірно великої кількості цілей. Берегові маси в зоні пошуку можуть бути виділені бар'єрними лініями, що вводяться оператором вручну.

При ручному захопленні забезпечується автосупроводження до 20 цілей, при автоматичному - до 50 цілей. У системі передбачене автоматичне регулювання розмірів строби автосупроводження з метою підвищити надійність супроводу цілей.

Крім зазначеної вище навігаційної інформації, на екрані індикатора ситуацій відображаються:

- первинна радіолокаційна обстановка (що дозволяє використовувати DB-7 у режимі звичайної РЛС у випадку виходу з ладу обчислювального пристрою). Передбачено ручний й автоматичний захист від перешкод внаслідок дощу й морського хвилювання, а також перешкод, створюваних сусідніми РЛС; символи супроводжуваних цілей; вектори цілей (до 20) у режимах відносного або щирого руху.

Орієнтація зображення може здійснюватися стосовно меридіана, ДП і заданому курсу (у режимі відносного руху); стосовно меридіана й заданого курсу (у режимі щирого руху).

Центр розгорнення може бути зміщений на відстань до 70% від величини шкали дальності. В DB-7 передбачені шкали дальності: 3/8; 3/4; 1,5; 3; 6; 12; 24; 48 й 96 милі й нерухомі кола дальності: 1/8; 1/4; 3/8; 1/2; 1; 2; 4; 8; 16 миль.

На відміну від ЗАРП «Бриз-І» у системі DB-7 вся результуюча інформація відображається на окремому буквено-цифровому табло. Формат відображення складається з 6 рядків по 40 знаків. У випадку небезпечної ситуації (ознакою чого служить відхилення Дкр й Ткр від введених оператором граничних значень), а також при втраті цілей спрацьовують візуальна й звукова сигналізації.

Передісторія руху цілей відображається у вигляді послідовності п'яти останніх позицій мети, розділених рівними інтервалами часу. Передбачено можливість дворазового послідовного програвання маневру свого судна курсом і швидкістю

для вибору маневру на розбіжність. У випадку якщо в режимі програвання якою-небудь метою будуть порушені попередньо задані установки $D_{кр}$, $T_{кр}$, спрацьовує попереджувальна сигналізація.

3. РОЗРАХУНОК РЕЖИМІВ РОБОТИ І ВИБІР ЕЛЕКТРОПРИВОДУ ВАНТАЖОПІДЙОМНОГО МЕХАНІЗМУ СУДНОВОГО КРАНУ MACGREGOR GLBE3025-2/2425GR

3.1 Загальні відомості про суднові крани

Суднові вантажні крани знаходять широке застосування на сучасних транспортних судах.

SWL типового суднового вантажного крана для обробки генеральних вантажів 30 - 40 т. Виліт сучасних головних вантажних кранів знаходиться в інтервалі 12,0 - 32,0 м і більше. Швидкість підйому вантажу на інтервалі SWL від 10 до 250 т в середньому від 30 м / хв до 5 м / хв; швидкість зміни вильоту стріли 40 - 80 с; частота обертання крана $0,5 - 1,0 \text{ хв}^{-1}$. В даний час із зростанням вантажопідйомності всі головні суднові вантажні крани в своїй конструкції застосовують поліспасти в механізмі підйому замість одиночного шкентеля вантажного гака.

Застосування багаторазового поліспасти в механізмах кранів дозволяє підвищити швидкість обертання навивного барабана лебідки і спростити редуктор. При тій же вантажопідйомності є можливість використовувати канати меншого діаметру, знизити діаметри блоків і барабана лебідок. Істотне спрощення крана в механізмі зміни вильоту стріли досягається завдяки заміні топенанта гідроциліндрами. При цьому виключається такелаж і топенантна лебідка. Введення до складу крана насосного агрегату для живлення гідроциліндрів механізму зміни вильоту стріли компенсується істотним спрощенням кінематичної та силової схем крана. Знижується висота вежі крана, вирішується проблема запобігання перекидання стріли. Для забезпечення вимоги, що обмежує відхилення від горизонталі при переміщенні вантажу в діапазоні $\pm 3,5\%$ від діапазону вильоту застосовується спеціальна запасовка шкентеля і певне розміщення їх верхніх блоків на корпусі крана. Механізм повороту кранів ґрунтується на застосуванні комбінованої кульової або роликової опори, на одному з кілець якої нарізані зуби, що входять у зачеплення з провідною шестернею механізму повороту.

Для збільшення вильоту стріли застосовується установка головних кранів не

уздовж діаметральної площини судна, а вздовж борту. Це дозволило також істотно збільшити об'єм вантажного простору для розміщення додаткового вантажу.

3.2 Будова суднового вантажного крана

Розглянемо конструкцію суднового вантажного крана фірми MacGregor GLBE3025-2/2425gr 32/30 t - 27 / 29,5m. Кран призначений для роботи з насипними і генеральними вантажами. Він може бути оснащений, у разі необхідності, спредером, грейфером і т.п.

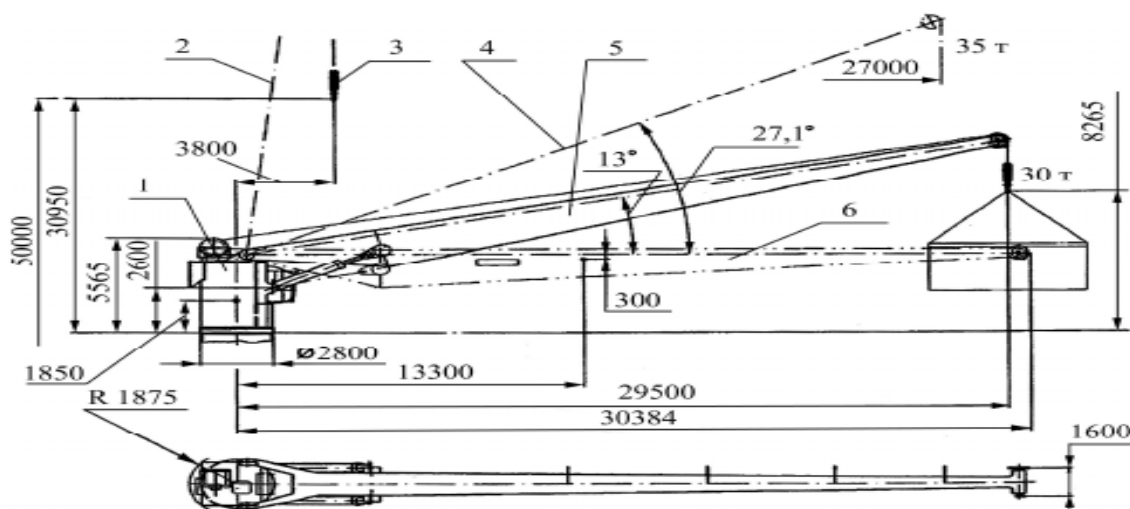


Рисунок 3.1 – Габарити крану 32/30 t - 27 / 29,5

Позначення на рисунку: 1 - вежа крана; 2 - положення стріли (осьової лінії) у вертикальному положенні (у положенні стропування підвіски крюка); 3 - підвіска крюка; 4 - крайнє положення стріли, що забезпечує SWL = 32 т; 5 - стріла в крайньому положенні, що забезпечує SWL = 30 т; 6 - положення стріли в горизонтальному положенні по похідному

Вантажопідйомність крана 32 т при вильоті стріли 27 м і 30 т - при вильоті 29,5 м. Діапазон температури навколишнього середовища, при якій допускається робота - від -25°C до $+45^{\circ}\text{C}$. Мінімальний виліт стріли 3,8 м, максимальний виліт стріли під навантаженням 29,5 м. Максимальна висота підйому вантажу - 50 м. Частота обертання крана $0,8\text{ хв}^{-1}$. Швидкість підйому вантажу при найменшому навантаженні 21 м / хв; при порожньому гаку 40 м / хв. Час зміни вильоту стріли з мінімального в максимальне - 72 с. Допустимий диферент - 5° ; допустимий крен - 2° . Висота поворотної башти крана 1,85 м; діаметр башти - 2,8 м. Маса

укомплектованої поворотною вежі крана - 27775 кг, маса стріли в зборі - 22800 кг, маса гідроциліндрів 2х2800 кг, маса шкентеля 784 кг, маса підвіски крюка 1500 кг, маса крана в зборі - 59570 кг.

3.3 Розрахунок енергетичних характеристик вантажопідйомного механізму суднового крана

Дані для розрахунків. Механізм підйому вантажу: вантажопідйомність крана: $G_1 = 32$ т; діаметр барабана: $D = 0,8$ м; частота обертання вихідного валу гідромотора: $n = 1530 \text{ хв}^{-1}$; передавальне число редуктора: $u = 108$; кратність поліспасти: $i = 2$; час розгону: $t = 2$ с; коефіцієнт приведення моментів інерції обертових мас механізму до валу гідромотора: $k = 1,17$; момент інерції ротора гідромотора: $I = 1,6$ кг • м; ККД механізму підйому вантажу: $\eta_r = 0,84$; частота обертання валу електродвигуна: $n = 1530 \text{ хв}^{-1}$.

Механізм підйому вантажу

Статичний момент на валу гідромотора:

$$T_{cm} = \frac{1000 \cdot G_1 \cdot g \cdot m \cdot D}{2 \cdot i \cdot u \cdot \eta} = \frac{1000 \cdot 32 \cdot 9.81 \cdot 1 \cdot 0.8}{2 \cdot 2 \cdot 108 \cdot 0.86} = 675.96 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.1)$$

Кутова швидкість ротора гідродвигуна:

$$\omega_{cm} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n}{60} = \frac{2 \cdot 3.14 \cdot 1530}{60} = 160 \text{ с}^{-1} \quad (3.2)$$

Момент інерції обертових мас:

$$T_{ив} = \frac{k \cdot \omega_{cm} \cdot I}{t} = \frac{1.17 \cdot 160 \cdot 1.6}{2} = 150 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.3)$$

Момент сил інерції вантажу:

$$T_{иг} = \frac{1000 \cdot G_1 \cdot \omega_{cm} \cdot D^2}{4 \cdot (i \cdot u)^2 \cdot t \cdot \eta} = \frac{1000 \cdot 32 \cdot 160 \cdot 0.8^2}{4 \cdot (2 \cdot 108)^2 \cdot 2 \cdot 0.86} = 10.2 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.4)$$

Крутний момент T (Н • м) на вихідному валу гідродвигуна:

$$T_{\Sigma} = T_{CT} + T_{IB} + T_{III} = 675.96 + 150 + 10.2 = 836.2 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (3.5)$$

Потужність механізму підйому вантажу:

$$N_{III} = T_{\Sigma} \cdot 10^{-3} \cdot \omega_{эд} \cdot \eta_{Г}^{-1} = 836.2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{1530 \cdot 2 \cdot 3.14}{60} \cdot 0.84^{-1} = 159.4 \text{ кВт} \quad (3.6)$$

Вибір двигуна для механізм підйому вантажу:

Вибираємо двигун марки Hyundai MNB 280LL з такими параметрами:

Номінальна потужність: 160 кВт

Номінальний струм: 263,1 А

Пусковий струм: 1315,5 А

Число полюсів: 2

ККД: 0,93

Коефіцієнт потужності: 0,88

Клас ізоляції: F

Вибір комутаційно-захисної апаратури для механізму підйому вантажу

Вибираємо автоматичний вимикач фірми Schneider Electric Compact NSX400 з параметрами що наведені у додатку **A**

3.4 Особливості частото-регульованого кранового електроприводу, вибір перетворювача частоти

Зростаючі технологічні вимоги до якості виробничих процесів, необхідність використання високих технологій зумовлюють стійку тенденцію впровадження в різні промислові виробництва сучасних регульованих електроприводів. В рівній мірі це відноситься і до електроприводів підйомно-транспортних механізмів. До теперішнього часу основним типом електроприводу підйомних кранів був електричний двигун постійного або змінного струму з релейно-контакторним управлінням, в якому функції управління, захисту і регулювання швидкості здійснюється за допомогою різного роду кранових і захисних панелей. Регулювання швидкості в таких електроприводах реалізується за рахунок введення в силові ланцюги додаткових опорів. Основним недоліком такого способу регулювання є його

низька енергоефективність, особливо при роботі на швидкостях нижче номінальної. Крім того, цей спосіб вимагає використання двигуна з фазним ротором, якщо йдеться про привід змінного струму. Такого роду двигуни, як і двигуни постійного струму, має в складі обертові струмопровідні частини, що, в свою чергу, вимагає більш ретельного і трудомісткого обслуговування. Крім того, даний спосіб не дозволяє отримати значного діапазону регулювання швидкості. Низька ефективність використання релейно-контакторної апаратури загальновідома. В даний час відомі приклади використання більш досконалих способів комутації силових ланцюгів: тиристорні ключі, твердотільні реле, без дугова комутація та т.п. Однак принцип регулювання швидкості залишається колишній і в основному базується на використанні асинхронних двигунів з фазним ротором. В даний час найпоширенішим двигуном промислових електроприводів є асинхронний електродвигун з короткозамкненим ротором. Це найпростіший, самий надійний і найдешевший електродвигун в широкому діапазоні частоти обертання і потужності. Найефективнішим і найпоширенішим серед глибоко регульованих асинхронних електроприводів є частотно-регульований електропривод на основі перетворювача частоти. Застосування частотно-регульованого асинхронного електропривода в механізмах підйомно-транспортного устаткування є ефективним методом підвищення технологічності виробництва. Використання таких приводів дозволяє:

- Значно (до 40%) знизити енергоспоживання крана, що особливо актуально при постійно зростаючих тарифах на енергоносії.

- Здійснити розгін і гальмування двигуна плавно, по бажаному закону від часу, при варіюванні часом розгону і гальмуванні від часток секунди до десятків хвилин.

- Підвищити комфортні показники при русі крана і довговічність механічного обладнання завдяки плавності перехідних процесів.

- Захистити двигун від перевантажень по струму, перегріву, витоків на землю і від обривів в ланцюгах живлення двигунів.

- Знизити експлуатаційні витрати на капітальний ремонт обладнання за рахунок значного зниження динамічних навантажень в елементах кінематичного ланцюга.

- Змінювати швидкості і прискорення руху механізмів крана стосовно до конкретних технологічних завдань.

Для управління електроприводами вантажопідйомних механізмів були використані перетворювачі частоти Altivar Process 930 виробництва компанії Schneider Electric (Франція), характеристики яких наведені у додатку Б, які відповідають найсуворішим вимогам, і адаптовані для вирішення найбільш складних завдань кранового електроприводу.

ПЧ ATV930 забезпечує алгоритми векторного і скалярного управління роботою однодвигунних і багатодвигунових кранових приводів зі стандартними і спеціальними двигунами як в розімкнутій, так і замкнутій системах регулювання швидкості.

ПЧ ATV930, оснащений картою контролера, легко вбудовується в архітектуру управління автоматизованими крановими системами. Дане рішення є найдешевшим варіантом організації таких систем. Карта контролера має вбудований інтерфейс CANopen (Master), що зв'язує її з іншими пристроями, і може використовуватися для розробки власних додатків або з уже реалізованими готовими прикладними алгоритмами.

У першому випадку наявне програмне забезпечення PS 1131, яке відповідає міжнародному стандарту МЕК 611311-31, надає користувачеві можливість створення власних додатків на одному з 6 доступних мов програмування. Наприклад, реалізація зовнішніх функцій з управління краном, а також функцій, що не входять в стандартні прикладні функції ПЧ, адаптація програми відповідно до вимог нових кранових механізмів.

У другому випадку карта контролера поставляється з готовим прикладним рішенням. Прикладом може служити універсальна карта для управління кранами (кранова карта), в якій реалізований алгоритм запобігання розгойдування вантажу. Проблеми, пов'язані з виникненням коливань вантажу в процесах розгону і

гальмування механізмів переміщення крана, добре відомі: при розгойдуванні неможливе проведення вантажно-розвантажувальних операцій, а час, витрачений на його гасіння, може становити до третини сумарного часу робочого циклу, що знижує ефективність використання крана, і т.д.

Перетворювачі частоти ATV930 забезпечують:

- управління гальмом, адаптоване для приводів переміщення і підйому;
- підйом малих вантажів з підвищеною швидкістю;
- контроль стану гальма.

Дані перетворювачі частоти зручні в налаштуванні і легко інтегруються в загальну систему управління краном, підвищують зручність управління і, крім того, надають широкі можливості діагностики стану електроприводів.

Схема керування механізмами крана з використанням перетворювачів частоти приведена на рисунку 3.2.

Відмінною особливістю даної схеми є відсутність гальмівних опорів із заміною їх на блок рекуперації, загальний для всіх електроприводів. Випрямлена напруга всіх приводів пов'язано з блоком рекуперації.

Для раціонального використання енергії застосовують модулі рекуперації, які замінюють резистори в приводах з тривалою роботою в генераторному режимі або мають велику гальмівну потужність, як, наприклад, у підйомних і інерційних механізмах. У цьому випадку енергія гальмування електроприводу повертається в мережу живлення.

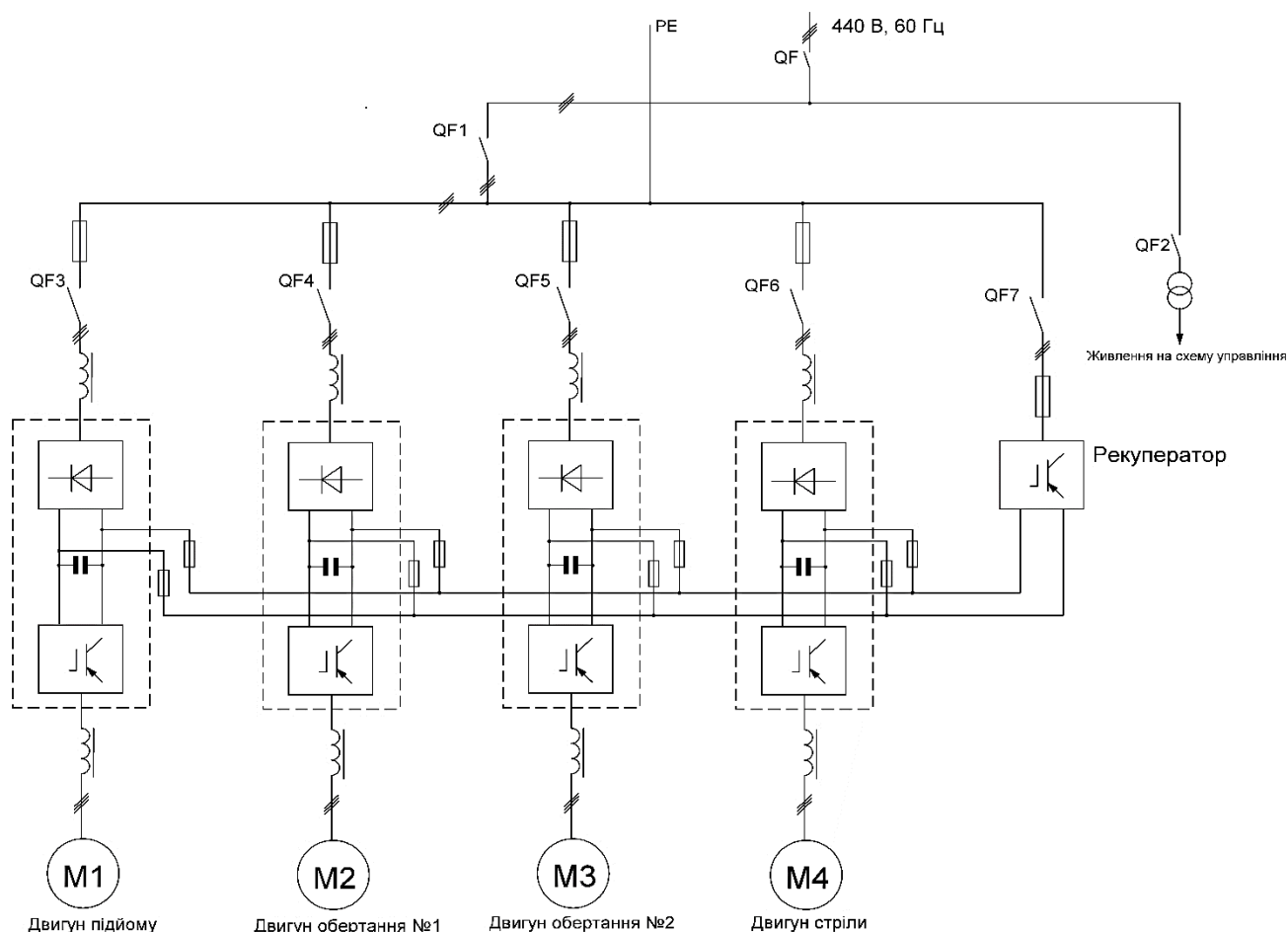


Рисунок 3.2 – Силовая схема электроприводов механизмов крана

Управління перетворювачами частоти крана при будь-якому варіанті реалізації здійснюється від кранової карти VW3A3510. Кранова карта найбільш оптимальна за своїми характеристиками з точки зору ціни і якості, дуже надійний при важких умовах експлуатації. Карта приймає сигнали з пульта, від датчиків здійснює взаємні блокування між приводами, видає сигнали управління по мережі на приводи, а також поточну і аварійну інформацію на табло. Завдяки використанню мережі між картою і перетворювачами кількість інформаційних кабелів скорочено до мінімуму. По мережі інформація передається в обидві сторони і вся інформація про роботу і стан ПЧ доступна карті і може виводитися на табло. В якості інформаційної панелі для оператора застосовується графічне табло. Система управління в цілому забезпечує:

- управління енергоспоживачами крана і контроль стану силових ланцюгів, управління інформацією про відмови і спрацьовування захисту;

- безперервний контроль датчиків безпеки, обмеження вантажопідйомності основного за допомогою незалежного блоку з функцією реєстратора параметрів;
- контроль і реєстрацію даних про функціонування частотних перетворювачів;
- обробку та реєстрацію команд оператора;
- управління частотними перетворювачами та отримання діагностичної інформації від них;
- підрахунок сумарного часу роботи кожного механізму (лічильник мотогодин);
- пуск привода підйому з початковим моментом для виключення просадки вантажу;
- контроль перевищення швидкості для привода підйому
- самодіагностику і виведення на панель оператора повідомлень про відмови в СУ, управління системою з різними рівнями доступу.

Панель оператора з сенсорним екраном, встановлена в кабіні кранівника, забезпечує контроль, відображення стану основних елементів системи управління (див. Рис.3.3) та електроустаткування крана, а також архівування аварійних і передаварійних ситуацій (журнал аварійних і попереджувальних повідомлень).

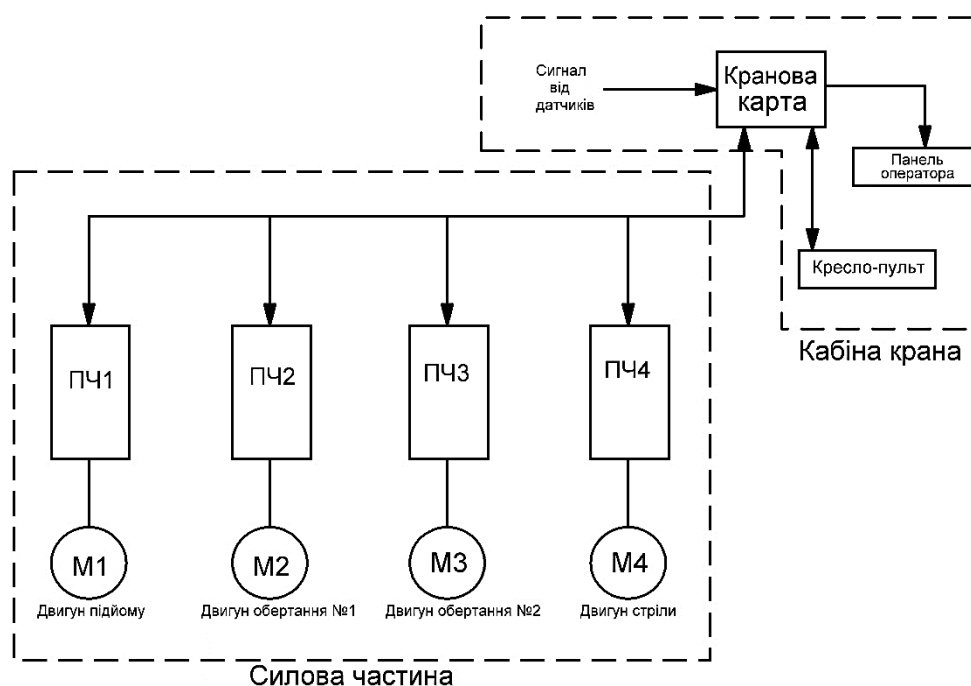


Рисунок 3.3 – Структурна схема системи управління

Електропривод механізму підйому. Механічні характеристики ідеального електропривода механізму підйому розташовуються у всіх чотирьох квадрантах, рис. 3.4.

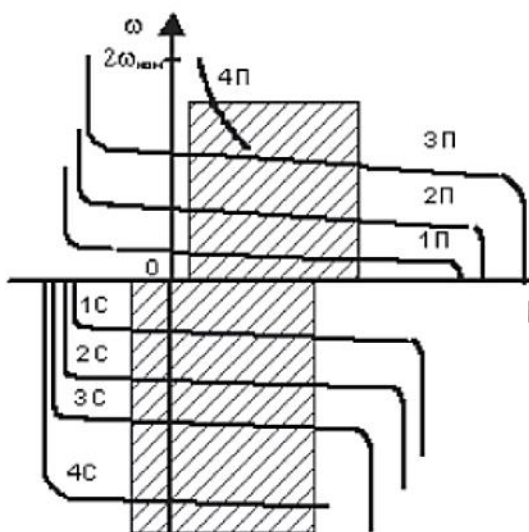


Рисунок 3.4 – Механічні характеристики кранового електропривода

Головною відмітною особливістю електропривода механізму підйому є наявність активного (потенційного) характеру моменту навантаження. Активний момент навантаження завжди має один знак, тобто момент, створюваний вагою вантажу, завжди прагне розкрутити механізм в бік спуску. Таким чином, при підйомі вантажу (перший квадрант механічних характеристик) електропривод повинен долати цей момент (працювати в руховому режимі), при роботі в напрямку спуску (четвертий квадрант механічних характеристик) не давати вантажу опускатися в режимі вільного падіння (гальмівний режим). Потенційна енергія вантажу при опусканні або повинна повертатися в живильну мережу (що більш переважно) або розсіюватися у вигляді тепла в спеціальному пристрої. Необхідність забезпечення сталої швидкості в гальмівному режимі є головною вимогою до електроприводу механізму підйому і є визначальним при виборі структури силової схеми. Потенційна енергія вантажу при опусканні або повинна повертатися в живильну мережу (що більш переважно) або розсіюватися у вигляді тепла в спеціальному пристрої. Необхідність забезпечення сталої швидкості в гальмівному режимі є головною вимогою до електроприводу механізму підйому і є визначальним при виборі структури силової схеми.

Крім того, для більшості електроприводів механізму підйому існує так званий режим силового спуску - коли статичний момент, створюваний вагою легкого вантажу або порожнього гака, не долає момент від втрат механічної частини (редукторі, канатно-блочною системою). У цьому випадку електропривод працює в руховому режимі з дуже невеликим гальмівним моментом - не більше 10-15% від номінального. Характеристики силового спуску розташовуються в третьому квадранті. У другому квадранті електропривод не має усталеного режиму і працює тільки у режимі гальмування з вищих на нижчі швидкості.

Оскільки більшість електроприводів механізму підйому вимагають регулювання швидкості, в кожному квадранті розташовується кілька механічних характеристик. Характеристика 1 у першому квадранті служить в основному для обтягування строп вантажозахватного пристосування. Характеристика 2 є проміжною. При роботі на характеристиці 3 проводиться підйом вантажу з номінальною швидкістю. Характеристики 4, що лежать в першому, третьому і четвертому квадрантах використовуються в електроприводі кранів з великою висотою підйому. При роботі на цих характеристиках виробляється підйом і опускання вантажів масою менше номінальної з підвищеною швидкістю. Найбільший вплив на вибір системи електропривода та її структуру надає характеристика 1, яка лежить в третьому і четвертому квадрантах. Швидкість опускання вантажу на цій характеристиці називається посадковою або настановною та визначається технологічними вимогами до крана і є однією з головних характеристик електроприводу механізму підйому. При активному моменті навантаження завжди виникає небезпека падіння вантажу з загрозою для життя людей і руйнування механізмів. Тому, до конструкції як механічної, так і електричної частин правил будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів - пред'являються вимоги, спрямовані на забезпечення безпеки. Першим з них є обов'язкова наявність в конструкції механічної частини гальма так званого "нормально замкнутого типу", тобто при відключеному приводі механізм повинен бути завжди загальмований. Гальма повинні володіти достатнім запасом гальмівного моменту, так званим «коефіцієнтом запасу гальмування». Другою вимогою є обов'язкове забезпечення опускання вантажу тільки

працюючим електродвигуном.

Зазначені вимоги визначають схемні рішення, і побудова силового каналу електропривода механізму підйому з перетворювачем частоти:

- електропривод повинен забезпечувати достатній запас пускового моменту при максимально припустимому навантаженні і максимальному припустимому зниженні напруги;
- механічне розгальмовування гальма повинно проводитися тільки після того, як електропривод розвине пусковий момент достатній для підйому вантажу;
- спрацювання будь-якого захисту електроприводу повинно призводити до відключення електроприводу з загальмованим механічним гальмом;
- перетворювач частоти повинен бути обладнаний пристроєм рекуперації або розсіювання енергії гальмування (гальмівний резистор) з потужністю, достатньою для забезпечення опускання вантажу максимальної допустимої маси на номінальній швидкості.

Найбільш поширена структурна схема частотного електроприводу механізму підйому крюкового крана загального призначення представлена на рис. 3.5.

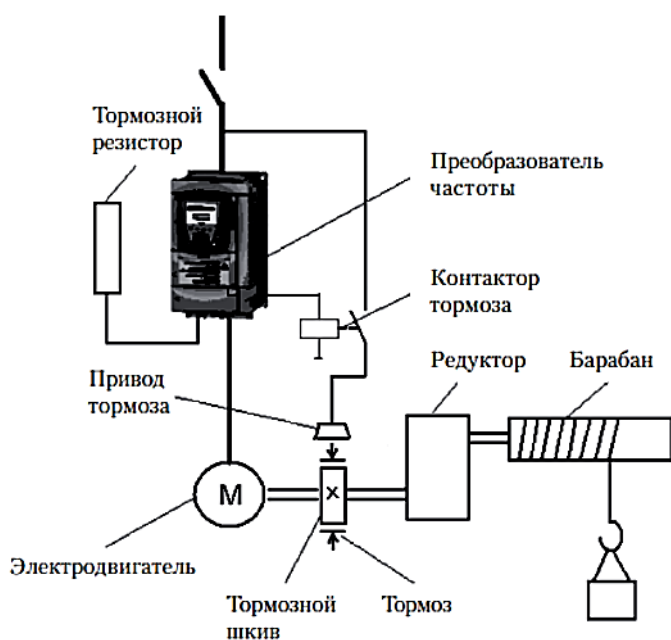


Рисунок 3.5 – Структурна схема механізму підйому крана

Управління електромеханічним (електрогідравлічним) приводом гальма

здійснюється контактором, що включається вбудованим релейним виходом перетворювача частоти після того, як електродвигун розвине достатній пусковий момент. Для розсіювання енергії гальмування служить гальмівний резистор, хоча може застосовуватися і пристрій рекуперації енергії.

Крім того, деякі електроприводи можуть містити датчики швидкості і переміщення. Крім представленого на рис. 3.5 традиційного компонування механічної частини привода існує також варіант, при якому механічне гальмо з електромагнітним приводом складає одне ціле з двигуном. Деяке поширення в крановому електроприводі отримали також двигуни з конічним рухомим ротором, розгальмовування яких проводиться при осьовому переміщенні ротора під дією електромагнітних сил.

3.5 Розробка принципової схеми механізмів кранового електропривода

З урахуванням вище зазначених особливостей частото-регульованого електропривода в дипломній роботі розроблена принципова схема механізму підйому з використанням програмованого логічного контролера серії Twido і панелі оператора з сенсорним екраном Magelis (у відповідності з рис. 3.3).

Принципальні схеми електропривода механізму підйому вантажного крана з індивідуальним перетворювачем частоти Altivar Process ATV930 фірми Schneider Electric та рекуператором наведені в Додатку **Б** та на плакатах.

4. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ СЕЕС

4.1. Захист і управління електростанцією за допомогою модулів РРМЗ

Система захисту і управління потужністю електростанції (РРМ-3) – це стандартна система управління потужністю для застосування на судні. Система здійснює функції управління, контролю та захисту генератора. Функції управління потужністю закладені у всіх генераторних блоках, тому кожен блок системи може бути керуючим блоком. Один з генераторних блоків визначається системою як «Керуючий блок». Цей блок здійснює функції запуску за пріоритетами, а також інші функції управління потужністю електростанції. У разі виходу з ладу керуючого блоку, всі функції управління потужністю електростанції передаються наступному доступному блоку.

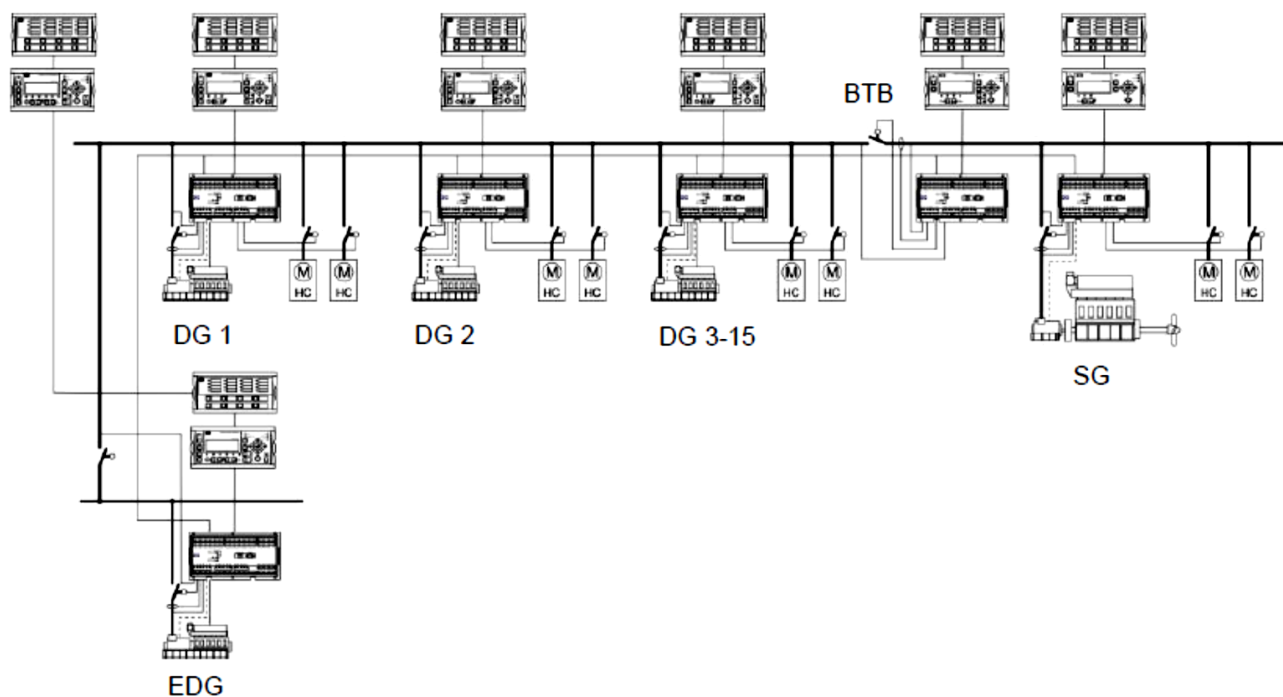


Рисунок 4.1 – Загальна структурна схема автоматизації СЕЕС

Комунікація між блоками здійснюється по внутрішній шині CAN. Ця CAN шина призначена тільки для пристроїв компанії DEIF і НЕ може бути підключена до інших зовнішніх систем з CAN-шиною.

Зовнішня комунікація з аварійно – попереджувальною системою може здійснюватися за допомогою наступних протоколів зв'язку:

- RS485 Modbus RTU

- Profibus DP
- Ethernet TCP/IP Modbus

Система PPM-3 може керувати:

- 1 - 16 DG (Блок дизель - генератора) (від 1 до 15 з блоком АДГ) CAN ID 1-16
- 0-1 EDG (Блок аварійного дизель - генератора) CAN ID 1-16
- 0-2 SG (Блок валогенератора) CAN ID 17-20
- 0-2 SHORE (Блок живлення з берега) CAN ID 17-20
- 0-8 BTB (Блок секційного вимикача) CAN ID 33-40.

Тут CAN ID – внутрішній ідентифікатор по шині CAN.

Опис функціонування PPM3

Розглянемо опис стандартних функцій, а також ілюстрації відповідних додатків. Блок – схеми і однолінійні схеми використовуються для полегшення розуміння інформації.

Стандартні функції. Далі наведені стандартні функції блоків.

Управління і робота

- Дизель – генератором (ДГ)
- Аварійним дизель – генератором (АДГ)
- Валогенератором
- Секційним вимикачем
- Розподіл навантаження між генераторами
- Переклад навантаження з валогенератора (живлення з берега) і назад
- Режим фіксованої потужності/базового навантаження генератора (асиметричний розподіл навантаження)
- Управління запуском потужних споживачів (фіксоване/змінне навантаження)
- Безпечний режим (резервування додаткової потужності)

Управління приводним двигуном

- Послідовності запуску/зупинки
- Управління котушкою запуску і зупинки
- Релейні виходи для керування регулятором обертів

Захисту (код ANSI)

- Перевантаження по струму, 4 уставки (51)
- Зворотна потужність, 2 уставки (32)
- Захист від підвищеного/зниженого напруги (27/59)
- Захист від підвищеної/пониженої частоти (81)
- Перевантаження по потужності (32)
- Несиметрія по струму (46)
- Несиметрія напруги (60)
- Втрата збудження/перезбудження (40)
- Багатоцільові входи (цифрові, 4-20мА, 0-40V DC, PT100, PT1000 or VDO)
- Дискретні входи.

Дисплейний блок

- Пристосований до віддаленої інсталяції
- Кнопки Пуск/Стоп на лицьовій панелі
- Кнопки керування вимикачем (вкл/викл) на лицьовій панелі
- Текстові інформаційні повідомлення

М-логіка

- Проста конфігурація логічних блоків
- Завдання різних вихідних даних
- Завдання різних команд

Управління потужністю електростанції

Управління електростанцією:

- Живлення від дизель - генераторів (до 16 генераторів)
- Живлення від валогенератора (до 2 ва-логенераторов)
- Живлення від берегового джерела
- Робота з розділеними шинами (до 8 секційних вимикачів)

Функції управління потужністю електростанції:

- Запуск ДГ при знеструмленні електростанції
- Запуск/зупинка ДГ в залежності від споживаної потужності

- Вибір пріоритету
- Вручну
- За мото годинами
- По оптимізації витрати палива
- Безпечний стоп ДГ (клас несправності = Безпечний стоп)
- Безпечний режим (резервування додаткової потужності)
- Мінімальна кількість працюючих ДГ
- Максимальне кількість працюючих ДГ
- Відключення низько пріоритетного навантаження (другорядні споживачі)
- Вихід для зниження потужності (аналоговий або цифровий)
- Підключення потужних споживачів при певних умовах

Режими і послідовності блоку РРМЗ

Розглянемо різні режими роботи блоку в різних варіантах використання, а також відповідні цим режимам алгоритми роботи кожного блоку РРМЗ, включаючи опис блок – схем.

Блоки РРМ-3 можуть використовуватися для таких варіантів використання (див. таблицю):

Варіанти використання	Примітка
Кілька ДГ, управління потужністю електростанції	Стандарт
Управління АДГ в якості аварійного або стояночного ДГ	Стандарт
Режим фіксованої потужності /базове навантаження для ДГ	Стандарт
Переклад навантаження з валогенератора (живлення з берега) і назад	Стандарт
Робота з розділеними шинами	Стандарт

Якщо блок РРМ-3 знаходиться в режимі "Управління зі щита", всі вищевказані режими роботи недоступні (блоковані), на дисплеї відображається повідомлення «SWBD control» (Управління зі щита).

Опис режиму роботи

Напівавтоматичний режим. В режимі НАПІВ-АВТО блок не виконує дії

автоматично. Блок виконує якісь дії тільки за зовнішнім сигналом.

Зовнішні сигнали можуть бути наступними:

1. Кнопки на дисплейному блоці
2. Цифрові входи
3. Команди по шині ModBus

У стандартній комплектації РРМ-3 містить обмежену кількість цифрових входів. Для більш детальної інформації можна звертатися до розділу «Цифрові входи» в «Інструкції з установки».

В режимі НАПІВ-АВТО блок РРМ3 впливає на регулятор швидкості і регулятор напруги (AVR). Для регулювання напруги необхідно замовити опцію D. В режимі НАПІВ-АВТО можуть бути запущені наступні послідовності:

Команда	Опис	Примітка
Запуск	Послідовність запуску триває до тих пір, поки ДГ запуститься або будуть проведені всі спроби пуску. Частота (і напруга) будуть регулюватися, щоб підготувати включення вимикача	Тільки на блоці дизель - генератора
Стоп	ДГ буде зупинений після зникнення сигналу про роботу, стоп діятиме на час «розширеного часу зупинки». ДГ зупиняється після роботи на холостому ходу (Розхолодження дизеля)	Тільки на блоці дизель - генератора
Включення вимикача	Блок включить вимикач після синхронізації, якщо головні шини знаходяться під напругою	
Відключення вимикача	Блок розвантажить ДГ і відключить вимикач при навантаженні менше заданої, якщо у працюючих ДГ достатньо запасу потужності. Блок не відключить вимикач, якщо це призведе до знеструмлення шин щита	
Включення вимикача перемикача	Блок включить вимикач перемикача після синхронізації, коли вимикач АДГ замкнутий і головні шини знаходяться під напругою	Тільки на блоці АДГ
Відключення	Блок розвантажить ДГ і відключить	Тільки на блоці АДГ

вимикача пемички	вимикач при навантаженні менше заданої, якщо АДГ підключений до шин. Блок не відключить вимикач, якщо це призведе до знеструмлення шин аварійного щита	
------------------	--	--

Автоматичний режим

Блок РРМЗ автоматично виконує команди від системи управління потужністю. Ніяких дій від оператора не потрібно.

Блок аварійного ДГ не бере участь у роботі функції запуску/зупинки по потужності або в управлінні пріоритетами. Кілька ДГ, управління потужністю електростанції.

Опис автоматичного режиму (АВТО)

Всі доступні блоки ДГ управляються системою управління електростанції (СУЕС), ДГ запускаються і зупиняються відповідно до заданих пріоритетів і залежно від поточного навантаження електростанції. У разі, якщо від працюючого генератора приходить сигнал про його несправності або аварії, СУЕС запускає наступний ДГ і підключає його на шини ГРЩ через синхронізацію до того моменту, коли працюючий генератор вийде з ладу (аварія «безпечний останов»). Якщо несправність ДГ вимагає його аварійної зупинки (миттєве відключення вимикача і зупинка ДГ), система запустить і підключить на шини через синхронізацію наступний генератор. У той же час, СУЕС відстежує навантаження генераторів. У разі їх перевантаження будуть відключені другорядні споживачі для підтримки напруги на шинах ГРЩ. Якщо в СУЕС надходить запит на запуск потужного споживача, система обчислює достатність потужності працюючих ДГ для цього запуску. Якщо ні, система запускає і підключає на шини додатковий генератор перед тим, як видати дозвіл на запуск потужного споживача. Функція зупинки на низькому навантаженні може бути заблокована як цифровим входом, так і за запитом на запуск потужного споживача. (Параметр 8025).

Опис напівавтоматичного режиму (НАПІВ-АВТО)

Всі доступні ДГ можуть бути запущені/зупинені /синхронізовані/ розвантажені натисканням відповідної кнопки на лицьовій панелі кожного блоку РРМЗ

генератора. В режимі НАПІВ-АВТО функція запуску/зупинки в залежності від навантаження блокована. СУЕС відстежує навантаження генераторів. У разі їх перевантаження будуть відключені другорядні споживачі для підтримки напруги на шинах ГРЩ. Якщо надходить запит на запуск потужного споживача, система обчислює достатність потужності працюючих ДГ для цього запуску. Якщо ні, система не видає дозвіл на запуск потужного споживача.

Кілька ДГ, розподіл навантаження. Симетричний розподіл навантаження

Опис режимів АВТО і НАПІВ-АВТО

В обох випадках розподіл активного навантаження (і реактивного навантаження, опція D1) здійснюється по внутрішній шині (шинах) CAN. У блоці є два порти CAN шини для управління потужністю і розподілом навантажень. Якщо обрані обидві шини, лінії CAN будуть резервувати один одного. Розподіл навантаження здійснюється в процентному співвідношенні, тому генератори різної потужності будуть навантажені однаково.

Несиметричний розподіл навантаження (Базове навантаження). Будь-який блок ДГ може працювати в режимі базового навантаження (параметр 2952). Це задається з дисплея блоку, з допомогою М-логіки, або через цифровий вхід. Якщо блок працює в режимі базового навантаження, на екрані відображається повідомлення FIXED POWER (фіксована потужність). Значення фіксованої потужності задається параметром 2951.

Блок ДГ, обраний базовим, автоматично переводиться в режим НАПІВ-АВТО. Тільки один ДГ може бути базовим на одних шинах.

Якщо генератор працює в якості базового і загальне навантаження зменшилося до значення, близького до значення фіксованої потужності, система зменшить уставку по фіксованій потужності. Це робиться, щоб уникнути проблем з регулюванням частоти, оскільки генератор, що працює в якості базового, не бере участь у регулюванні частоти. Коли вимикач генератора буде включений, потужність ДГ буде збільшена до значення уставки за фіксованою потужністю. Якщо обрана функція автоматичного регулювання напруги (опція D1), уставка буде з налаштованим

коефіцієнтом потужності.

Управління аварійним генератором

Блокування аварійного відключення (Shutdown override). У разі, якщо вимикач перемички (ВП) між аварійними і головними шинами відключений (внутрішній статус), всі аварійні сигнали на блоці АДГ автоматично стають «Попередженнями» (змінюється клас аварії). Виняток становлять сигнали з класом аварії «Коротке замикання», аварія «Перевищення обертів» і цифровий вхід «Аварійний стоп». Якщо вимикач перемички замкнутий, аварійний ДГ розглядається як звичайний ДГ і функція блокування аварійного відключення не активна.

Функція знеструмлення (Blackout)

Знеструмлення визначається наступними умовами:

- Вимикач перемички ВИМК. (ВП між аварійними і головними шинами)
- Немає напруги на шинах
- Вимикач генератора ВИМК.

У разі знеструмлення головних шин (ГРЩ), вимикач перемички (ВП) буде відключений своїм мінімальним розчіплювачем, додатково блок РРМ-3-АДГ подасть команду на відключення ВП. Через 15 секунд (заводська настройка, регулюється від 0 до 60 сек.) запуститься аварійний ДГ і включиться вимикач генератора на знеструмлені шини як тільки напруга/частота будуть в нормі. Функція знеструмлення активна в режимі АВТО і НАПІВ-АВТО.

Якщо знеструмлення сталося в режимі ТЕСТ, блок РРМ-3-АДГ автоматично завершить режим тестування і запустить послідовність запуску по знеструмленню.

Опис режиму АВТО. Після відновлення напруги на шинах ГРЩ, ВП включається через синхронізацію, потім розвантажується АДГ і відключається вимикач генератора, після часу розхолодження АДГ зупиняється.

Опис режиму НАПІВ-АВТО. Після відновлення напруги на шинах ГРЩ, оператор може включити ВП через синхронізацію, натиснувши кнопку ВКЛ. ВП на лицьовій панелі блоку РРМ-3-АДГ. Тепер оператор може відключити вимикач генератора (включаючи розвантаження АДГ), натиснувши на кнопку ВИМКНУТИ ВГ на лицьовій панелі блоку. Натисканням кнопки СТОП запускається таймер часу

охолодження ДГ, повторне натискання на кнопку перериває таймер і зупиняє дизель.

Управління з розділеними шинами

Поділ шин на шини «А» дизель-генератора і шини «В» дизель-генератора

Режим роботи з розділеними шинами може бути обраний простим натисканням на кнопку ВИМКНУТИ ВС (секційний вимикач). Також може бути налаштований цифровий вхід або кнопка на панелі АОР для вибору цього режиму.

СУЕС перевіряє поточне значення навантаження з обох сторін секційного вимикача, запускає і підключає на шини необхідну кількість генераторів, після чого відключає секційний вимикач. Якщо потужності дизель – генераторів недостатньо для роботи з розділеними шинами, секційний вимикач не відключається і на дисплеї блоку РРМ-3-ВТВ (секційний вимикач) відображається повідомлення "SPLIT NOT POSSIBLE" (ПОДІЛ НЕМОЖЛИВО).

Як тільки шини роз'єднуються, розрахунок потужності за функцією старт/стоп по навантаженню здійснюється незалежно для кожної секції шин.

Поділ шин на шини дизель-генератора та шини валогенератора. Режим роботи з розділеними шинами може бути обраний простим натисканням на кнопку ВИМКНУТИ ВС. Також може бути налаштований цифровий вхід або кнопка на панелі АОР для вибору цього режиму.

Поділ може бути виконане, лише якщо живлення від валогенератора/береги вже підключено. Система управління потужністю розвантажить і відключить секційний вимикач. Якщо неможливо синхронізувати вимикач валогенератора/живлення з берега, на дисплеї блоку РРМ-2-ВТВ буде відображено повідомлення "SPLIT NOT POSSIBLE" (ПОДІЛ НЕМОЖЛИВО). Коли процес поділу запущений, світлодіод ВС ВИМК світиться жовтим кольором. Коли ВС відключається, процес поділу закінчений.

4.2. Однолінійні схеми автоматизації СЕЕС

Далі наведені різні варіанти використання системи, що проілюстровані однолінійними схемами.

Кілька дизель – генераторів, одна секція шин ГРЩ. Ця система може

управляти від 2 до 16 дизель - генераторів.

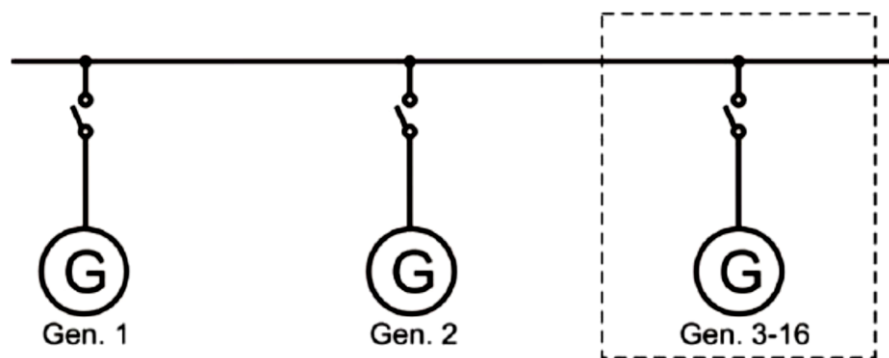


Рисунок 4.2 – Однолінійна схема ГРЩ: кілька дизель – генераторів, одна секція шин

Кілька дизель – генераторів, дві секції шин. Ця система може управляти від 2 до 16 дизель – генераторів. Генератори можуть додаватися з обох сторін секційного вимикача.

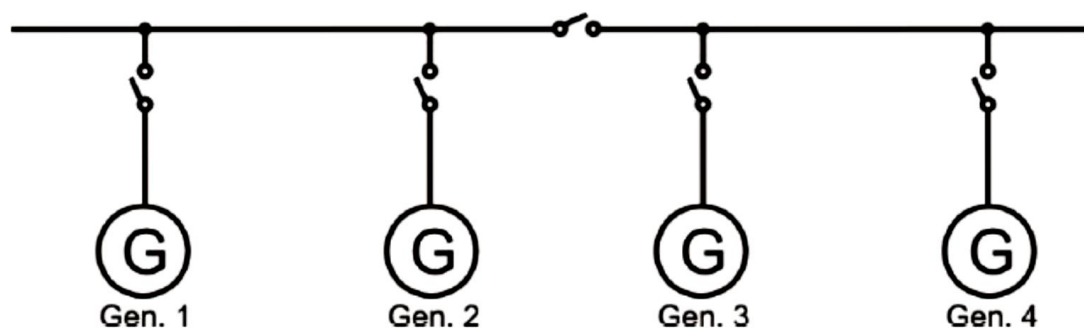


Рисунок 4.3 – Однолінійна схема ГРЩ: кілька дизель – генераторів, дві секції шин

Кілька дизель – генераторів, 1 валогенератор, одна секція шин. Ця система може управляти від 2 до 16 дизель – генераторів і 1 валогенератором.

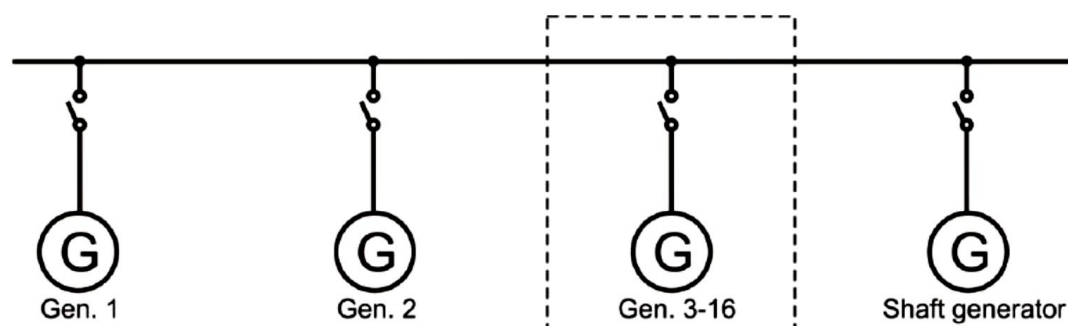


Рисунок 4.4 – Однолінійна схема ГРЩ: кілька дизель – генераторів, 1 валогенера-
тор, одна секція шин

Кілька дизель – генераторів, 1 валогенератор, дві секції шин. Ця система може управляти від 2 до 16 дизель – генераторів і 1 валогенератором. ДГ можуть додаватися з обох сторін секційного вимикача.

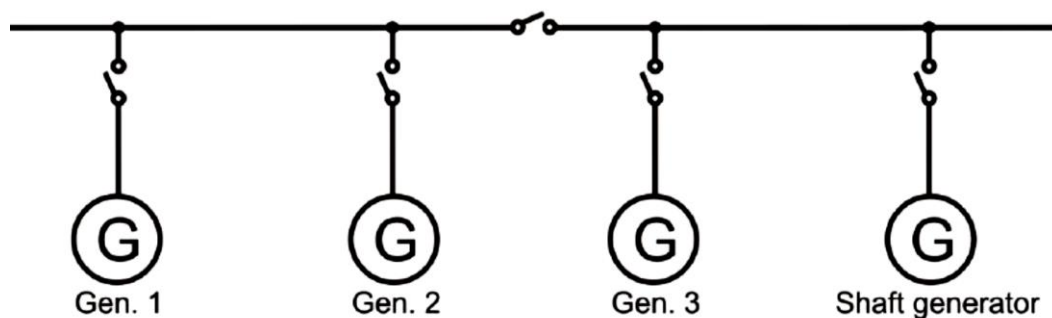


Рисунок 4.5 – Однолінійна схема ГРЩ: кілька дизель – генераторів, 1 валогенератор, дві секції шин

Кілька дизель – генераторів, 2 валогенератора, дві секції шин. Ця система може управляти від 2 до 16 дизель – генераторів і 2 валогенераторами. ДГ можуть додаватися з обох сторін секційного вимикача.

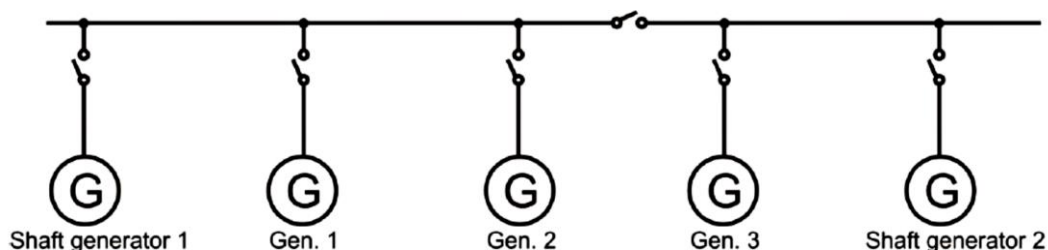


Рисунок 4.6 – Однолінійна схема ГРЩ: кілька дизель – генераторів, 2 валогенератори, дві секції шин

Кілька дизель – генераторів, 2 валогенератора, три секції шин. Ця система може управляти від 2 до 16 дизель – генераторів і 2 валогенераторами.

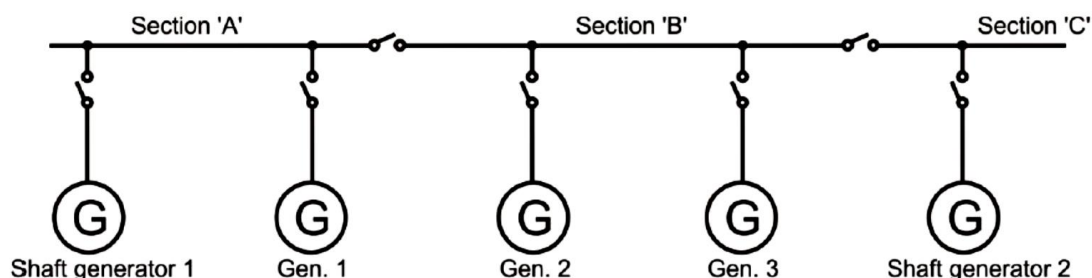


Рисунок 7 – Однолінійна схема ГРЩ: кілька дизель – генераторів, 2 валогенератори, три секції шин

Кілька дизель – генераторів, кілька секцій шин. Ця система може управляти від 2 до 16 дизель – генераторів і до 8 секційних вимикачів. ДГ можуть додаватися з обох сторін секційного вимикача.

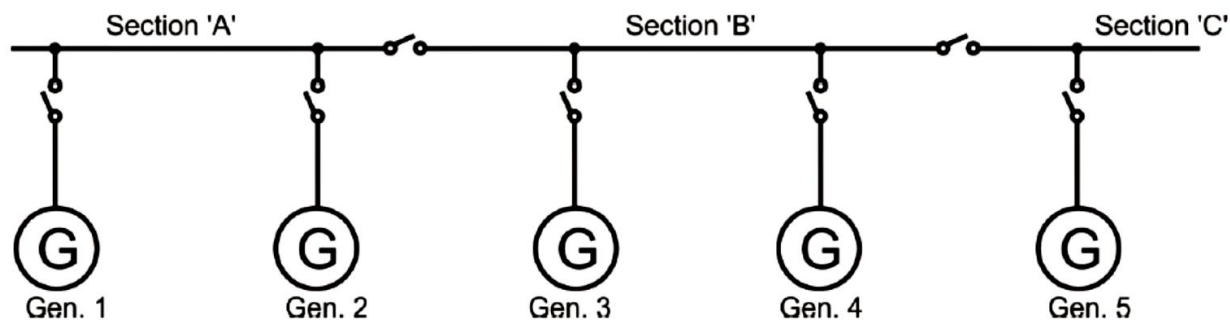


Рисунок 8 – Однолінійна схема ГРЩ: кілька дизель – генераторів, кілька секцій шин

Аварійний дизель – генератор. Система з блоком аварійного ДГ може керувати максимум 15 дизель – генераторами.

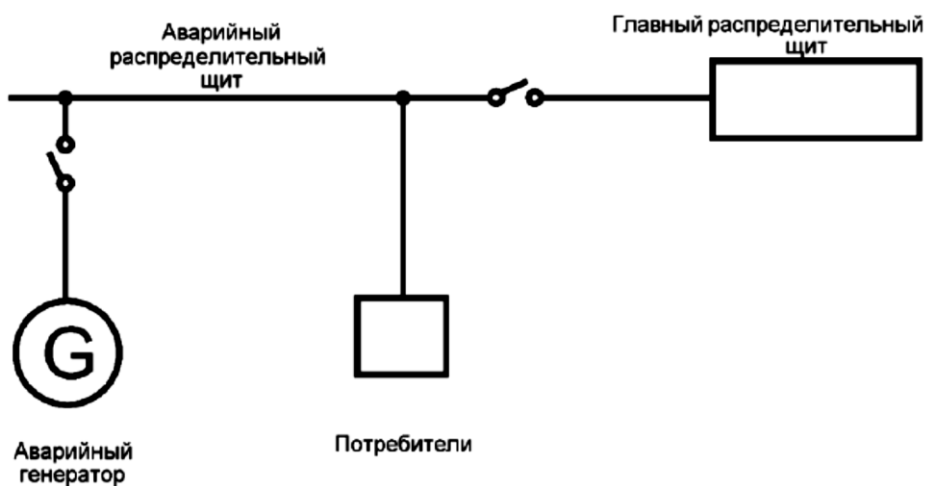


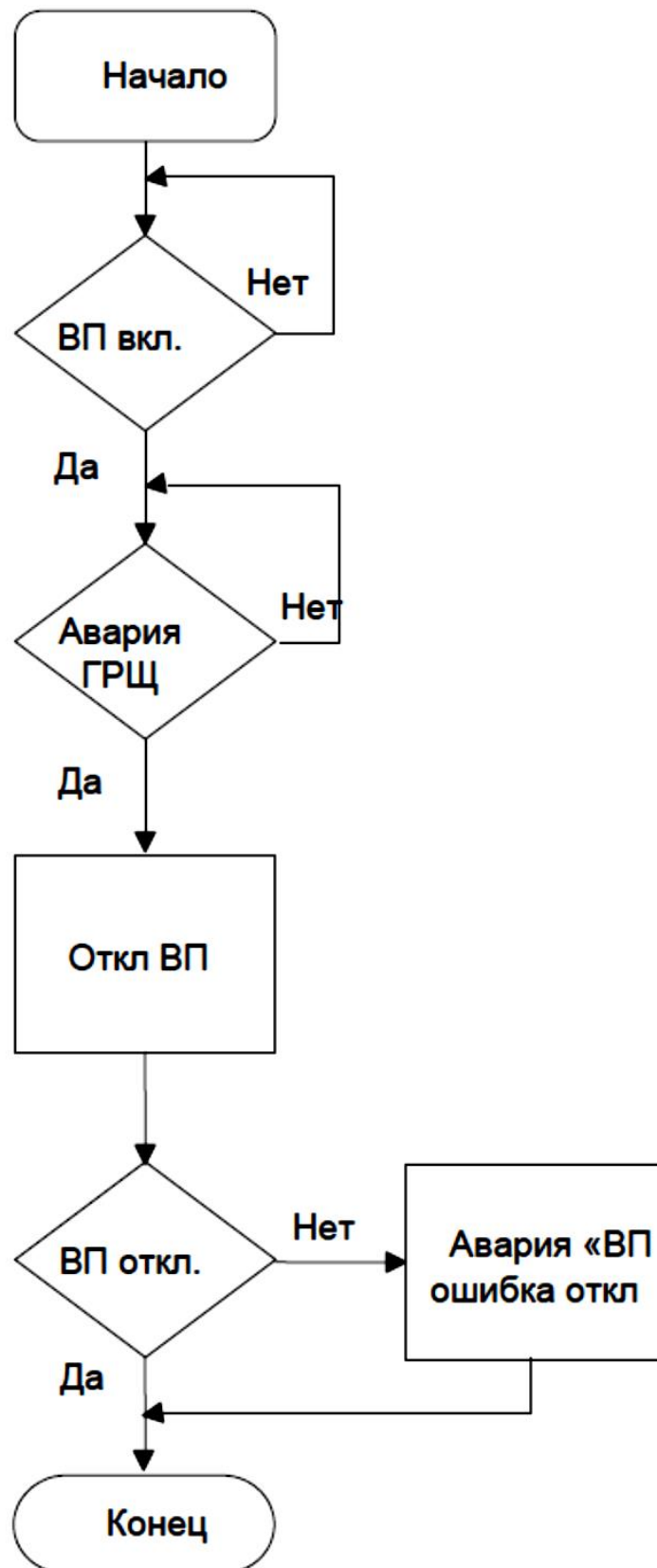
Рисунок 9 – Аварійний дизель – генератор

4.3. Блок-схеми найбільш важливих функцій системи

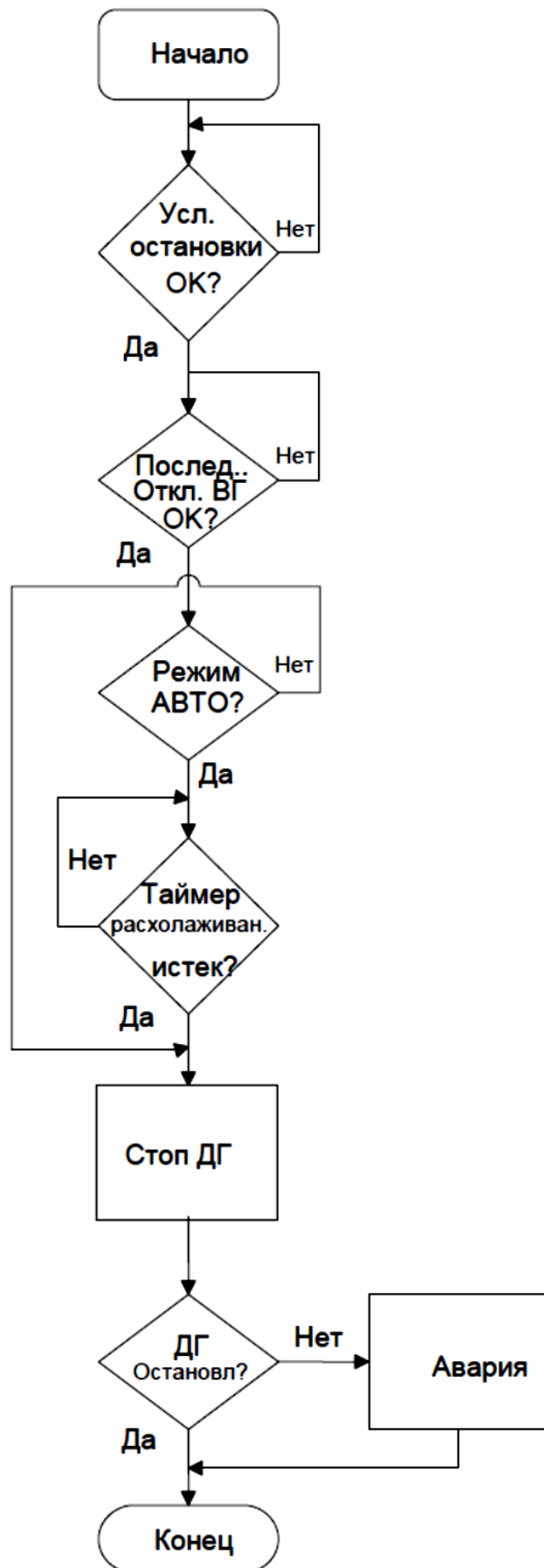
Далі у розділі за допомогою блок – схем будуть проілюстровані принципи роботи найбільш важливих функцій системи. Функції системи:

- Послідовність відключення вимикача перемички ВП (аварійний генератор)
- Послідовність відключення вимикача генератора ВГ
- Послідовність зупинки ДГ
- Послідовність запуску ДГ
- Послідовність включення вимикача перемички ВП (аварійний генератор)
- Послідовність відключення вимикача генератора ВГ
- Режим фіксованої потужності
- Робота аварійного генератора
- Тестові послідовності (аварійний генератор)

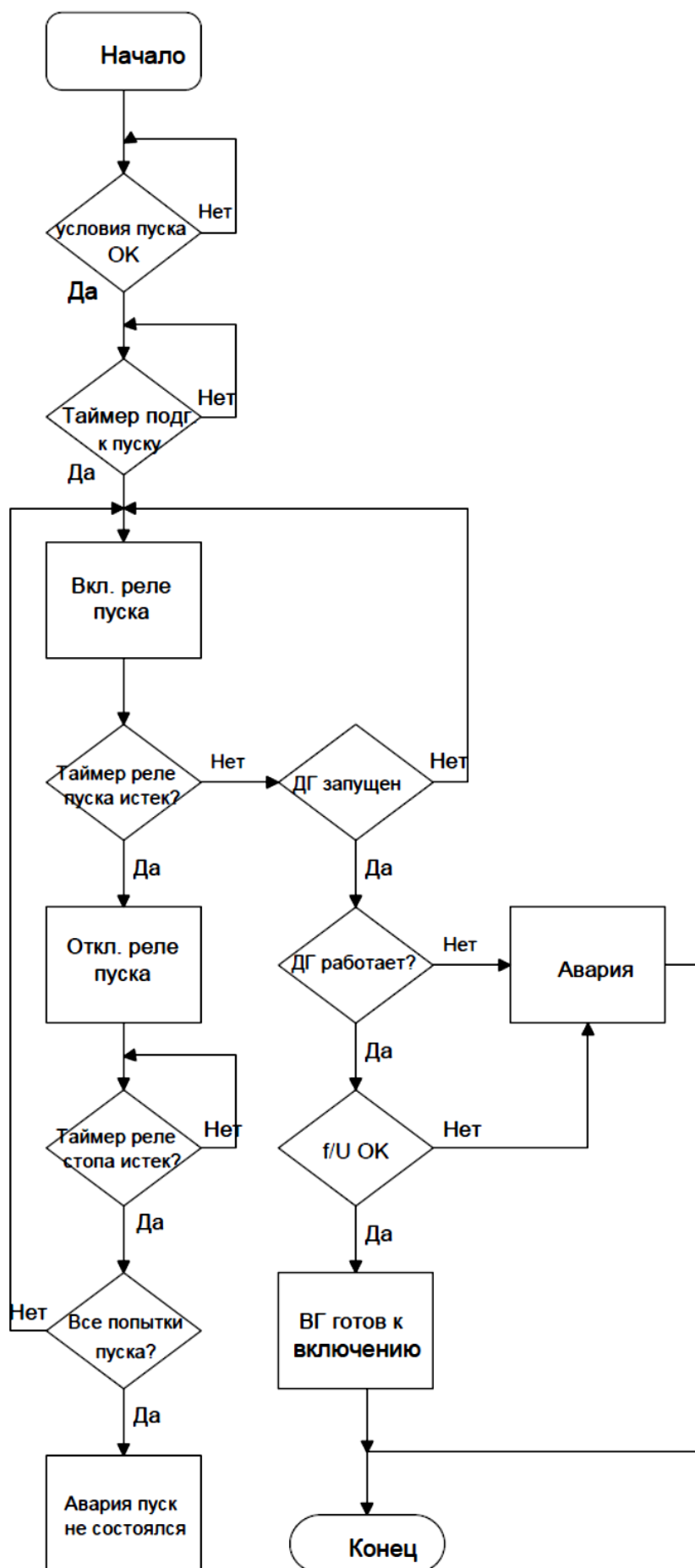
Послідовність відключення ВП (аварійний генератор)



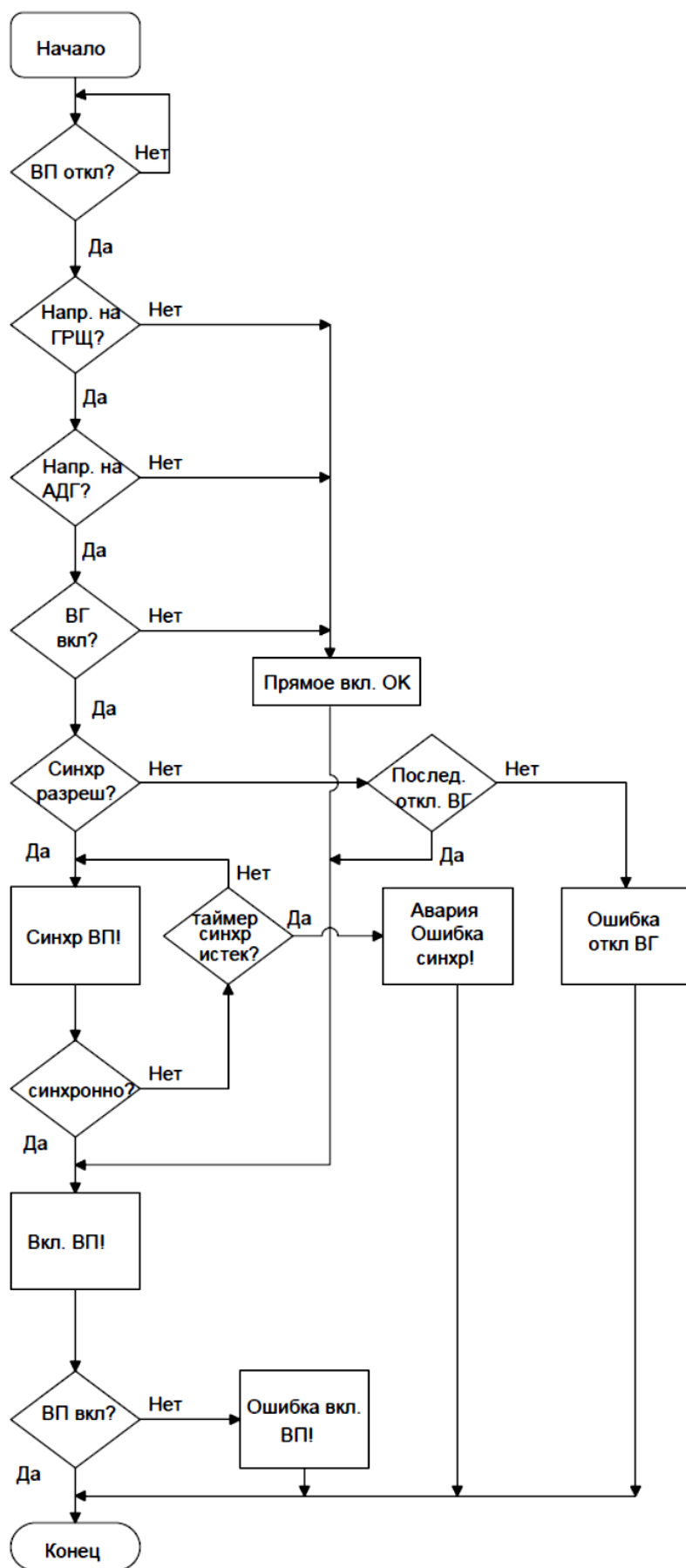
Послідовність запуску



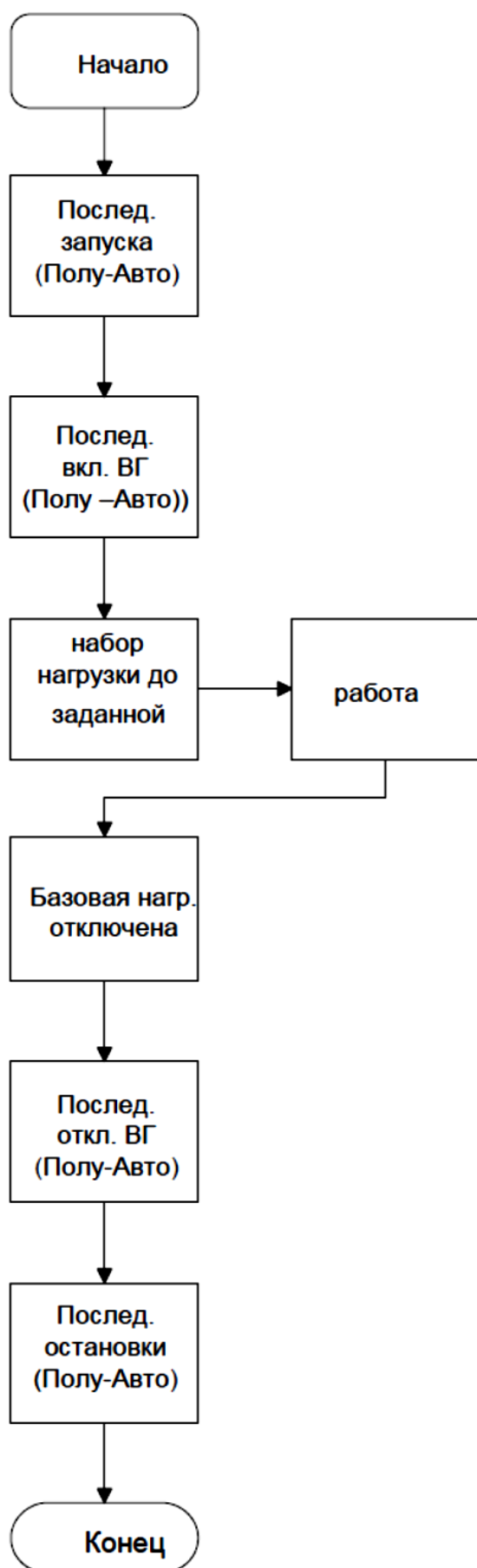
Послідовність включення вимикача перемички ВП (АДГ)



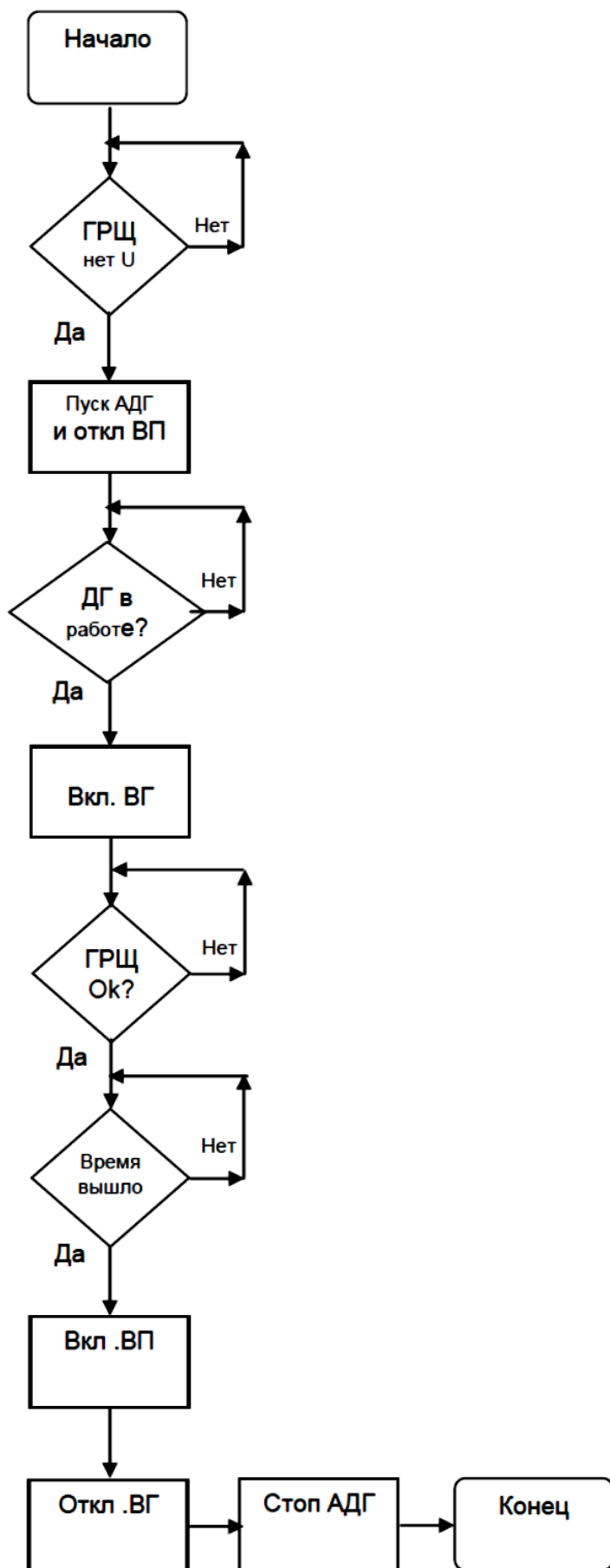
Базове навантаження (Base load)

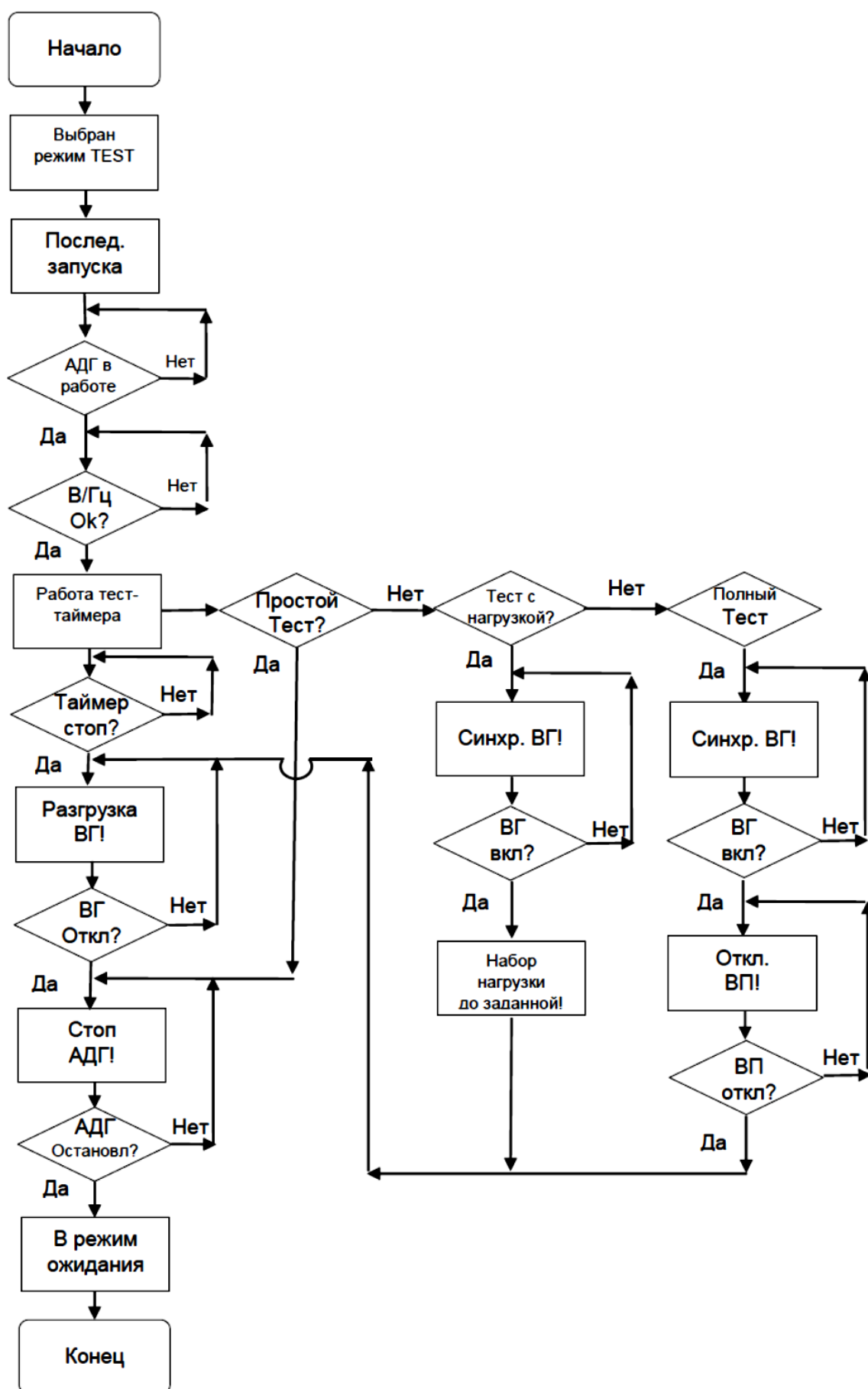


Робота аварійного генератора



Послідовності роботи АДГ в тестовому режимі





4.4. Діаграми та алгоритми роботи блоку РРМЗ

Алгоритм – певний набір дій, виконуваних блоком РРМ-3. Тут роз'яснюється, який набір дій виконується для здійснення послідовності запуску/зупинки двигуна, включення-ня/відключення ВГ або ВС (якщо встановлений). Ці послідовності ініціюються або автоматично блоком РРМ-3 (в режимі АВТО), або вручну по команді оператора (в режимі НАПІВ - АВТО).

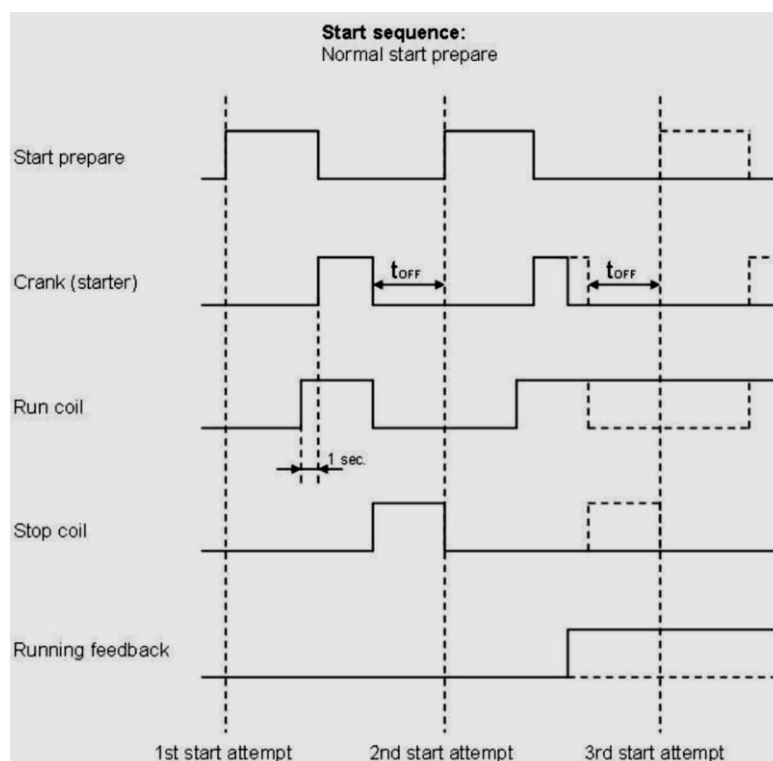
В режимі НАПІВ-АВТО виконується тільки та послідовність, яка була запущена (наприклад, при натисканні кнопки ПУСК, буде запущений двигун, але синхронізація ВГ не почнеться)

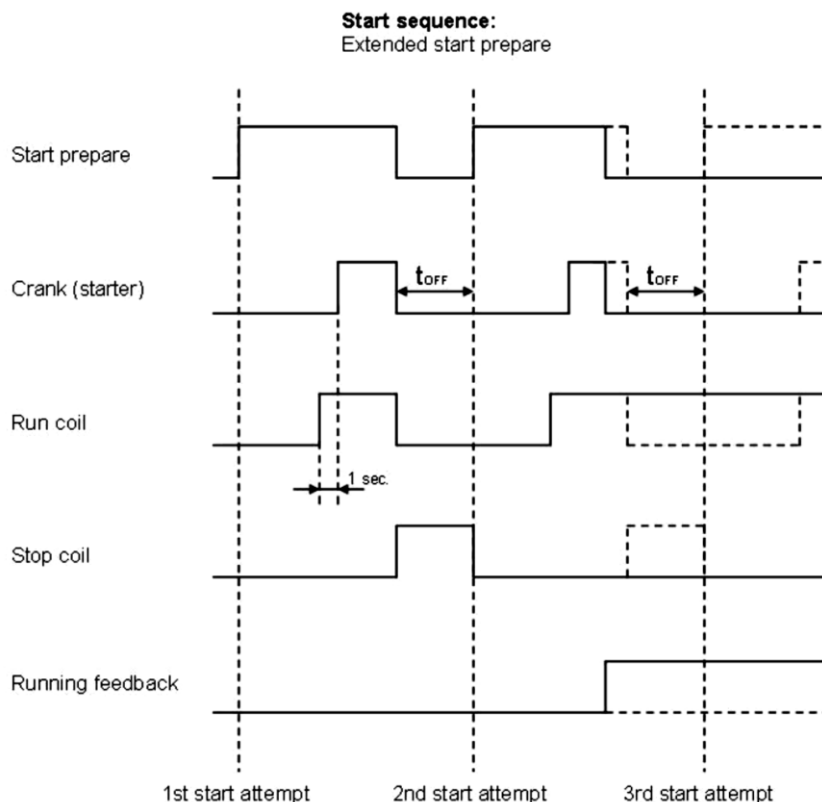
Нижче проілюстровані наступні послідовності:

- Послідовність запуску
- Послідовність зупинки
- Послідовності вимикачів

Послідовність запуску. На рисунку показана послідовність запуску генераторного агрегату з нормальним (Normal) і розширеним (Extended) часом підготовки до запуску.

Незалежно від вибору типу підготовки до пуску, котушка роботи (run coil) активується на 1 секунду раніше пускового реле (стартера).





Умови для виконання послідовності запуску. Послідовність запуску може бути заблокована за наступних умов:

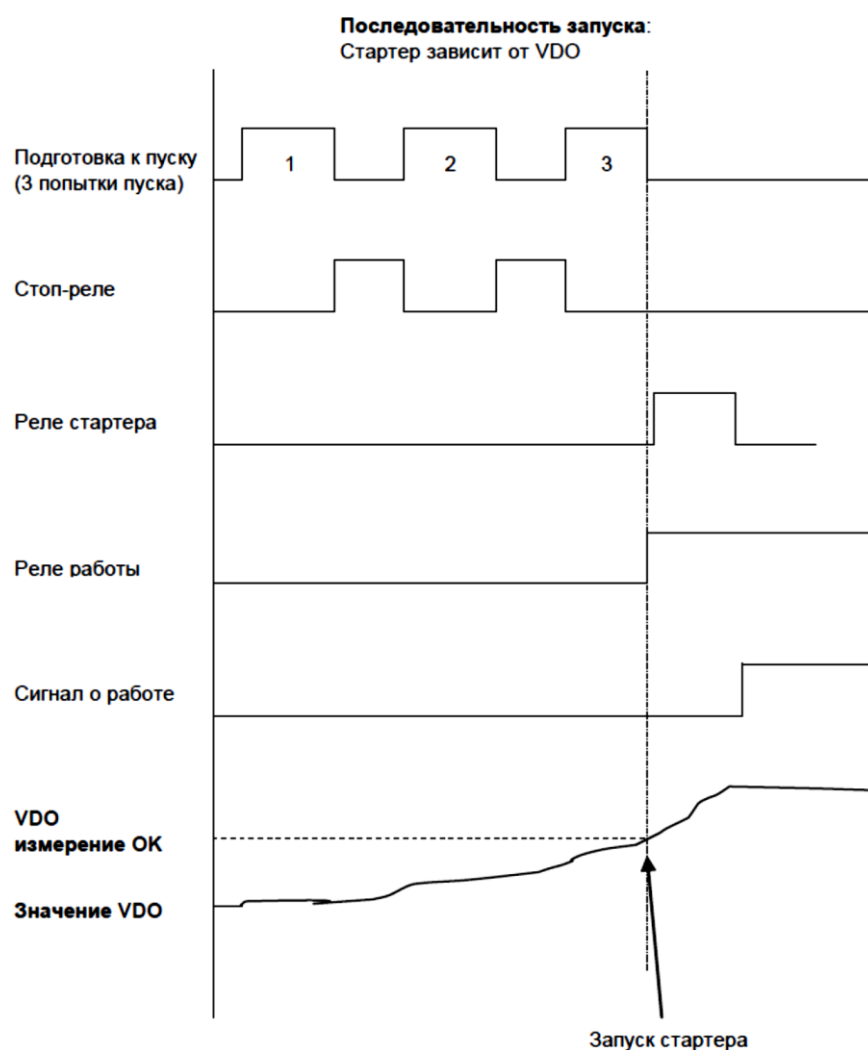
- VDO 22 (тиск масла)
- VDO 23 (рівень палива)
- VDO 35 (температура води)

Це означає, що якщо, приміром, тиск масла не досягла необхідного значення, реле стартера не запустить пусковий двигун.

Значення задається параметром 6185. Для кожної настройки VDO значення (тиск масла, рівень палива, темп. води) повинно перевищувати встановлене значення (парам. 6186) перед ініціацією послідовності.

Якщо значення парам. 6186 встановлено в 0.0, послідовність пуску виконується відразу після її ініціації.

На наступному малюнку показаний приклад, коли сигнал VDO наростає повільно і запуск двигуна відбувається тільки з третьої спроби.



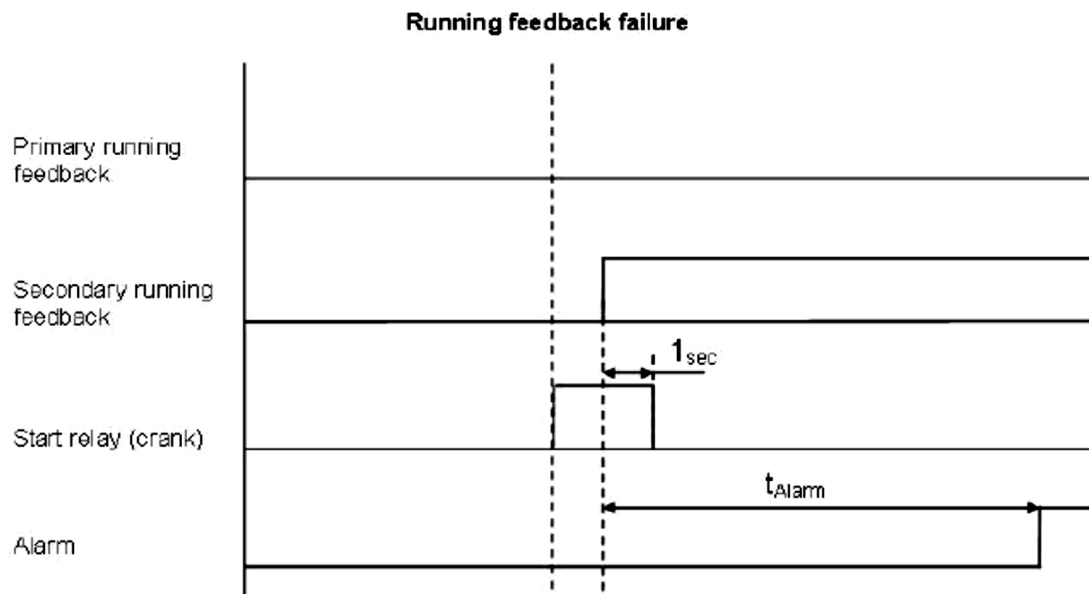
Сигнал про работу (Running feedback).

Різні види сигналів про роботу можуть використовуватися для визначення того, що двигун працює. Зверніться до меню 6170 для вибору виду сигналу про роботу.

Спеціальна вбудована процедура визначає, що двигун запущений і працює. Заданий сигнал про роботу приймається як основний (primary). У той же час, всі типи сигналів про роботу використовуються для визначення стану двигуна (у роботі він чи ні). Якщо, з якоїсь причини, основний сигнал про роботу не дозволяє детектувати роботу двигуна, реле стартера залишається активним ще на 1 секунду. Якщо блок РРМ-3 визначає за вторинними ознаками (secondary running feedback), що двигун працює, генераторний агрегат вважається працюючим. Таким чином, генераторний агрегат залишається працездатним, навіть якщо, приміром, датчик оборотів пошкоджений або забруднений.

Система автоматики визначає, що генераторний агрегат працює, за всіма доступними видами сигналів про роботу. При цьому не важливо, який вид сигналу про роботу поставлено в якості основного.

Послідовність показана на малюнку.



Переривання процесу запуску. Послідовність запуску припиняється в наступних випадках:

Подія	Коментар
Сигнал СТОП	
Невдалий запуск	
Зворотний зв'язок «відключить стартер»	Уставка за обертами двигуна
Сигнал про роботу	Цифровий вхід. Уставка за оборотами двигуна. Виміряне значення частоти більш 32Гц. Для вимірювання частоти необхідна наявність хоча б 30% від номінальної напруги UNOM. Визначення роботи ДГ, засноване на вимірюванні частоти, може замінювати собою сигнал про роботу, що одержується від датчика обертів, цифрового входу або за інтерфейсного зв'язку з двигуном. Уставка по тиску масла (меню 6175)

	ЕІС (інтерфейсний зв'язок з двигуном) (опція Н5 або Н7)
Аварійний стоп	
Аварія	Аварія з класом несправності «аварів. стоп.» або «откл. та стоп»
Кнопка стоп на дисплеї	Тільки в режимі НАПІВ-АВТО або у ручному режимі
«Стоп» по ModBus	Тільки в режимі НАПІВ-АВТО або у ручному режимі
Цифровий вхід Стоп	Тільки в режимі НАПІВ-АВТО або у ручному режимі
Режим роботи	Неможливо змінити режим роботи на «блоковано», поки ДГ працює

Два захисти, які можуть зупинити ДГ/перервати запуск коли активований вхід «блокування аварів. стоп» (shutdown override), це вхід «аварійний стоп» і аварія «підвищена швидкість 2» (overspeed 2). Обидва захисти повинні мати клас несправності аварів. стоп (shut down).

Уставки, що відносяться до послідовності пуску:

- Аварія «несправність стартера» (4530 Crank failure). Якщо в якості первинного сигналу про роботу обраний MPU, цей аварійний сигнал з'явиться, коли зазначені у налаштуваннях обороти ДГ не набрані після закінчення часу затримки.
- Немає сигналу про роботу ДГ (4540 Run feedb. fail). Якщо робота ДГ визначена заданій частоті (вторинний сигнал про працю), а первинний сигнал про роботу відсутній, то з'явиться даний аварійний сигнал. Час затримки визначає інтервал часу між появою вторинного сигналу про роботу і появою аварійного сигналу.
- Помилка Гц/В (4550 Hz/V failure). Якщо частота і напруга не знаходяться в заданих межах (меню 2110) після приходу сигналу про роботу, то після закінчення часу затримки з'являється даний аварійний сигнал.
- Аварія «Невдалий пуск» (4570 Start failure). Аварійний сигнал «Невдалий пуск» з'являється, якщо ДГ не запустився після вказаного в меню 6190 кількості спроб запуску.
- Підготовка до пуску (6180 Starter). Звичайна підготовка (Normal prepare): Таймер підготовки до пуску може бути використаний для цілей підготовки до пуску, наприклад, попередня мастильна прокачка або підігрів. Реле «підготовка до пуску»

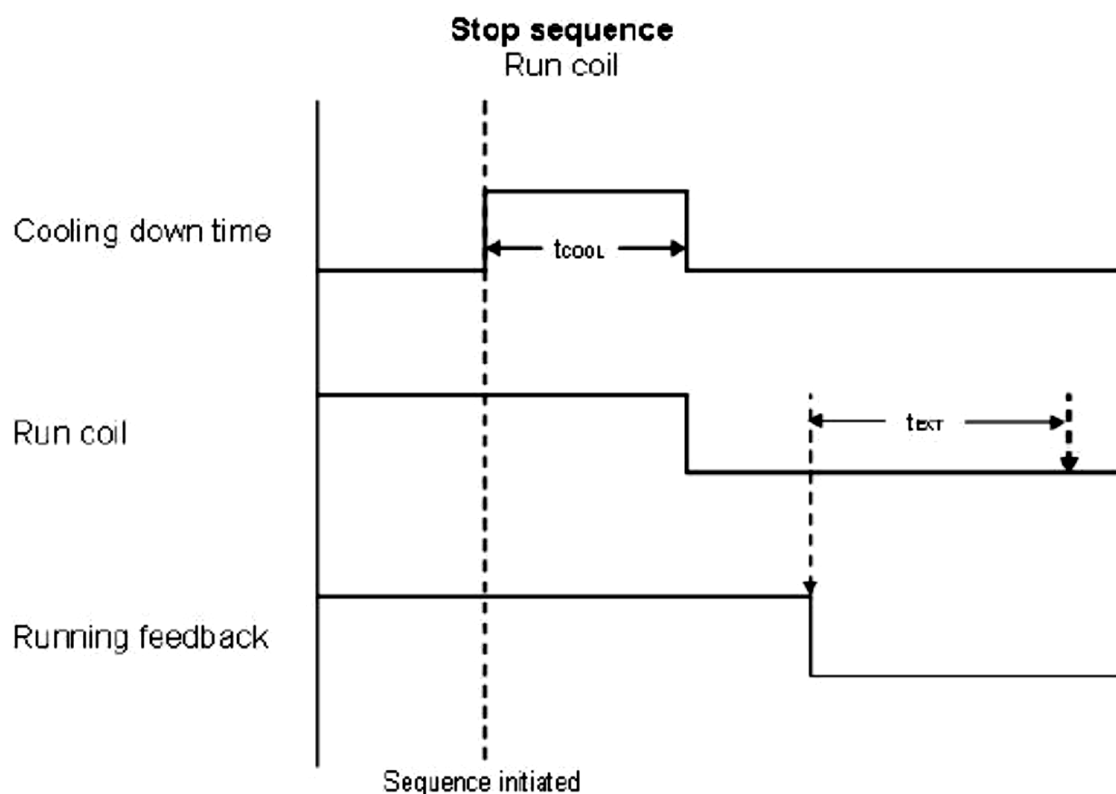
замикається, коли ініційована послідовність запуску і відключається, коли включилося реле «пуск» Якщо таймер встановлений в 0.0, функція підготовки до пуску неактивна.

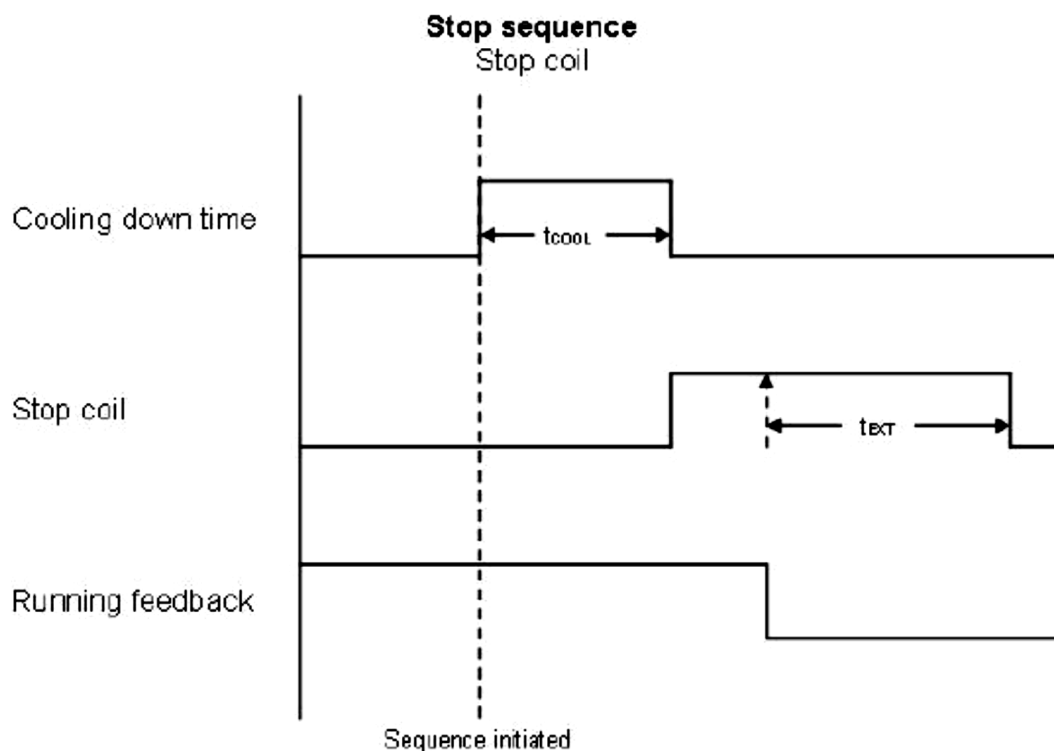
Розширена підготовка (Extended prepare): Розширена підготовка включає реле підготовки до пуску при ініціації послідовності запуску ДГ і утримує це реле замкнутим під час пуску ДГ, поки не закінчиться заданий час. Якщо таймер розширеної підготовки не минув після відключення пускового реле, реле підготовки до пуску відключається разом з реле пуску. Якщо таймер встановлений в 0.0, функція розширеної підготовки до пуску неактивна.

Час пуску ДГ (Start ON time): Період часу, коли замкнуто пускове реле і стартер двигуна.

Час паузи (Start OFF time): Пауза між спробами пуску ДГ.

Послідовність зупинки. Малюнки ілюструють послідовність зупинки.





Послідовність зупинки ініціюється, якщо подана команда Стоп. Послідовність зупинки включає час розхолодження ДГ, якщо стоп є нормальною (штатною) зупинкою ДГ.

Опис	Розхолодження (Cooling down)	Стоп	Коментар
Стоп від СУЕС	X	X	Тільки в АВТО: Перевишена уставка «стоп по низькому навантаженні»
Аварія «Відкл. і стоп.»	X	X	Аварійна послідовність
Кнопка Стоп на дисплеї		X	Режим НАПІВ-АВТО
Аварійний стоп		X	ВГ відкл і ДГ аварійно зупиняється.

Послідовність зупинки може бути перервана лише під час розхолодження ДГ. Переривання відбувається з наступних випадках:

Подія	Коментар
Нажата кнопка «пуск»	Режим НАПІВ-АВТО: ДГ залишається в роботі на холостих обертах
Пуск от СУЕС	Режим АВТО: Перевищена уставка для запуску слідуєчого ДГ
Нажата кнопка «вкл. ВГ»	Тільки в режимі НАПІВ-АВТО
Знеструмлення шин ГРЩ	Активно в режимах АВТО, НАПІВ-АВТО и ТЕСТ

Коли ДГ зупинений, вихід аналогового регулятора скидається до значення зсуву якщо обрано опцію E1, E2, EF2 або EF4. Уставки, що відносяться до послідовності зупинки.

- Помилка зупинки (4580 Stop failure). Аварійний сигнал «помилка зупинки» з'являється, якщо після закінчення таймера активний первинний сигнал про роботу ДГ, або присутні напруга і частота ДГ.

- Стоп (6210 Stop). Розхолодження (Cooling down): Тривалість періоду розхолодження ДГ. Розширений стоп (Extended stop): Поки не закінчився час затримки після зникнення сигналу про роботу, новий запуск не дозволено (блокується). Якщо таймер розхолодження встановлений на 0.0 сек, розхолодження буде нескінченно.

Послідовності вимикача. Послідовності вимикача активні в залежності від вибраного режиму:

Режим	Режим ДГ	Управління вимикачем
АВТО	Любий	Управляється блоком РРМ-3
НАПІВ-АВТО	Любий	Від кнопки
SWBD (ГРЩ)	Любий	Ні
Блокування (клас несправності)	Любий	Ні

Перед замиканням вимикача має бути перевірено, що напруга і частота в нормі. Межі задаються в меню 2110 Sync. blackout.

7080 Управління ВП (тільки АДГ)

При знеструмленні шин ГРЩ, система ініціює запуск головних ДГ для усунення цієї ситуації. Якщо це неможливо, виконуються наступні дії: (Забезпечується якщо блок АДГ в режимі АВТО):

- Відключення вимикача перемикача (ВП)
- Запуск АДГ
- Як тільки напруга і частота ДГ знаходяться в заданих межах (меню 2110 sync blackout), вимикач АДГ замикається.

При першій можливості, система запускає один або кілька основних ДГ і підключає їх на шини ГРЩ, перший включається на знеструмлені шини, наступні – через синхронізацію.

Коли на шинах ГРЩ з'явиться напруга, АДГ автоматично відключиться в наступній послідовності:

- ВП включається через синхронізацію.
- АДГ розвантажується і ВГ відключається.
- Після часу розхолодження АДГ зупиняється.

5. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ І ІНСТРУКЦІЙ ПО ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ І ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1 Загальні положення

Технічна експлуатація суднових технічних засобів і конструкцій (СТЗ) повинна проводитися відповідно до інструкцій заводів-виготівників і вимог справжніх Правил. В тих випадках, коли інструкції заводів-виготівників не узгоджуються з окремими положеннями Правил, повинні виконуватися вимоги інструкцій.

За відсутності інструкцій заводів-виготівників з експлуатації СТЗ і у разі потреби розвитку і деталізації вимог, висловлених в Правилах, судновласник зобов'язаний забезпечити розробку інструкцій.

Судновласник має право за наявності достатніх технічних обґрунтовувань замінювати або доповнювати окремі положення інструкцій заводу-виготівника. Якщо зміни торкаються документації, злагодженої з органами нагляду, повинен бути одержан висновок цих органів на зміну.

У гарантійний період експлуатація СТЗ повинна здійснюватися тільки в строгій відповідності з інструкціями і рекомендаціями виробника.

Всі операції, пов'язані з введенням в дію, зміною режимів роботи, висновком з дії, провертанням і розбиранням технічних засобів, повинні проводитися з дозволу, по вказівці або із сповіщенням посадовців (капітана, вахтового помічника капітана, старшого механіка, вахтового механіка, відповідального по завідуванню), якщо це передбачено відповідними пунктами Правил або іншими документами, що регламентують дії суднового екіпажа. Необхідно пам'ятати, що неузгоджено введення в дію, зміна режиму роботи, зупинка або розбирання технічного засобу можуть привести до непередбачуваних наслідків.

Всі дії, пов'язані з технічним використанням, обслуговуванням і ремонтом СТЗиК, повинні реєструватися вахтовим механіком в машинному журналі відповідно до інструкції по його веденню.

На судні повинен бути організований облік технічного полягання СТЗ, а також облік наявності і руху змінно-запасних частин і предметів матеріально-

технічного постачання по завідуванням. Порядок обліку і форми облікових документів встановлює судновласник.

5.2 Загальні вимоги до технічного використання СТЗ

5.2.1 Підготовка до дії і введення в дію (пуск).

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

Підготовка технічних засобів до дії повинна включати ретельний зовнішній огляд. Необхідно переконатися у відсутності сторонніх предметів і в тому, що включенню і пуску ніщо не перешкоджає.

Запобіжні пристрої, якщо вони є, повинні бути на штатних місцях і справні. Забороняється вводити в дію технічний засіб з відключеними або несправними запобіжними пристроями.

Штатні контрольно-вимірювальні прилади (КВП) повинні бути без видимих пошкоджень. Підготовка до роботи і робота технічних, засобів за відсутності штатних приладів або при несправному їх поляганні забороняється. На шкалах приладів повинні бути нанесені мітки, вказуючі граничні значення вимірюваного параметра і при необхідності заборонені зони роботи.

Під час підготовки СТЗ необхідне:

1. зняти стопори, чохли і часові закриття, перешкоджаючі нормальній роботі;
2. перевірити відповідність положення всіх управляючих органів, клапанів, кранів, засувок, перемикачів і т.д.
3. подати мастило до всіх частин, що труть, відповідно до інструкції з експлуатацій. Переконатися в наявності достатньої кількості масла у всіх системах і пристроях мастила (маслосборниках, лубрикаторах, масляних ваннах і т.д.);
4. за наявності системи охолодження подати воду або переконатися в достатності її кількості в системі.

У випадках, передбачених інструкцією з експлуатації, до пуску слід перевірити механізм, машину або агрегат уручну валоповоротним пристроєм.

Переконалися у відсутності заїдань і сторонніх звуків.

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

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

Введення в дію (пуск) технічного засобу допускається тільки після виконання всіх операцій по підготовці, передбачених інструкціями з експлуатації, виключаючи екстрені випадки, пов'язані із запобіганням аварії. В останньому випадку повинні бути виконані підготовчі операції, що забезпечують дію технічного засобу (зняття обмежувачів, подача електроживлення і робочих середовищ: масла, води, палива, а також виконання необхідних перемикачів в системах, пов'язаних з технічним засобом, відключення при необхідності автоматичного захисту). Про екстрену підготовку і введення в дію СТЗ робиться запис в машинному журналі з вказівкою відповідальної особи, що дала це розпорядження. Якщо при пуску агрегату від оточуючих потрібна особлива увага, то про пуск такого агрегату повинно бути зроблене відповідне попередження. На входах в приміщення, де розташовані автоматичні або дистанційні механізми, що запускаються, повинен бути попереджувальний напис: "Увага! Механізми запускаються автоматично".

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

5.2.2 Режим роботи технічних засобів

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

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

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

У разі зупинки або зміни режиму роботи технічного засобу унаслідок спрацьовування автоматичного захисту повинен бути введен в дію резервний технічний засіб (за наявності). Введення в дію зупиненого технічного засобу або відновлення режиму його роботи допускається тільки після ретельного виявлення і усунення всіх причин, що викликали спрацьовування захисту. Необхідно періодично звіряти свідчення контрольно-вимірювальних приладів на пульті дистанційного керування зі свідченнями приладів, встановлених безпосередньо на технічному засобі.

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

У разі появи при роботі технічного засобу ненормального шуму, стукоту, вібрацій, нагріву або при виході значень контрольованих параметрів за допустимі

межі повинні бути вжиті негайні заходи аж до виходу його з дії для з'ясування і усунення причини несправності.

Переклад технічного засобу з одного режиму роботи на інший слід проводити плавно, не допускаючи різкої зміни робочих параметрів. При необхідності переходу через заборонені для тривалої роботи режими, вони повинні проходити по можливості швидко. Не допускається тривала робота на режимах, що викликають високу вібрацію технічного засобу або суднових конструкцій. Необхідно періодично контролювати наявність достатньої кількості робочих середовищ (масла, води і ін.) в системах СТЗ. Нормальний спад робочого середовища повинен поповнюватися, а при різкому убутті повинна бути негайно знайдена і усунена причина. Вахтовий механік зобов'язаний зареєструвати в машинному журналі всі неполадки і несправності, що мали місце при роботі технічних засобів, з вказівкою часу і вжитих заходів. Це ж торкається відхилень робочих параметрів за встановлені межі (за відсутності автоматичних засобів реєстрації вибега параметрів).

5.2.3 Вихід з дії (зупинка)

Операції по виходу з дії (зупинці) технічного засобу повинні проводитися в послідовності, встановленій у відповідних Правилах або інструкціях з експлуатації. В обумовлених випадках слід строго виконувати вимоги про установку спеціальних режимів, передуючих виходу з дії. Екстрений вихід з дії (зупинка) допускається у разі загрози людського життя, аварії судна або технічного засобу. Після виходу технічного засобу з дії необхідно провести його огляд, усунути знайдені дефекти, подати масло в місця ручного мастила і обтерти досуха зовнішні поверхні. При необхідності встановити стопори, обмежувачі і зачохлювати технічний засіб.

У всіх випадках, коли температура навколишнього середовища може виявитися нижче або рівної 0 °С, повинні бути вжиті заходи по запобіганню розморожування технічного засобу або використовуватися незамерзаючі рідини (антифризи). При виході технічного засобу з дії на довгий час необхідно спустити воду з порожнин охолодження, трубопроводів, фільтрів, насосів і т.д.

Рекомендується продути системи стислим повітрям, в місцях знижень траси трубопроводів роз'єднати фланці. Після осушення системи спускові пробки закрити, а фланцеві з'єднання - зібрати.

При виході технічного засобу з дії на короткий час необхідно вжити заходів по його обігріву наявними допоміжними засобами або шляхом періодичного включення в роботу. Непрацюючі механізми і машини повинні періодично повертатися з одночасною подачею мастила.

5.3 Електричні машини і апарати

Огляди суднового електроустаткування в загальному випадку можна підрозділити на три види: без розбирання, з частковим розбиранням і повним розбиранням. При огляді *без розбирання* роблять очищення поверхні, огляд кріплень і зчленувань, провертання ротора від руки, включення і вимикання, перевірку сигналізації і т.п. При огляді *з частковим розбиранням* виконують роботи з розкриттям оглядових отворів, лицьових панелей щитів, кришок і т.п. При цьому оглядають прилади й апарати, розташовані усередині захисних оболонок (корпусів), щіткові пристрої електричних машин, надійність контактів кабелів і проводів, кріплення шинопроводів і т.п.

При оглядах *з повним розбиранням* виконують роботи з очищенням всіх деталей, заміні змащення, нанесенню покривного лаку, ревізії контактних з'єднань і кріплень, відновленню пайки, регулюванню і т.п.

При використанні електроприводів не рідше одного разу за вахту особам вахтової служби необхідно перевіряти:

- дію електронагрівальних приладів для підігріву масла в електрогідравлічних приводах (при наявності);
- стан електричної апаратури, електромагнітних клапанів й інших електроприводів;
- чистоту електроустаткування.

При використанні електрогідравлічних приводів всіх призначень введення їх у дію й забезпечення справності гідравлічної частини, трубопроводів і гідравлічних засобів керування й автоматизації здійснюються механіками по завідуванню.

Відключення електроприводів відповідальних пристроїв допускається тільки з дозволу вахтового механіка, крім випадків, коли зволікання може викликати аварію судна або нещасний випадок. У таких випадках вахтовий механік повинен бути негайно сповіщений про виконане відключення.

5.4 Головний і аварійний розподільні щити

В процесі експлуатації головного розподільного щита і генераторних агрегатів необхідно притримуватися послідовності операцій при пуску, зупинки і прийому навантаження, послідовність включення у паралельну роботу.

Споживачі електроенергії, які можуть одержувати живлення як безпосередньо від ГРЩ, так і через аварійний розподільний щит (АРЩ), повинні, як правило, одержувати живлення через АРЩ у всіх умовах експлуатації.

При плаванні в складних умовах не рекомендується без гострої потреби виконувати які-небудь перемикання й перевірки на ГРЩ, АРЩ.

Двері ГРЩ і розподільних щитів (РЩ) повинні бути замкнені. Ключі від ГРЩ й АРЩ повинні перебувати в старшого електромеханіка, а також безпосередньо в ГРЩ і АРЩ.

Включення й відключення автоматичних вимикачів (АВ) з ручним приводом повинні вироблятися безперервним рухом їхніх рукояток до крайніх положень (упорів). Не допускається залишати рукоятки АВ у проміжному положенні. Необхідно слідкувати за ізоляцією мереж 440В і 220В. Крайня допустима ізоляція 0,5МОм. Але така ізоляція не є експлуатаційною. При таких параметрах потрібен догляд і ремонт для підвищення ізоляції. Необхідно також слідкувати за сигнальними лампами (замінити згорівші сигнальні лампи), які установлені на ГРЩ, для того щоб уникнути неправильності розпізнавання стану електрообладнання, яке сигналізують ці лампи. Також потрібно слідкувати за зовнішнім освітленням панелі ГРЩ. Дотримуватися чистоти як на зовнішніх панелях ГРЩ так і у внутрішніх частинах панелі.

5.5 Технічна експлуатація вантажного механізму

Вантажний пристрій повинен утримуватися в справному стані, необхідному

для безпечного та інтенсивного проведення вантажних операцій, схоронності вантажів, що перевантажуються і тари. Тому, окрім проведення періодичних оглядів у встановлені терміни, такелажне оснащення, найважливіші деталі та механізми оглядають перед кожною вантажно розвантажувальною операцією. Відповідно до Правил Регістру кожна відповідальна деталь вантажного пристрою повинна мати клеймо із зазначенням допустимого робочого навантаження. На кожен вантажну стрілу наносять чіткий напис про допустиму вантажопідйомність і датою випробування. Вантажні шкентеля і топенанти повинні бути цільними по всій довжині (без з'єднань). Забороняється застосовувати у вантажних пристроях трос, якщо в будь-якому його місці на довжині, що дорівнює 8 діаметрам троса, загальне число пошкоджених дротів перевищує 10% їх загальної кількості, а також іржаві і сильно деформовані троси.

Забороняється піддавати троси сильним вигинам, з цією метою діаметри шківів блоків повинні бути рівні не менше 13 діаметрам троса для тросів, часто використовуваних в блоках, і не менше 7,5 діаметрам для тросів, використовуваних епізодично. Топенанти ланцюга очищають від іржі і фарбують. Забороняється використання ланцюгів, що мають ланки з тріщинами або зносом, складовим 10% первісного діаметра і більше. Вертлюги вантажних гаків повинні бути добре розхожі і змащені, штирі скоб вантажних гаків загвинчені до місця. Штирі, що займають у скобі вертикальне положення, встановлюють головою догори, щоб вони не могли випасти в разі самовідвінчування. Вантажні скоби, вживані замість гаків для підйому великої ваги, повинні мати штирі, утримувані на місці чеками або шпильками. Блоки періодично змащують, щоб їх шківів вільно оберталися. Не допускається використання блоків з тріщинами на щоках, окутті або шківів, з розігнутим гаком або розтягнутою скобою, зі стершимся нагелем або пошкодженої втулкою.

Кожна відремонтована або замінена знімна деталь повинна мати клеймо і сертифікат про випробування її пробним навантаженням.

Обслуговування вантажних кранів повинно здійснюватися відповідно до вимог Правил технічної експлуатації суднових технічних засобів. При обслуговуванні механізованих люкових закриттів належить керуватися вказівками

заводських інструкцій.

Вантажні операції відносяться до категорії робіт підвищеної небезпеки. Правила техніки безпеки на суднах морського флоту визначають вимоги до вантажного пристрою судна і регламентують безпечні прийоми роботи з люковими закриттями, при підготовці та експлуатації вантажного пристрою, виконанні вантажних операцій.

Так, перед роботою з закриттями системи Мак-Грегора місця проходження тягових тросів необхідно захистити і зробити напис «Прохід закритий». Забороняється ходити по люковим секціям під час їх відкриття, закриття, а також при частковому відкритті. Встановлені у вертикальне положення секції повинні бути надійно застопорені, забороняється залишати їх незастопореними навіть на короткий час. Будь-які роботи в просторі між відкритими люковими секціями можуть виконуватися тільки з дозволу вахтового помічника капітана або керівника робіт. На весь час робіт між секціями на палубі повинен знаходитися матрос, який зобов'язаний стежити за тим, щоб ніхто не зняв стопорів з люкових секцій, що не під'єднав тягові троси до секцій, не включив систему управління люкових закриттів з гідравлічним приводом. На неповністю закритих люкових секціях забороняється проводити будь-які роботи до тих пір, поки не буде встановлено тимчасове леєрне огороження, яке виключає можливість падіння людей в трюм. Леєрами з вивішеними заборонними знаками повинна бути огорожена палуба в місцях проведення перевантажувальних робіт з того борту, у бік якого переміщається вантаж. Не можна спускатися в неосвітлені і не провентильовані трюми. Переносити освітлювальні люстри, підвішені на штерт, можна тільки при знятій напрузі і після того, як усі люди вийдуть з трюму.

Особи, що у вантажних операціях, до початку роботи проходять інструктаж з техніки безпеки. До роботи на вантажопідіймальних механізмах як кранівника і лебідчика, а також в якості стропальника допускаються матроси першого класу та інші члени екіпажу, які пройшли спеціальне навчання і мають спеціальні свідоцтва.

До роботи на великовагових пристроях допускаються тільки спеціально підготовлені члени екіпажу, прізвища яких оголошені наказом по судну після здачі

ними іспиту. Сигнальниками можуть призначатися тільки досвідчені матроси першого класу. Лебідчик або кранівник виконує всі сигнали, подані тільки сигнальником, крім сигналу аварійної зупинки, який повинен бути виконаний незалежно від того, ким і яким способом він поданий. Всякий незрозумілий сигнал слід сприймати як сигнал зупинки. Сигнал про підйом вантажу може бути поданий тільки після того, як стропальник підтвердить, що вантаж застропонований належним чином, і сигнальник переконається, що переміщення не наражає на небезпеку людей, що працюють в трюмі або на палубі.

При роботі на лебідках і кранах забороняється:

- піднімати вантажі, маса яких більше вантажопідйомності стріли або крана;
- допускати нерівномірне натягнення всіх гілок при підйомі вантажу з використанням багатовиткових стропів;
- поправляти стропи, коли вантаж знаходиться на вазі, роетроплювати вантаж перш, ніж він твердо не встав на прокладки;
- розгойдувати вантаж для укладання його поза радіусом дії стріл або крана;
- піднімати вантаж з розташованими на ньому людьми або незакріпленими предметами, а також вантаж, що знаходиться в нестійкому положенні або закладений іншими вантажами;
- відтягувати, розгортати і зупиняти розгойдавшийся вантаж під час підйому, переміщення або опускання без застосування спеціальних відтяжок.

Крім того, при роботі на лебідках і кранах не можна:

- подавати вантаж у трюм без попереджувального окрику або сигналу, якщо в трюмі перебувають люди;
- подавати в трюм вантаж до того, як з просвіту люка буде прибраний раніше поданий вантаж і люди відійдуть в безпечне місце;
- проносити вантаж на висоті менше 0,5 м від конструкцій судна або предметів, що знаходяться на шляху переміщення вантажу;
- залишати по закінченні робіт або під час перерви вантаж у підвішеному стані;
- залишати без нагляду механізми, що знаходяться під струмом;
- перебувати на лінії переміщення вантажу, під вантажем або стрілою, в

просвіті люка, а також спускатися в трюм або підніматися з нього при підйомі і опусканні вантажу.

Робота вантажопідйомного пристрою повинна бути припинена у випадках порушення правильної роботи гальм, появи в механізмі ненормальних шумів, пошкодження троса, несправності вимикачів і систематичного спрацювання систем електричного захисту.

При перевантажувальних роботах з небезпечними та легкозаймистими вантажами, крім перерахованого, слід керуватися також Правилами морського перевезення небезпечних вантажів (МОПОГ).

При підготовці крана до роботи необхідно зробити зовнішній огляд, переконатися у справності барабанів, турачек, тросоукладчіков, напрямних роликів, гальм, фрикційних і запобіжних муфт; перевірити дію важелів управління.

При випробуванні крана на холостому ході необхідно:

1. перевірити правильність положення троса на струмках барабана і блоках;
2. переконатися у справності гальмівних пристроїв;
3. перевірити роботу крана роздільно на підйом, спуск, зміну вильоту стріли і поворот в обидві сторони без вантажу, переконатися в спрацюванні кінцевих вимикачів.

Забороняється працювати на крані, що має такі дефекти:

1. несправний гальмівний пристрій;
2. тріщини рам, станин, шестерень;
3. несправності, які можуть викликати падіння вантажу;
4. несправності в системі управління і приводному двигуні.

При використанні крана необхідно:

1. стежити за тим, щоб при намотуванні на вантажний барабан шкентель лягав рівними рядами і не мав слабини;
2. перемикання кулачкових муфт робити тільки при зупинці;
3. опускання вантажу проводити при включеному приводному двигуні з використанням в необхідних випадках стрічкового гальма.

Забороняється робити перемикання передач редуктора при піднятому

вантажі і при працюючому механізмі. При експлуатації кранів підйом вантажу і зміна вильоту стріли повинні проводитися кранівником в таких межах, щоб не допускати спрацьовування кінцевих вимикачів.

Після закінчення роботи крана слід вимкнути муфти зчеплення, послабити стрічкові та колодкові гальма, встановити муфти включення швидкостей в нейтральне положення і встановити корпус крана і стрілу на стопори.

ВИСНОВКИ

В ході дипломної роботи було здійснено:

- розрахунок режимів роботи електропривода вантажного крана з рекуперацією;
- проведено розрахунок та вибір двигунів вантажного крана;
- розроблено принципову та структурну схеми системи управління електропривода вантажного крана;
- обрано частотний електропривод фірми Schneider Electric ATV71.

Спроектована система електроприводу повністю відповідає вимогам Регістру до електроприводів вантажного крана.

Підчас розрахунку суднової електроенергетичної системи зроблено:

- розрахунок потужності СЕЕС для характерних режимів роботи судна, вибір кількості і типу агрегатів суднової електростанції;
- вибір раціональної структури СЕЕС та розробка однолінійної схеми ГРЩ та АРЩ;
- вибір генераторних автоматів;
- обрана система збудження генераторів;
- розрахований провал напруги СЕЕС підчас пуску найбільш потужнішого споживача електроенергії;
- зроблена перевірка кабелю одного з найбільш віддаленого електропривода на втрату напруги.

Спроектована СЕЕС повністю відповідає вимогам Регістру.

Здійснено аналіз системи автоматизації СЕЕС з використанням багатофункціональної системи фірми TERASAKI. Наведені технічні характеристики та конструктивні особливості суднової комп'ютерної мережі інформаційних і управляючих систем.

Розглянуті питання технічного обслуговування і ремонту під час експлуатації суднового електрообладнання. Наведена інструкція по експлуатації щодо вантажних механізмів.

Розглянуті питання охорони праці та цивільного захисту судна.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

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

13. Яковлев Г.С. Суднові електроенергетичні системи,- Л.; Суднобудування, 1987.- 272 с.
14. Піпченко О.М. Розрахунок суднових електроенергетичних систем. - М.: Мортехінформреклама, 1988- 39 с.
15. Довідник по мікроконтролерам фірми ATMEL www.atmel.com/literature
16. Інтернет ресурс, сайти: www.mitsubishiautomation.ru, www.deif.com, www.selko.com, www.abb.com.
17. Безпека життєдіяльності і виживання на морі. Навчальний посібник . Колега- ев М.А.-Одеса .2008
18. Боротьба з пожежею на судах: навчальний посібник . Черепанов Ю.М. Видавництво: НГАВТ .2010
19. Невідкладна допомога при гіпотермії. Хісторі оф Піпл .2009 Опіки , ураження електричним струмом, відмороження. Навчальний посібник. Буров В.В. 2004
20. Правила пожежної безпеки на морських судах. РКонсульт 2005
21. <http://sea-library.ru/bezopasnost-plavaniia/188-klassifikaciia-pozharov.html>
22. <http://trudova-ohrana.ru/texnika-bezopasnosti/tehnika-bezopasnosti-na-flote/63-gustemu-dvigateli .html>
23. Методичні вказівки по виконанню розділу дипломних проектів (робіт) «Цивільний захист/оборона» / В. Б. Терновський, С. Н. Стреминовський - Одеса: ОНМА, 2011.- 49 с.