

Міністерство освіти і науки України
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра «Експлуатації суднового електрообладнання
і засобів автоматики»

АВТОМАТИЗАЦІЯ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

Методичні вказівки до самостійної роботи

підготовки – магістрів Галузь знань 27 «Транспорт»

Спеціальність 271 «Морський та внутрішній водний транспорт»

Спеціалізація 271.03 «Експлуатація суднового електрообладнання та засобів
автоматики»

Освітньо-професійна програма – «Експлуатація суднового електрообладнання і
засобів автоматики»

Автоматизація суднових електроенергетичних систем: Методичні вказівки до самостійної роботи при підготовки магістрів спеціальності 271 Морський та внутрішній водний транспорт, спеціалізація 271.03 «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики» / Укл. В.О. Яровенко – Одеса: ОНМУ, 2025 – 74 с

Укладач: Яровенко Володимир Олексійович – завідуючий кафедрою «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автомат

Методичні вказівки схвалено на засіданні кафедри «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики», протокол № N8-24/25 від 30.03.2025 року.

Мета та завдання навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Автоматизація суднових електроенергетичних систем» призначена для забезпечення магістрів за напрямом підготовки 271 «Морський та внутрішній водний транспорт», спеціалізація 271.03 «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики», необхідним комплексом знань та умінь, відповідно до компетенції та очікуваних програмних результатів вивчення. Відповідно до кваліфікаційної характеристики, магістр повинен бути спроможним розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі морської електроенергетики, що передбачають проведення досліджень та/або здійснення інновацій в сфері морської інженерії на основі глибокого переосмислення наявних та створення нових цілісних теоретичних або практичних знань та характеризується невизначеністю умов та вимог.

Дисципліна «Автоматизація суднових електроенергетичних систем» є однією з основних теоретичних дисциплін, при вивченні якої студенти отримують комплекс знань, та умінь, які необхідні для майбутньої дослідницької роботи, щодо розв'язування питань підвищення ефективності експлуатації сучасного суднового електроенергетичного обладнання. судні при експлуатації суднового. Вона орієнтує магістрів з суднової електроенергетики на вирішення актуальних питань з суднової електричної інженерії, суднових електромеханічних систем, систем автоматизації електроприводу, електромеханотроніки, комп'ютерно-інтегрованого електроприводу. Спотворює добувачів щодо подальшого професійного та наукового росту.

Мета вивчення дисципліни: забезпечити студентам можливість здобуття знань, умінь та розуміння, які повинні мати професіонали з суднової енергетики, наукові дослідники, викладачі, технічні і наукові менеджери в структурах морської галузі, що дасть їм можливість виконувати свою роботу самостійно, бути підготовленими до успішного засвоєння складніших програм. Вони повинні:

- отримати навички аналізувати перспективи розвитку сучасного судноплавства і суднобудування, напрями удосконалення суднового електротехнічного обладнання з метою підвищення техніко-економічних показників експлуатації електротехнічного обладнання й підвищення техніко-економічних показників експлуатації суден
- одержати навички управління командою наукових дослідників, персоналом на судні на шляху до поставленої мети, навички управління та розв'язування задач підвищення ефективності експлуатації суднового електрообладнання та засобів автоматики.
- уявіть принципи автоматизації управління судновими електроенергетичними і електромеханічними установками та комплексами;
- уявіть основні принципи побудови сучасних систем автоматичного управління та автоматичного регулювання судновими електроенергетичними системами;
- одержати основні принципи процедур пошуку та усунення несправностей, які виникають при експлуатації електромеханічних і електроенергетичних пристроїв, одержати навички налагоджування сучасної апаратури управління електромеханічними пристроями.

Внаслідок вивчення дисципліни студент повинен знати та вміти:

- складові системи електронного управління сучасними судновими тепловими двигунами, комплектацію і апаратуру управління;
- автоматизовані суднові електроенергетичні системи; розподіл електроенергії на судні; типові схеми електроенергетичних систем; функціональні схеми розподілу електроенергії; основні пристрої контролю і автоматичного розподілу електроенергії; напрямки розвитку систем автоматизації;
- автоматизовані системи управління судновими джерелами електроенергії; типові системи автоматичного регулювання напруги та частоти струму; основні несправності, їх причини та способи усунення; налагодження автоматичних регуляторів напруги;

- принципи автоматизованого управління сучасними судновими частотно-керованими електроприводами; перспективи розвитку суднових електротехнічних комплексів; побудову закони частотного управління; частотні перетворювачі; організацію управління сучасними електротехнічними комплексами; закони управління; принципи оптимізації управління;
- управляти системами автоматичного управління сучасними автоматизованими судновими теплоенергетичними і електроенергетичними установками та налагоджувати їх відповідно до поставлених цілей;
- аналізувати процеси в суднових електроенергетичних системах за допомогою математичного моделювання усталених та перехідних режимів роботи та відшукувати раціональні режими їх експлуатації;
- програмувати системи автоматичного управління сучасних автоматизованих електроенергетичних систем;
- будувати стратегію ідентифікації несправності у роботі суднової електроенергетичної системи та будувати необхідні процедури дії щодо її локалізації та усунення.
- здійснювати пошук і усунення несправностей що виникають у процесі експлуатації суднових електроприводів та генераторних агрегатів суднових електростанцій;

Програма навчальної дисципліни

1. Автоматизовані системи управління електромеханічними пристроями

Тема 1. Концепція RT-flex. Переваги RT-flex. Механічні і гідравлічні складові системи керування головними судновими двигунами. Механічні системи і системи гідравліки Блок магістралей. Блок керування уприскуванням. Блок керування випускними клапанами. Магістральний клапан. Блок живлення Клапан регулювання надлишкового тиску палива. Клапан зупинки двигуна. Паливні насоси. Блок живлення, насоси масла сервоприводу. Насоси масла управління Датчик кута повороту колінчатого валу.

Тема 2. Системи управління RT-flex. Комплектація базової системи WECS 9500. Апаратура WECS 9500. Управління уприскуванням. Управління випускними клапанами. Уставка кількості палива і регулювання терміну уприскування. Управління тиском палива. Управління тиском масла сервоприводу. Управління пусковими клапанами. Аварійна робота. Самоконтроль системи WECS 9500.

Тема 3. Особливості комплектації RT-flex з базовою системою WECS 9520. Функціональна побудова WECS 9520. Модулі введення та виводу FCM – 20. Інтерфейс циліндрових функцій. Управління уприскуванням в системі WECS 9520. Аварійна зупинка. Резервування, аварійна робота в системі WECS 9520.

Тема 4. Система керування гвинтами регульованого кроку (ГПК)

Система курування типа КаМеWa. Особливості керування. Переваги гвинтами регульованого кроку перед гвинтами фіксованого кроку. Співвідношення між частотою обертання валу та кроком гвинта.

Склад та характеристики базової системи КаМеWa CPP-BASIC. Базові функції CPP-BASIC. Допоміжне обладнання і оптимізаційні функції.

Структурна схема, оборотні зв'язки та проходження сигналів. Станції керування.

Операції керування і функції керування:

- операції управління;
- управління з ходового мостика;
- оперативне керування оборотами гвинта;
- управління оборотами гвинта за оптимальною функцією.

Індикація кроку гвинта. Функція відповідальності за маневрування, мостик – пост машинного відділення. Функція відповідальності за маневр. Функція синхронізації рукояток. Функція захисту від перевантаження. Функція управління навантаженням.

Тема 5. Системи автоматичного керування приводами керма. Система курування типа CS (Steering Gear – Tenfjord). Схема системи керування приводом керма. Панель дистанційного курування. Панель вибору кута перекладки керма. Панель керування, вибір типу курування.

Електроніка системи керування. Узагальнена схема системи керування. Карта керування насосом. Допоміжна карта. Схема об'єднаної панелі.

Функції контролерів. Дистанційне керування обробка сигналів. Рульові машини з частотним контролером, та машини, які керуються соленоїдом. Драйвер соленоїда. Аварійні сигнали.

Аварійний рульовий привод. Системи індикації. «Аларми». Рульовий показник.

Введення в дію системи керування приводом керма.

Інтерфейс системи керування рульовим приводом.

Тема 6. Основи побудови суднових автоматизованих електроенергетичних системи. Розподіл електроенергії на судні. Класифікація СЕЕС. Вимоги Регістру. Системи розподілу електроенергії по судну. Типові схеми електроенергетичних систем. Вимоги до РУ. Особливості експлуатації АДГ(місце розташування, способи пуску, вимоги). Генераторна схема ГРЩ. Пульти управління.

Функціональні схеми. Реле контролю ізоляції. Реле контролю відсутності струму. Управління потужністю. Головний контролер часу. Модуль вимірювання потужності. Реле частоти. Реле контролю потужності. Аналоговий аварійний оповісник. Реле втрати збудження. Реле захисту від оборотної потужності. Реле КЗ. Контролер двигуна.

Основи технічного використання і обслуговування СЕЕС

Тема 7. Автоматизовані системи управління судновими синхронними генераторами. Самозбудження та регулювання напруги генераторів. Типові системи автоматичного регулювання напруги. Налагодження AVR. Статичне регулювання. Обслуговування та тестування генераторів.

Регулятор напруги типу COSIMAT N+. Опис. Органи регулювання. Введення в дію регулятора напруги. Основні функції. Спеціальні функції.

Безщітковий синхронний генератор «SIEMENS» с системою з системою збудження типу THYRIPART. Принципова схема з'єднання системи збудження и регулювання THYRIPART. Блок-схема регулятора напруги. Регулятор напруги. Налагодження системи регулювання. Несправності, їх причини та способи усунення.

Система збудження и регулювання напруги синхронних генераторів типу BASLER ELECTRIC. Схема з'єднання и АРН типу SR-4A, BASLER Electric. Блочна схема РН. Налагодження системи регулювання. Несправності, їх причини та способи усунення.

Тема 8. Автоматизовані системи синхронізації суднових генераторних агрегатів. Структурна схема системи автоматичної синхронізації. Принципи роботи електронних блоків автоматизованої системи синхронізації. Пристрій__автоматичної синхронізації. Робота функціонального блоку системи синхронізації. Вихідні характеристики система автоматичної синхронізації

Системи синхронізації генераторних агрегатів на імпульсній основі. Блоки синхронізації у складі єдиної суднової автоматизованої електроенергетичної системи.

Тема 9. Автоматизовані системи управління розподілом навантаження між генераторними агрегатами. Принципи розподілу електроенергії між паралельно працюючими генераторними агрегатами. Розподіл активного навантаження. Розподіл реактивного навантаження. Структурна схема автоматичного управління розподілом активного навантаження.

Пристрій регулювання частоти і навантаження. Датчик активного струму. Датчик частоти. Підсилювачі. Імпульсні системи автоматичного перерозподілу активного навантаження. Автоматизована система управління розподілом навантаження.

Системи автоматичного регулювання частоти обертання теплових двигунів генераторних агрегатів. Двохімпульсні електромеханічні регулятори швидкості обертання теплових двигунів генераторних агрегатів.

Автоматизовані системи управління розподілом реактивного навантаження. Принципи побудови систем автоматичного регулювання. Статизм зовнішніх характеристик генераторних агрегатів. Системи автоматичного регулювання.

Тема 10. Автоматичні системи захисту і сигналізації.

Системи захисту і сигналізації. Загальні вимоги до захисту. Вимоги до захисту основних видів електрообладнання. Вибір апаратів захисту. Вибір пристроїв автоматичного розвантаження генераторних агрегатів і автоматичного включення резерву.

Комбіновані захисні пристрої. Системи централізованого контролю. Уніфіковані пристрої захисту.

Прилади контролю опору ізоляції. Пристрій контролю опору ізоляції. Пристрій контролю опору ізоляції електротехнічних пристроїв невідключених до суднової мережі.

Пристрій контролю порядку чергування фаз. Пристрій автоматичного переключення живлення. Пристрій захисту від обриву фаз і сигналізації про зниження напруги. Пристрій виборчого автоматичного відключення другорядних споживачів при перевантаженні суднових СГ.

Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма навчання					
	усього	у тому числі				
		л	лаб	пр.	інд.	с.р.
1	2	3	4	5	6	7
Автоматизовані системи управління електромеханічними пристроями						
Тема 1. Механічні і гідравлічні складові системи керування головними судновими двигунами.	19	4	–	–	–	15
Тема 2. Системи управління RT-flex.	20	4	–	2	–	14
Тема 3. Особливості комплектації RT-flex. з базовою системою WECS 9520.	12	4	–	–	–	8
Тема 4. Система керування гвинтами регульованого кроку (ГРК)	12	2		2		8
Тема 5. Системи автоматичного керування приводами керма.	12	2	–	2	–	8
Разом за змістовим модулем 1	75	16	–	6	–	53
Автоматизовані системи управління електроенергетичними пристроями						
Тема 6. Основи побудови суднових автоматизованих електроенергетичних системи.	14	2	–	2	–	10
Тема 7. Автоматизовані системи управління судновими синхронними генераторами.	16	4	–	2	–	10
Тема 8. Автоматизовані системи синхронізації суднових генераторних агрегатів.	12	2	–	–	–	10
Тема 9. Автоматизовані системи управління розподілом навантаження між генераторними агрегатами.	16	4	–	2	–	10
Тема 10. Автоматичні системи захисту і сигналізації.	17	4	–	–	–	13
Разом за змістовим модулем 2	75	16	–	6	–	53
Усього годин	150	32	–	12	–	106

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми
1	Системи управління RT-flex.

2	Система керування гвинтами регульованого кроку (ГРК)
3	Системи автоматичного керування приводами керма.
4	Автоматизовані електроенергетичні системи.
5	Системи управління судновими синхронними генераторами.
6	Системи управління процесом розподілу навантаження при паралельної роботи суднових генераторних агрегатів

Методи навчання

Дисципліна «Автоматизація суднових електроенергетичних систем» може викладатися в аудиторному і/або дистанційному форматах.

Під час викладання дисципліни використовуються пояснювально-ілюстративний, аналітичний та дослідницький методи навчання.

Пояснювально-ілюстративний метод означає, що здобувачі отримують знання на лекціях, з навчальної та методичної літератури. Лекції представлені у режимі презентації з використанням мультимедійного пристрою, а також на платформі дистанційного навчання «Moodle». Сприймаючи та осмислюючи факти, оцінки, висновки, здобувачі залишаються в рамках репродуктивного (відтворювального) мислення.

Аналітичний метод навчання спрямований на використання набутих знань у розв'язанні практичних завдань та при виконанні лабораторних робіт, аналізу результатів та набуття вмінь для обґрунтування прийняття рішень у різних виробничих ситуаціях.

Дослідницький метод навчання передбачає, що після аналізу матеріалу, постановки проблем і завдань та стислого усного або письмового інструктажу здобувачі самостійно вивчають теоретичні джерела та методичну літературу, ведуть спостереження, виконують інші дії пошукового характеру. Результати аналізуються та представляються для обговорення.

Методи контролю

Використовуються наступні методи контролю: поточний і підсумковий.

Поточний контроль полягає у визначенні рівня та обсягу оволодіння знаннями, навичками і уміннями з тем змістового модулю. Цей контроль здійснюється впродовж аудиторних занять і у поза аудиторний час, шляхом опитування на практичних та лабораторних заняттях, перевірки результатів виконання практичних і індивідуальних завдань, поточного тестування, складання колоквиуму тощо.

Здобувач, який не склав усі, передбачені цією програмою, індивідуальні завдання, не допускається до складання підсумкового контролю.

Підсумковий контроль здійснюється наприкінці семестру у вигляді екзамену (заліку), усного опитування за всіма темами дисципліни тощо.

Загальна оцінка з дисципліни становить максимум 100 балів та визначається оцінкою підсумкового контролю з екзамену (заліку).

Якщо здобувач отримав загальну оцінку з дисципліни від 35 до 59 балів, він має право на повторне проходження підсумкового контролю під час екзаменаційної сесії.

Методичне забезпечення

1. Автоматизація суднових електроенергетичних систем: Конспект лекцій для підготовки магістрів зі спеціальності 271.03 «Експлуатація суднового електрообладнання та засобів автоматики»/ Укл. В.О. Яровенко – Одеса: ОНМУ, 2023 – 112 с.

<https://onmu-moodle.od.ua/course/view.php?id=1272>

1. Суднова електроенергетична система Тренажер суднової електроенергетичної установки ERS 4000 “General Cfrgo” / Яровенко В.О., Машин В.М. / Методичні вказівки / Одеса: ОНМУ. 2021. – 66 с. <https://onmu-moodle.od.ua/course/view.php?id=1272>

3. Букарос А.Ю., Яровенко В.О. Розрахунок та моделювання перехідних процесів в суднових автоматизованих електроенергетичних системах. [методичні вказівки до практичних занять та самостійної роботи] / А.Ю. Букарос., В.О. Яровенко – Одеса: – ОНМУ. 2023 – 59 с.
<https://onmu-moodle.od.ua/course/view.php?id=1272>

4. Автоматизовані суднові пропульсивні комплекси: методичні вказівки до самостійної роботи для студентів спеціальності 271.03 «Експлуатація суднового електрообладнання та засобів автоматики» / В.О. Яровенко, О.І. Зарицька. – Одеса: ОНМУ, 2021. – 31 с. (Електронна бібліотека). <https://onmu-moodle.od.ua/course/view.php?id=1272>

Рекомендована література

1. Яровенко В.О., Зарицька О.І., Суднові автоматизовані електроенергетичні системи. / В.О. Яровенко, О.І. Зарицька // Навчальний посібник. – Одеса: ОНМУ, 2023. – 268 с.
<https://onmu-moodle.od.ua/mod/resource/view.php?id=90362>

2. Криворучко Д.Ю. Технічна експлуатація електричного та електронного обладнання. Частина 1 / Д.Ю. Криворучко, В.І. Цацко // Навчальний посібник. – Одеса: ОНМУ, 2021. – 251 с. <https://doi.org/10.47049/ONMU-2021-NP5>

3. Design of Propulsion and Electric Power Generation Systems / Hans Klein Woud, Douwe Stapersma /Published by IMarEST The Institute of Marine Engineering, Science and Technology /1 Birdcage Walk, London SW1H 9JJ, United Kingdom. 2016.– 503 P. **ISBN 978-0-956600-2-5**

4. An Introduction to Ship Automation and Control Systems / Alex Stefani / /Published by IMarEST The Institute of Marine Engineering, Science and Technology /1 Birdcage Walk, London SW1H 9JJ, United Kingdom, 2018. – 432 P. **ISBN 1-902536-47-9**

5. Budashko V.V. Ship's power plants propulsion complexes: concepts, technologies, researching: Monograph/ V.V. Budashko / – Odessa - NU "OMA", 2020. - 136 p

6. Логішев І.В. Технічне використання суднових технічних засобів і безпечне несення ваhti: навчальний посібник /І.В.Логішев , Ю.Д.Давиденко – Одеса: НУ «ОНМА», 2019 – 338 с.

Інформаційні ресурси

1. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського URL: <http://www.nbuv.gov.ua> (дата звернення: 17.05.2023)

2. Електронна бібліотека - ОНМУ. URL: <https://onmu-moodle.od.ua/course/view.php?id=1361> (дата звернення: 17.05.2023)

СУДНОВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНА СИСТЕМА (СЕЕС)

Для навчання студентів навикам грамотної експлуатації суднової електроенергетичної системи (СЕЕС) призначено тренажера ERS 4000. Його модуль “Суднова електроенергетична система” призначений здійснити:

- підготовку, введення в роботу і виводу з роботи механізмів і систем;
- контроль їх роботи за змінними параметрами;
- дії по виявленню і усуненню несправностей.

Окрім тренування практичних навиків, тренажер дозволяє вивчати основні принципи пристрою, функціонування і взаємозв'язку елементів і систем СЕЕС.

Склад тренажера відповідає стандартній комплектації СЕЕС. Параметри і характеристики роботи модельованих механізмів і систем відповідають реальним аналогам.

Моделюється СЕЕС багатоцільового сухогруза – контейнеровоза (“General Cargo”) 12,000 т DWT з двотактним головним реверсивним дизельним двигуном з турбонаддувом, з прямою передачею на гвинт фіксованого кроку (ВФК).

Практичні та лабораторні роботи проводяться у вигляді ділової гри:

1. Інструктор ставить слухача в реальні ситуації, які потенційно виникають перед судновим електромеханіком при несенні вахти. Слухач повинен розв'язати ці задачі за можливо короткий час. При цьому не повинна спрацьовувати апаратура захисту.

2. На тренажері запускається попереднє запрограмований сценарій розвитку ситуації у суднової електроенергетичної системі. Слухач повинен відслідковувати ситуацію, та у режимі реального часу розв'язувати проблеми, які пов'язані з якісною експлуатацією електростанції. При цьому теж не повинна спрацьовувати апаратура захисту.

Кожне спрацьовування системи захисту – це помилка, яка реєструється системою контролю тренажеру, та зараховується у виді негативних балів.

СЕЕС складається з суднової електростанції (СЕС), суднової електромережі і споживачів електроенергії. Суднова електромережа у свою чергу складається з розподільних щитів (РЩ) і електрокабелів (фідерів).

СЕС включає: головний розподільний щит (ГРЩ), два дизель-генератора (ДГ), один валогенератор (ВГ), аварійний РЩ (АРЩ), аварійний дизель-генератор (АДГ), щит живлення з берега (ЩЖБ) і силові трансформатори.

Електростанція судна з ГД із малою частотою обертання має два ДГ потужністю по 1000 кВА ($n=1000$ об/хв.) кожний, ВГ потужністю 1375 кВА ($n=1000$ об/хв.), АДГ потужністю 121 кВА ($n=1000$ об/хв.), берегове живлення до 400А, трансформатори Т1, Т2 і Т3 по 160 кВА і трансформатори Т4 і Т5 по 63 кВА. Конструктивно тренажер СЕЕС виконаний у вигляді набору панелей контролю і керування і електростанцією в ЦПУ, набору панелей контролю і керування ГРЩ і набору панелей контролю і керування АРЩ.

Керування СЕС забезпечується в ручному і автоматичному режимах в штатних і аварійних ситуаціях.

В ручному режимі керування вахтовий механік може штатно або екстрено запускати і зупиняти ДГ, вводити генератори у паралельну роботу, переходити на берегове живлення через знеструмлення станції або навпаки з берегового живлення на ДГ. Паралельна робота одного ДГ і ВГ допустима лише короткочасно (до 15 хвилин) і в ручному режимі керування СЕС.

На СЕС забезпечено ручне і автоматичне введення генераторів в паралельну роботу (синхронізація генераторів). Автоматична синхронізація генераторів можлива як при ручному, так і при автоматичному режимах керування СЕС.

При автоматичній синхронізації генераторів забезпечується “підгонка” (вирівнювання) частот генераторів, так щоб частота того генератора, що синхронізується, була більше частоти мережі на деяке значення, залежне від навантаження СЕС і не перевищує 0,3 Гц (різницева частота). У момент включення генератора на шини ГРЩ забезпечуються наступні умови: різниця фаз ГРЩ і генератора, що синхронізується, менше 20°; а відхилення частоти генератора (з урахуванням різницевої частоти), що синхронізується, від частоти ГРЩ не повинне перевищувати 0,1 Гц.

Перехід з ВГ на ДГ і назад здійснюється в ручному режимі керування СЕС.

В автоматичному режимі керування СЕС працює з одним або двома ДГ.

При роботі з ДГ передбачені наступні режими роботи:

- режим рівних потужностей ДГ;
- режим оптимального завантаження ДГ;
- режим циклічного завантаження ДГ;
- режим рівних потужностей й підтримки постійної частоти.

У режимі рівних потужностей генератори завантажуються однаково.

У режимі оптимального навантаження між працюючими генераторами розподіляється таким чином:

- якщо сумарне навантаження станції більше $2 \times 80\%$ потужності будь-якого з двох генераторів (сумарне навантаження станції рівне $2 \times 80\%$), то навантаження між генераторами розподіляється порівну;

- якщо ж сумарне навантаження станції в межах від $2 \times 25\%$ до $2 \times 80\%$, то пріоритетний генератор бере на себе 80% потужності. Залишок потужності віддається другому генератору. Якщо таким чином обчислена частина, що віддається другому генератору, складає менше 25% , то йому віддається навантаження рівне 25% його потужності, а пріоритетному ГА – потужність, що залишилася (більше 25%). У разі сумарного завантаження менше за $2 \times 25\%$, ДГ, що не є пріоритетним, виводиться з паралельної роботи з витримкою за часом (на початку – відключається генераторний автомат (ГА), потім – зупиняється дизель).

У режимі циклічного розподілу навантаження між працюючими генераторами навантаження розподіляється як у режимі оптимального завантаження, але пріоритет генераторів змінюється за встановленим періодом. У режимі підтримки постійної частоти забезпечується рівне навантаження між ДГ при більш точній стабілізації частоти струму в межах (49-50) Гц. У цьому режимі регулятор частоти обертання (РЧО) пріоритетного ДГ забезпечує стабілізацію частоти, а система розподілу активного навантаження другого ДГ забезпечує рівномірний розподіл навантаження.

Якщо сумарне навантаження на станцію менше $2 \times 25\%$ (один ДГ завантажений менше ніж на 25%), ДГ, який не є пріоритетним, виводиться з роботи із затримкою у часі. Введення в паралельну роботу другого ДГ проводиться у разі, коли працюючий ДГ завантажений на 80% і більш.

У разі повного знеструмлення на шинах СЕС система автоматики забезпечує запуск і підключення до мережі пріоритетного ДГ. Електростанція забезпечує наступні режими руху судна:

- режим роботи підрулюючого пристрою (ПП) забезпечують два паралельно працюючих ДГ або один ВГ;

- режим плавання у відкритому морі забезпечує один ДГ або один ВГ.

Тривала паралельна робота ДГ з ВГ не передбачена (дозволена не більше 15 хвилин).

Паралельна робота з береговим живленням не передбачена. Перехід на берегове живлення і навпаки – з берегового живлення на живлення з суднової електростанції відбувається через знеструмлення станції. При включеному генераторному автоматі (ГА) включення берегового живлення неможливе. При обриві фаз або неправильному порядку чергування фаз включення берегового живлення також неможливе. Підрулюючий пристрій (ПУ) може бути запущений тільки за умовами одночасної роботи двох ДГ або при роботі валогенератора.

Задані потужності споживачів є фіксованими і не змінюються при зміні режиму руху судна (хід, маневрування, стоянка).

ДІЗЕЛЬГЕНЕРАТОР

В судновій електростанції використані трифазні синхронні генератори з неявнополюсним ротором без щіток (напруга 400 В, частота 50 Гц, $\cos \varphi = 0,8$). Синхронний генератор має збудник трифазного струму із зовнішніми полюсами, випрямний агрегат,

електронний пристрій збудження і регулювання для збудника, обмежувач напруги і систему обігріву при стоянці. Обігрів автоматично відключається при підключенні генераторів на шини. Потужність генераторів залежить від типу і потужності головної енергетичної установки.

Електростанція судна з ГД із малою частотою обертання має два ДГ потужністю 1000кВА ($n=1000\text{об/хв}$) кожний.

Система керування ДГ, розташована на генераторній секції ГРЩ, і включає:

- задатчик автоматичного регулятора напруги (АРН), що дозволяє змінювати напругу генератора від 370В до 430В;
- кнопки (“Більше” – “Менше”) зміни заданої частоти обертання дизеля, що дозволяють змінювати швидкість обертання дизеля в межах $\pm 10\%$ від номінальної;
- кнопки керування ГА, кнопку “гасіння” електромагнітного поля “Demagnetization” (автомат “гасіння” поля), захищену від випадкового натиснення.

Система контролю ДГ включає наступні вимірювальні прилади:

- амперметр з перемикачем фаз;
- вольтметр з перемикачем лінійної напруги;
- частотомір;
- ватметр для вимірювання активної потужності;
- вимірник реактивної потужності.

В систему контролю також входять наступні лампи-індикатори:

- індикатор стану дизеля (Stop – Run – швидкість обертання дизеля більше 80% номінальної);
- індикатор типу живлення на шинах ГРЩ (Нормальне – працюють ДГ або ВГ, Аварійне – працює АДГ і Берегове – ГРЩ підключено до живлення з берегу).

Система АПС ДГ включає наступні індикатори:

- індикатор падіння напруги на клеммах генератора (лінійна напруга менше 320В ($0,8U_{ном}$) протягом 1с (витримка часу));
- перевантаження генератора (струм генератора більше $I_{ном}$ протягом 1с);
- висока температура статора (температура заліза статора вище 65°C протягом 30с);
- коротке замикання обмоток генератора (струм генератора більше $3I_{ном}$),
- генератор перейшов в руховий режим і навантажує електростанцію (зворотна потужність генератора більше $0,08P_{ном}$ протягом 1с);
- дизель не є прогрітим (температура прісної води на виході дизеля або змащувального масла менше 35°C).

Система захисту (СЗ) генератора ДГ вимикає ГА у випадку:

- коли генератор перейшов в руховий режим і навантажує електростанцію (зворотна потужність генератора більше $0,08P_{ном}$ протягом 6с);
- лінійна напруга менше 320В ($0,8U_{ном}$) більше 3с;
- лінійна напруга більше 440В ($1,1U_{ном}$) більше 3с;
- перевантаження генератора (струм генератора більше $1,21I_{ном}$ протягом 40с);
- короткого замикання генератора (струм генератора більше $3I_{ном}$ протягом 0,2с);
- зниження частоти обертання генератора (частота електричного струму менше 45Гц без затримки часу).

Генератор ДГ захищається також системою захисту ГА. ГА не може бути включений якщо має місце живлення з берега.

ВАЛОГЕНЕРАТОР

Валогенератор (ВГ) призначений для вироблення електроенергії від ГД.

В судновій електростанції у якості ВГ використаний бесщіточний трифазний синхронний генератор з неявнополюсним ротором (напруга 400В, частота 50Гц, $\cos \varphi = 0,8$, $n=1000\text{об/хв.}$). Синхронний генератор має збудник трифазного струму із зовнішніми полюсами, випрямний агрегат, електронний пристрій збудження і регулювання для збудника, обмежувач напруги і прилад обігріву при стоянці. Обігрів стоянці автоматично відключається при

підключенні генераторів на шини. Потужність ВГ залежить від типу і потужності головної енергетичної установки. Електростанція судна має ВГ потужністю 1375кВА ($n=1000\text{об/хв.}$).

Система керування ВГ розташована на щиті ВГ і включає в себе:

- задатчик автоматичного регулятора напруги (АРН);
- кнопки керування ГА;
- кнопку “гасіння” електромагнітного поля (автомат “гасіння” поля), “Demagnetization”,

що захищена від випадкового натиснення;

- кнопки включення – виключення збудження ВГ.

Система контролю ВГ включає наступні вимірювальні прилади:

- амперметр з перемикачем фаз;
- вольтметр з перемикачем лінійних напруг;
- частотомір;
- ватметр для вимірювання активної потужності;
- вимірник реактивної потужності.

В систему контролю також входять лампи-індикатори типу напруги (типу живлення) на шинах ГРЩ (Нормальне, Аварійне і Берегове).

Система АПС генератора ВГ включає наступні індикатори:

- індикатор падіння напруги на клеммах генератора (лінійна напруга менше 320В ($0,8U_{ном}$) протягом 1с (витримка часу));
- коротке замикання обмоток генератора (струм генератора більше $3I_{ном}$);
- перевантаження генератора (струм генератора більше $I_{ном}$ протягом 1с);
- висока температура статора (температура заліза статора вище 65°C протягом 30с);
- генератор перейшов в руховий режим і навантажує електростанцію (зворотна потужність генератора більше $0,08P_{ном}$ протягом 1с).

СЗ генератора ВГ вимикає ГА у випадку:

- коли генератор перейшов в руховий режим і навантажує електростанцію (зворотна потужність генератора більше $0,08P_{ном}$ протягом 6с);
- лінійна напруга менше 320В ($0,8U_{ном}$) більше 3с ;
- лінійна напруга більше 440В ($1,1U_{ном}$) більше 3с ;
- перевантаження генератора (струм генератора більше $1,21I_{ном}$ протягом 40с);
- коротке замикання генератора (струм генератора більше $3I_{ном}$ протягом $0,2\text{с}$);
- знижується частота обертання генератора (частота електричного струму менше 45Гц без затримки часу).

ГА не може бути включений при живленні ГРЩ з берега.

АВАРІЙНИЙ ДІЗЕЛЬГЕНЕРАТОР

Аварійний дизель-генератор (АДГ) призначений для вироблення електроенергії на судні в аварійній ситуації (у разі відмови основних джерел – ДГ1, ДГ2 і ВГ).

В судновій електростанції в якості аварійного генератора (АГ) електроенергії використаний бесщіточний трифазний синхронний генератор з неявнополюсним ротором (напруга 400В , частота 50Гц , $\cos\varphi=0,8$, $n=1000\text{об/хв.}$). Синхронний генератор має збудник трифазного струму із зовнішніми полюсами, випрямний агрегат, електронний пристрій збудження і регулювання для збудника, обмежувач напруги і прилад обігріву при стоянці. Обігрів автоматично відключається при підключенні генераторів на шини. Потужність АГ залежить від типу і потужності головної енергетичної установки. Електростанція судна має АГ потужністю 121кВА ($n=1000\text{об/хв.}$).

Система керування АГ, розташована на АРЩ, включає кнопки керування ГА.

Система контролю АГ включає наступні вимірювальні прилади:

- амперметр з перемикачем фаз;
- вольтметр з перемикачем лінійних напруг;
- частотомір;
- ватметр для вимірювання активної потужності.

Система АПС генератора АГ включає наступні індикатори:

- індикатор падіння напруги на пусковій акумуляторній батареї (менш 21,5В);
- індикатор падіння напруги на клеммах генератора (лінійна напруга менше 320В (0,8U_{ном}) протягом 1с);
- перевантаження генератора (струм генератора більше I_{ном} протягом 1с);
- висока температура статора (температура заліза статора вище 65°C протягом 30с);
- коротке замикання обмоток генератора (струм генератора більше 3I_{ном}).

СЗ у аварійного генератора відсутній. Захист АГ забезпечується автоматичним відключенням ГА. Генераторний автомат АГ також відключається незалежним розчепителем по зовнішньому сигналу при підвищенні напруги на ГРЩ ($U > 340V$) без затримки часу.

ГОЛОВНИЙ РОЗПОДІЛЬНИЙ ЩИТ (ГРЩ)

ГРЩ є центральним пунктом розподілу електроенергії між судновими споживачами.

ГРЩ складається з генераторних секції ДГ1, ДГ2, ВГ, секції синхронізації і секцій споживачів на 220В і на 380В.

АРЩ призначений для живлення певної частини суднових споживачів від АДГ.

АРЩ складається з генераторної секції АДГ, секцій споживачів на 24В, на 220В і на 380В а також секції зарядного пристрою акумуляторних батарей (АБ).

Органи керування включають:

- вимикачі підключення – відключення батарей (№1, №2, №3, №4,) до зарядного пристрою;
- кнопку пуску – зупинки вентилятора акумуляторної кімнати;
- рукоятку регулювання струму зарядки батарей.

Система контролю зарядного пристрою АБ включає:

- вольтметр з перемикачем для контролю місткості батарей;
- амперметр з перемикачем для контролю струму зарядки батарей.

АПС включає індикатор струму короткого замикання.

По сигналах цих датчиків СЗ відключає ГА і зупиняє двигун шляхом припинення подачі палива, а у разі зупинки по перевищенню швидкості також припиняється подача повітря. Активізація (включення) СЗ проводиться після досягнення швидкості обертання дизеля 60% від номінальної. Відновлення СЗ після спрацьовування проводиться натисненням кнопки “Reset”.

ПАНЕЛІ КЕРУВАННЯ ТРЕНАЖЕРА

Органи керування СЕЕС, індикатори, аварійна сигналізація розподілені по системах на декількох екранних сторінках тренажера, також на окремих сторінках представлена схема головного струму і зведена інформація про спрацьовування аварійно-попереджувальної сигналізації по всіх системах.

ПАНЕЛЬ “ДИЗЕЛЬ ГЕНЕРАТОР 1 (2)” (DG 1 (2))

Зовнішній вигляд сторінки “дизель-генератор 1”, реалізованої в тренажері рис. 2

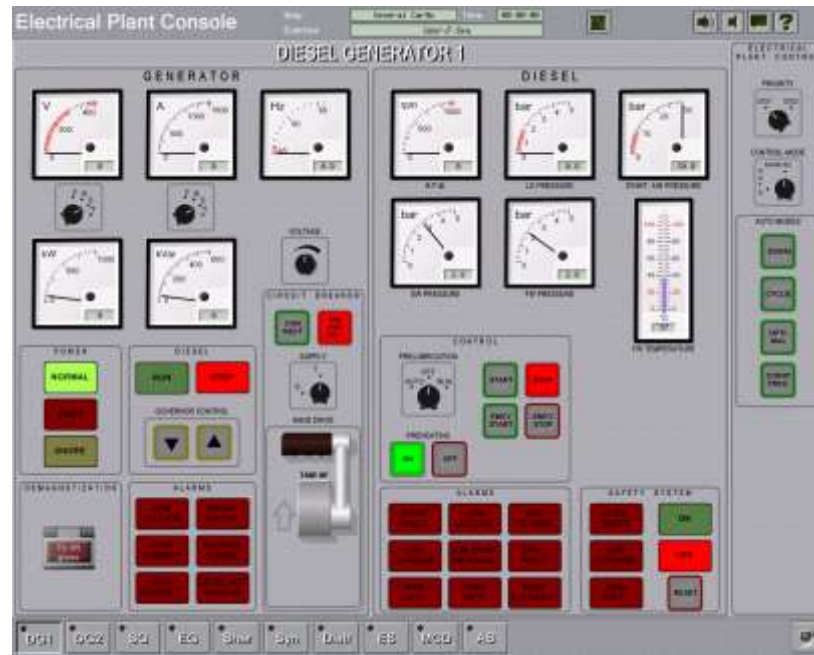


Рис. 2. Вікно сторінки тренажера “Дизель генератор 1”
ПАНЕЛЬ КЕРУВАННЯ СЕЕС (Electric Plant Control)

Панель керування СЕЕС (Electric Plant Control) призначена для завдання режиму роботи СЕЕС.

До складу панелі керування входять:

- перемикач режиму керування (CONTROL MODE);
- перемикач пріоритету включення дизель-генератор (PRIORITY);
- кнопки вибору сумісного режиму роботи генераторних агрегатів СЕЕС при автоматичному режимі її керування (AUTO MODES – EQUAL, OPTIMAL, CYCLIC, CONST FREQ).

Перемикач стану станції (CONTROL MODE) призначений для переходу з ручного керування СЕЕС на автоматичне керування і назад.

Перемикач “CONTROL MODE” має два положення:

- AUTO – автоматичний режим керування станцією;
- MANUAL – ручний режим керування станцією.

Перемикач пріоритету (PRIORITY) включення дизель-генераторів призначений для вибору пріоритетного (того, котрий стартує першим) дизель-генератора (ДГ1 або ДГ2) при роботі СЕЕС в автоматичному режимі.

Перемикач ”PRIORITY” має два положення:

- DG1 – пріоритетним вибраний дизель-генератор 1;
- DG2 – пріоритетним вибраний другий дизель-генератор 2.

Кнопки вибору режимів автоматичного керування СЕЕС (AUTO MODES) призначені для вибору режиму завантаження генераторів в автоматичному режимі (тобто, кнопки активні тільки у разі, коли вибраний автоматичний режим роботи СЕЕС).

Система автоматичної роботи електростанції може знаходитися наступних режимах:

- EQUAL – режим рівних потужностей, тобто режим в якому генератори завантажені рівномірно;
- OPTIMAL – режим оптимального завантаження генераторів. В цьому режимі пріоритетний генератор завантажений більше, ніж не пріоритетний;
- CYCLIC – режим циклічного завантаження. В цьому режимі генератори завантажені також, як і в режимі OPTIMAL, але пріоритет генераторів міняється відповідно до встановленого періоду;
- CONST FREQ. – режим постійної частоти. В цьому режимі генератори рівномірно розподіляють навантаження при більш точній стабілізації частоти струму в межах (49-50)Гц. В

цьому режимі регулятор частоти обертання (РЧО) пріоритетного ДГ забезпечує стабілізацію частоти, а РЧО залишився ДГ забезпечує розподіл навантаження.

Пуск і зупинка дизеля здійснюється чотирма кнопками.

Для штатного (нормального) пуску дизеля необхідно натиснути кнопку “START”. При цьому, якщо тиск в масляній системі нижче 2.0 Bar, то перед подачею пускового повітря буде включений електричний насос попереднього прокачування. Після досягнення вказаного тиску проводиться пуск дизеля. Для здійснення екстреного пуску дизеля необхідно натиснути кнопку “EMCY START”. При цьому пуск дизеля відбудеться без перевірки початкового тиску масла і дизель вийде на номінальні обороти за мінімальний час.

Штатна зупинка дизеля проводиться клавішею “STOP” тільки при відключеному генераторному автоматі (ГА). При штатній зупинці дизель виводиться на 80% номінальній швидкості обертання і втримується на цій частоті 1 хвилину. Потім двигун зупиняється шляхом відсічення подачі палива.

2 ПАНЕЛЬ “ВАЛОГЕНЕРАТОР” (SG)

Зовнішній вигляд сторінки “валогенератор”, реалізованої в тренажері рис. 3

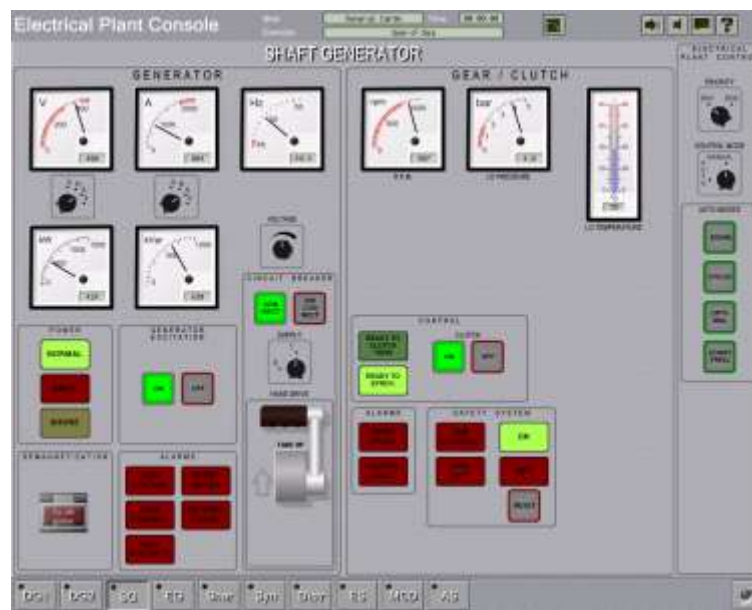


Рис. 3. Вікно сторінки тренажера “Валогенератор”
Панель керування СЕЕС (Electric Plant Control)

ПАНЕЛЬ КЕРУВАННЯ ПРИВОДОМ ВАЛОГЕНЕРАТОРА (GEAR CLUTCH)

Панель керування приводом валогенератора (ВГ), призначена для з'єднання і від'єднання муфти і контролю стану редуктора.

Панель керування містить:

- кнопки включення/виключення муфти;
- індикатори і прилади контролю стану муфти і редуктора;
- індикатори АПС;
- панель системи захисту.

ПАНЕЛЬ “АВАРІЙНИЙ ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОР” (EG)

Зовнішній вигляд сторінки “аварійний дизель-генератор”, що реалізована на тренажері, наданий на рис. 4

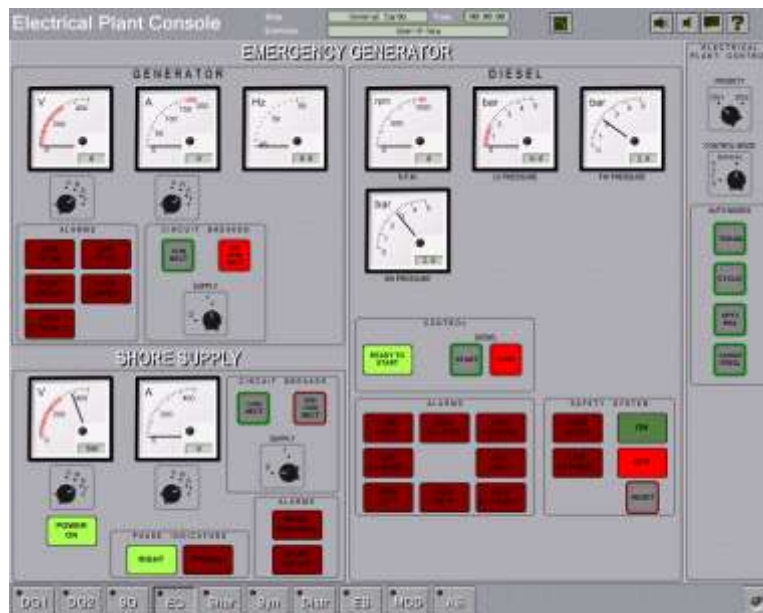


Рис. 4. Вікно сторінки тренажера “Аварійний дизель-генератор”

ПАНЕЛЬ КЕРУВАННЯ ДИЗЕЛЕМ АВАРІЙНОГО ДИЗЕЛЬ-ГЕНЕРАТОРА

Панель керування дизелем аварійного дизель-генератора призначена для керування дизелем і контролю його роботи.

Для виконання даних функцій панель містить в собі:

- органи керування дизеля;
- прилади контролю за параметрами дизеля;
- панель АПС;
- панель системи захисту (СЗ).

Панель керування дизелем аварійного генератора (**CONTROL**) містить:

- кнопки «пуск / зупинка» дизеля (**“START/STOP”**); індикатор готовності дизеля аварійного генератора до пуску (**READY TO START**).

ПАНЕЛЬ “СИНХРОНІЗАЦІЯ” (SYN)

Зовнішній вигляд сторінки “синхронізація”, що реалізована на тренажері, наданий на рис. 5

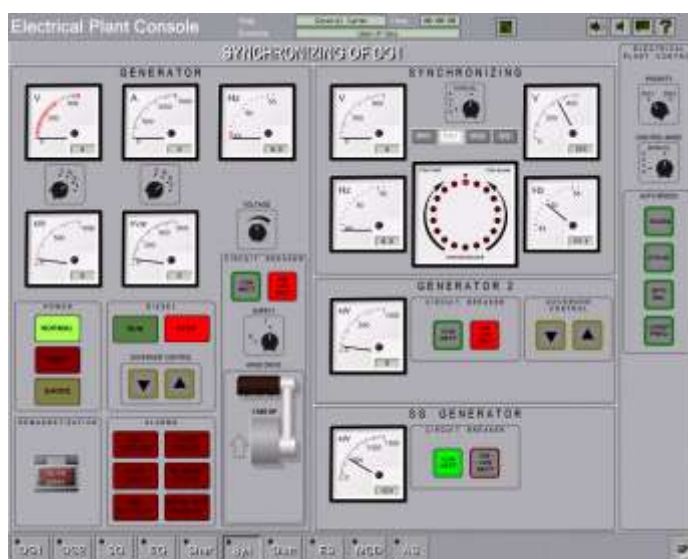


Рис. 5. Вікно сторінки тренажера “Синхронізація”

Секція синхронізації

Секція синхронізації призначена:

- для вибору генератора, що синхронізується;
 - для контролю різниці у фазах напруги на шинах ГРШ і напруги на клеммах генератора, що підключається на паралельну роботу;
 - для включення генераторів на паралельну роботу.
- Для виконання даних функцій на панелі знаходяться:
- органи керування;
 - прилади контролю напруги і частоти на шинах ГРЩ і клеммах генератора;
 - синхроскоп.

ПАНЕЛЬ “СПОЖИВАЧІ” (DISTR)

Зовнішній вигляд сторінки “споживачі”, що реалізована на тренажері, наданий на рис. 6

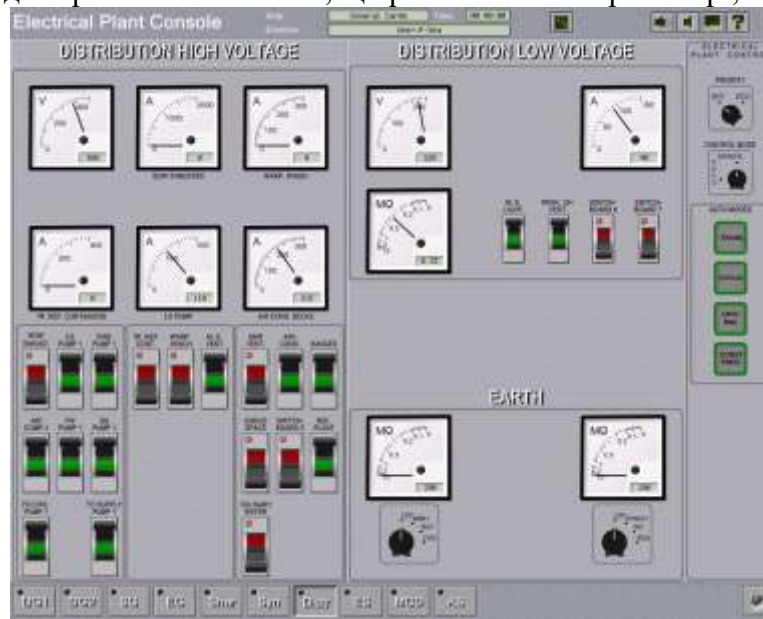


Рис. 6. Вікно сторінки тренажера “Споживачі”

2.6. ПАНЕЛЬ “АВАРІЙНИЙ РОЗПОДІЛЬНИЙ ЩИТ” (ES)

Зовнішній вигляд сторінки “аварійний розподільний щит” що реалізована на тренажері, наданий на рис. 7.

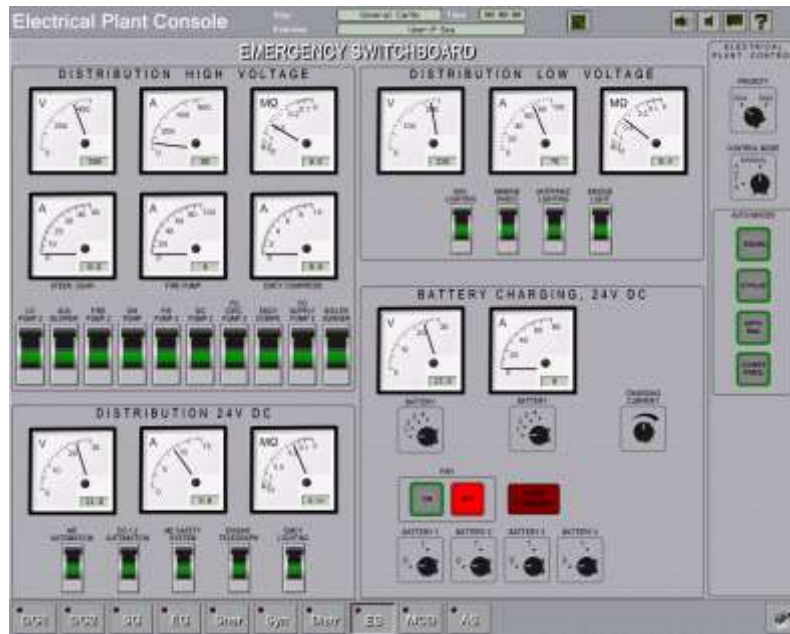


Рис. 7. Вікно сторінки тренажера “Аварійний розподільний щит”

СЕКЦІЯ СПОЖИВАЧІВ 380V(DISTRIBUTION HIGH VOLTAGE)

Секція АРЩ споживачів 380В отримає живлення від аварійного дизель-генератора якщо зникає живлення на ГРЩ.

Для виконання даних функції на аварійному щиті споживачів на 380В знаходяться:

- органи керування;
- прилади контролю.

2.7. ПАНЕЛЬ “СХЕМА ГОЛОВНОГО СТРУМУ” (MCD)

Зовнішній вигляд сторінки “схема головного струму”, реалізованої в тренажері, наданий на рис. 8.

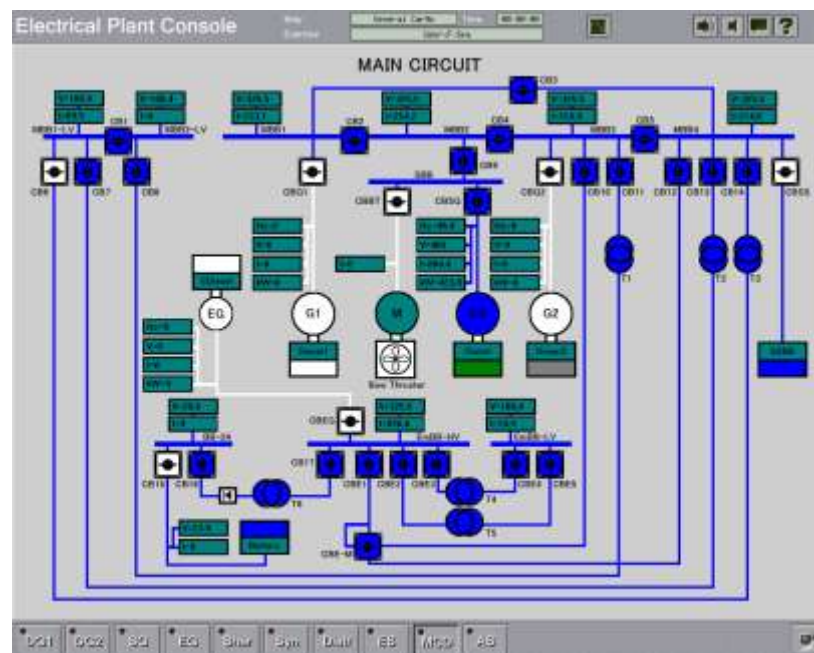


Рис. 8. Вікно сторінки тренажера “Схема головного струму”

В сучасних суднових системах контролю і керування об'єднана інформація про електростанцію – конфігурація, стан генераторів, основні електричні параметри та інш. – надана на моніторі системи і має назву «Схема головного струму».

Активні (під напругою) елементи (шини, фідери, замкнуті вимикачі та інш.) висвічуються на схемі синім кольором. У спеціальних вікнах відображаються електричні параметри – напруга, струм, частота, потужність. На додаток до інформаційної складової сторінки, в тренажері також реалізована можливість керувати (за допомогою маніпулятора “миша”) частиною міжсекційних вимикачів шин ГРЩ/АРЩ, що не представлені на панелях керування тренажера.

СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ВРШ ТИПА KAMEWA

Маневрування

Оскільки ВРШ дає можливість змінювати напрямок упору гвинта поворотом лопатей гвинта, то відпадає необхідність в реверсі гребного гвинта і, як наслідок, зупинки головного двигуна для реверсу. Це забезпечує швидкодію, а також більш надійне і економічне маневрування.

Слід зауважити, що КПД ВРШ тохи нижче, ніж у ВФШ при задньому ході. Однак економічно це компенсується зниженням експлуатаційних витрат двигуна і відбором повної пропульсивної потужності. У той же час при маневруванні дистанція гальмування і час гальмування значно нижче у ВРШ, ніж у ВФШ.

Якщо врахувати, що щорічно втратити на паливо (дані на 2000 рік) для судна з встановленою потужністю 10.000 kW склав приблизно 1,7 мільйон US\$, то можна зробити висновок, що поліпшення на 1% ефективності цього пропульсивного комплексу знижує витрати на 170.000 US\$. Не менш важливим є також те, що при цьому оптимізуються також інші експлуатаційні характеристики судна.

У кожній системі KAMEWA-гвинт застосовуються лопаті, розрахованні спеціально для характеристик даного судна, таких як потужність, частота обертання гребного гвинта, обводи корпусу судна, осадка, кліренс між гвинтом і маточиною, вимоги класифікаційних товариств та ін.

Зміна цих характеристик в процесі експлуатації може вплинути на ефективність, шум і вібрацію, що може бути усунуто шляхом оптимізації (настройка параметрів на інший режим), як правило, за рахунок зміни співвідношення між частотою обертання валу і кроком гвинта.

Правильне співвідношення швидкостей валу і кроку гвинта

Для програмування управління використовується спеціальна комінаторна крива, яка визначає оптимальні відповідності між швидкістю обертання валу і кроком гвинта. Отже, комінатор повинен бути завжди задіяний.

У разі застосування валогенератора, що вимагає постійну частоту обертання, комінатор виключається, а при від'єднанні генератора комінатор повинен застосовуватися.

Потенциометричний обмежувач навантажень

Потенциометричний обмежувач навантаження на електронному пристрої повинен бути в нормальному положенні на 100%. іншому випадку гвинт виводиться з робочої зони відповідно до комінаторної кривої, по якій повинно б було збільшення подачі палива.

Система оптимізації роботи

Комп'ютеризована система типу KAMEWA SEAPACER в даний час є найбільш кращою. Вона дозволяє вибрати найбільш економічну швидкість судна, уникнути пікових навантажень двигуна і використовувати оптимальну комбінацію частоти обертання валу і кроку гвинта. В результаті буде суттєва економія палива. Система забезпечує вимір

поточних значень швидкості судна, витрата палива, крок і частота обертання гвинта. Тому правильний крок гвинта встановлюється автоматично на всьому протязі роботи.

Систем прості в установці і мають позитивні відгуки від користувачів.

Вимоги до лопат гвинта

Після закінчення певного часу експлуатації ефективність гвинта знижується через зношування поверхонь або механічних пошкоджень. Тому під час докування поверхні лопатей повинні бути відполіровані і будь-які пошкодження усунені.

Робота в льодах

При роботі в льодах рекомендується використовувати високу швидкість вала. В цьому випадку динамічна сила, створювана пропульсивними масами, спиятиме перемелюванню льоду.

Кавітація гребного гвинта

У тих видах , коли гвинт працює з частковим навантаженням і високою швидкістю вала, тобто при низьких значеннях кроку гвинта, може відбуватися кавітація гвинта. Якщо цей режим роботи врахований при розрахунках, то при експлуатації, гвинта не повинно виникати жодних проблем, в іншому випадку тривала робота з високою швидкістю вала і низьким кроком гвинта може призвести до кавітаційної ерозії лопаті з боку підвищеного тиску (pressure side cavitation).

Склад і характеристики базової системи KAMEWA CPP- BASIC

Вступ. Система ДАУ типу KAMEWA CPP-BASIC є мікропроцесорною системою, яка служить для управління кроком гвинта.

Система дозволяє при експлуатаційної частоти обертання в одному напрямку здійснювати маневрування х переднього ходу на задній хід зміною кроку гвинта. маневрування здійснюється зі станції управління. Система може бути обладнана трьома станціями на містку і однієї в ЦПУ. Якщо в системі більше однієї станції управління, то програма призначає відповідальну систему, що дозволяє командувати тільки однієї системі в один і той же час.

Частота обертання головної машини, обертає гвинт, може також контролюватися системою KaMeWa (функція оптимізації). У той момент, коли задається команда на зміну кроку гвинта, система одночасно розраховує і задає обертів гребного валу. Відповідність цих двох параметрів визначається за комбінованою кривої (combinator curve).

При маневруванні навантаження головного двигуна контролюється також спеціальною програмою (функція оптимізації), що може автоматично забезпечувати корекцію кроку. Співвідношення навантаження / крок і його максимально допустиме значення визначається по заданій кривій навантаження "load curve".

Одне з переваг системи є наявність резервної (дублюючої) системи (backup system) типу "non follow up" (не стежить), за допомогою якої можна управляти кроком гвинта, впливаючи безпосередньо на керуючі гідравлічні клапани. Система backup електрически електрично відділена від основної системи. Система індикації кроку також має своє роздільне, як від головної, так і від backup системи, живлення.

Система індикації безперервно показує на кожній станції управління діюче значення кроку гвинта. При бажанні може бути також підключена індикація частоти обертання валу.

Система побудована таким чином, що до базових функцій (basic equipment functions) модифікації можуть бути додані додаткові, на вимогу замовника, функції (optional equipment functions).

Базові функції "CPP-BASIC" системи:

- одна станція управління на головному містку;
- управління кроком гвинта без управління оборотами;
- допоміжна станція управління на містку;
- індикація кроку гвинта, на кожній панелі управління;

- система захисту від перевантаження двигуна;
- зниження (slowdown) / (зупинка (shutdown), входи;
- контроль несправностей основного управління, допоміжна і індикаційна система;
- система живлення 24 V DC.

Додаткове обладнання та оптимізаційні функції:

- станції управління на крилі містка (одна або дві);
- станція управління в ЦПУ;
- управління частотою обертання гвинта (комбіноване);
- окрема панель управління оборотами гвинта в ЦПУ;
- панель дистанційного / місцевого управління частотою обертання;
- Е / Р перемикач електронний / пневматичний регулятор оборотів;
- управління навантаженням;
- додаткові показники кроку, "Panama type";
- індикація обертів валу;
- hand-terminal для калібрування / регулювання;
- кожух для центрального модуля;
- сигнали до реєстратора маневрів;
- інтерфейс для валогенератора;
- 115/220 V AC-живлення.

Проходження сигналів

На рис. 3.1 показана звороний зв'язок і проходження сигналів між компонентами обладнання.

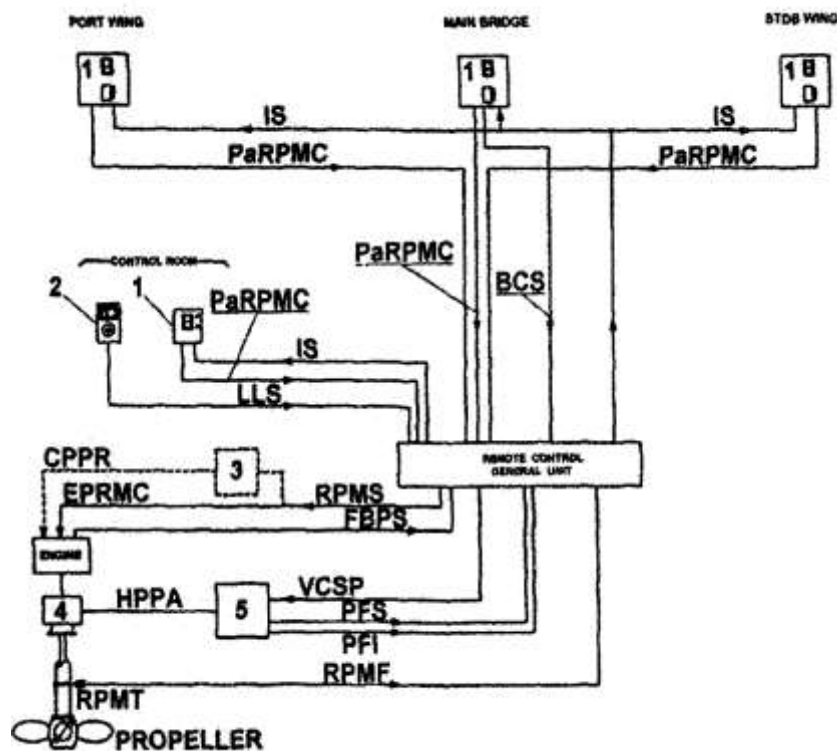


Рис. 3.1 Обратная связь и прохождение сигналов

1 - control panel; 2 - load control panel; 3 - E/P converter; 4 - O.D.-box; 5 - hydraulic power pack and feedback box;
 IS - indication signals; PaRPMs - pitch and RPM command; BCS - back-up control signals; LLS - load limit setting; CPPR - control pressure to pneumatic regulator; ERPMS - 4 - 20 mA, to electronic RPM converter; RPMS - RPM setting (4 - 20 mA); FBPS - full back position

signal; HPPA - hydraulic pressure pitch (ahead/astern); VCSP - valve control signals (pitch); PFS - pitch feedback system; PFI - pitch feedback indication; RPMT - RPM transmitter; RPMF - RPM feedback

1 - панель управління; 2 - (панель управління навантаженням); 3 - Е / Р перемикач: електронний / електропневматичний регулятор; 4 - механізм зміни кроку гвинта; 5 - (електрогідравлічна система) і коробка зворотного зв'язку; (+ Електронний регулятор швидкості обертання)

IS - сигнали вказівки; PaRPMS - (керуючий сигнал по частоті обертання гребного гвинта); BCS - сигнали перевірки (backup) дублюючої системи; LLS - задатчик обмеження навантаження; CPPR - контроль тиск пневматичного регулятора; ERPMS - (4 - 20 mA), керуючий сигнал до електронного регулятора обертів гвинта; RPMS - установка (уставка) частоти обертання гвинта (4 - 20 mA); FBPS - зворотний зв'язок; HPPA - гідравлічний механізм зміни кроку гвинта (вперед / назад); VCSP - результуючий керуючий сигнал (на гідравлічний керуючий клапан) по кроку гвинта; PFS - зворотний зв'язок по кроку гвинта; PFI - індикатор кроку гвинта; RPMT - датчик частоти обертання; RPMF - зворотний зв'язок по частоті обертання

Станція управління на головному містку

Якщо підключена також функція управління частотою обертання валу, то система забезпечує наступні види управління:

- **Combinator mode**, комбінований, що забезпечує за допомогою однієї рукоятки одночасне керування кроком і оборотами (RPM) гвинта;

- **Constant RPM-mode** - крок задається рукояткою управління, а сталість RPM забезпечується системою управління;

- **Backup mode** (резервне управління) - крок управляється натисненням кнопок «вперед/назад» (не стежаче управління, non follow up control). Сигнал "back up RPM" активізований.

Якщо ж управління RPM не включене, то реалізується два види управління

- **Pitch control-mode** - шаг крок задається рукояткою управління, а частота обертання (RPM) управляється *старшою керуючою системою, яка не входить в систему Kamewa*;

- **Backup mode** - крок задається натисканням кнопок ahead/astern (нестежаче управління). Цей вид управління завжди діє (is activated).

Види управління, коли відсутній внутрішній контроль (RPM control):

- **Pitch control-mode**. Крок регулюється за допомогою керуючої рукоятки, а RPM управляється з вищої системи;

- **Backup mode**. Управління кроком здійснюється за допомогою кнопок ahead/astern (не стежаче управління).

Станції управління на крилах містка – Bridge wing control station(s)

Забезпечує три види управління : Combinator mode, Constant RPM-mode и Pitch control-mode, тобто на відміну від main bridge control station на панелях містка **відсутнє резервне управління Backup Mode**.

Control room, control station

Видом управління є Pitch control-mode, який реалізується за допомогою кнопок "ahead" і "astern" зі стежить типом зворотного зв'язку. RPM управляється окремим пристроєм, який може поставлятися фірмою Kamewa або іншим постачальником. Якщо поставка від фірми Kamewa, то пристрій забезпечується однією з наступних панелей:

- панель роздільного управління RPM (SEP RPM control panel);

- панель дистанційного / місцевого управління RPM (Re- mote / Local RPM control panel);

- панель управління навантаженням (local control panel), що має прилад, що показує поточне навантаження і задатчик обмеження навантаження (0 - 110%) зі шкалою (load limit setting).

3 Операції управління і функції

Pitch control: Операції управління

Оперативне управління здійснюється за допомогою спеціальної рукоятки, розміщеної на панелі управління. Під рукояткою розміщена шкала 10-0-10 вперед / назад для завдання кроку і оборотів відповідно до запрограмованої кривої відповідності кроку і оборотів.

Функція "Pitch control"

Якщо при управлінні з ходового містка надходить сигнал (command signal), відповідний положенню рукоятки Bridge lever, то він передається в центральний блок (central unit).

Якщо управління ведеться з машинного поста управління (ECR- engine control room), то кнопками (push buttons in control room) "ahead" і "astern" збільшують або зменшують вихідний сигнал (command signal) після інтегратора (integrator), який надходить потім на генератор функцій, де по запрограмованій кривій встановлюється відповідність між частотою обертання і кроком гвинта. Тимчасова затримка встановлюється як константа програмного забезпечення, зазвичай в межах від 0 до 5 хвилин. Вихідний сигнал з function generator надходить на регулятор (Regulator), де він порівнюється з поточним значенням кроку, що надходять по зворотного зв'язку (pitch feedback signal). На регулятор також надходить сигнал зворотного зв'язку процесу управління навантаженням (pitch corr. Signal), якщо такий задіяний.

Якщо в системі з'являється різниця між заданим і поточним значенням кроку, то завдяки сигналу **Valve control signals (ON/OFF)** спрацьовує гідравлічний керуючий клапан (control-valve) в такому напрямку (astern cmd або ahead cmd) і стільки часу, щоб усунути різницю завдання і виконання.

Сигнал Valve control може бути заблокований (overridden) сигналом shut down, що надходять з системи захисту головного двигуна. При наявності сигналу shut down крок гвинта встановлюється в нульове положення.

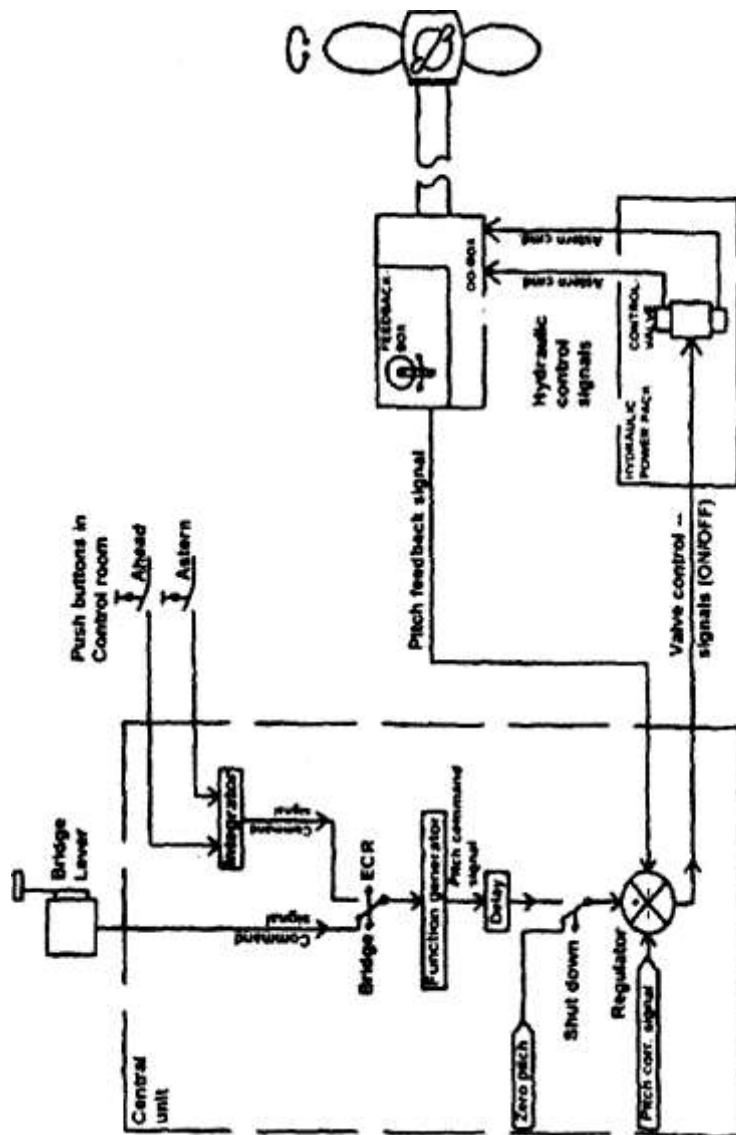


Рис 3.2 Функция "Pitch control"

RPM control: "Operation". Оперативне управління оборотами гвинта

Для реалізації цієї функції є три органи управління:

1. Рукоятка управління (indexed lever 10-0-10 ahead / astern), встановлена на control panel main bridge, служить для формування команд завдання оборотів і кроку гвинта відповідно до запрограмованої RPM-кривої
2. Кнопка Constant RPM ON / OFF, розташована на панелі головного містка, служить для вибору виду керування по частоті обертання: з постійною (ON) або змінюється (OFF) частотою обертання гвинта. Якщо є валогенератор, то може підключатися тільки при Constant RPM ON. На панелі управління при цьому загоряється сигнальна лампа Constant RPM (ON).
3. Кнопкова рукоятка зі шкалою 0-10 (min-max), розташована на окремій панелі управління в машинному відділенні (Separate RPM control panel, control room) для формування команд мінімального або максимального відповідності запрограмованої RPM- кривої.

RPM control: "Function".

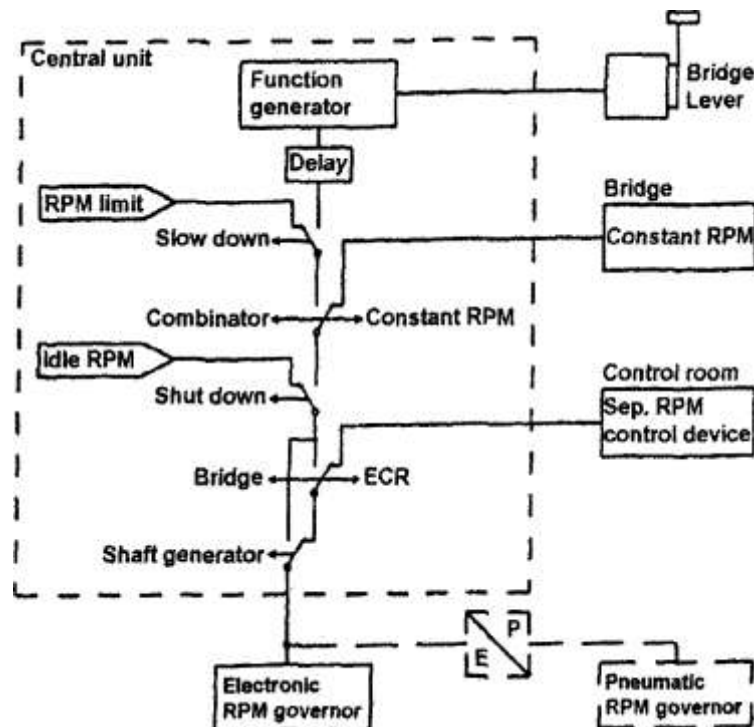
Управління оборотами гвинта за оптимальною функції

При управлінні з містка (Bridge Lever) команда передається в центральний блок (central unit) і надходить на функціональний генератор (function generator), де згідно запрограмованої RPM- кривої встановлюється відповідність між завданням від рукоятки (Bridge Lever) і поточної RPM-командою. Затримка (Delay) на передачу результату порівняння може встановлюватися від 0 до 5 хвилин. Виходом функціонального генератора є RPM-команда, яка надходить безпосередньо до електронного RPM-регулятора (Electronic RPM governor) або через електропневматичний конвертор (E / P) на пневматичний регулятор (pneumatic RPM governor).

Завдання з містка constant RPM дає можливість під'єднати Shaft generator до гребного валу. Якщо валогенератор підключений, то сталість оборотів буде витримуватися, навіть якщо команди на зміну обертів надходять з поста машинного відділення (ECR -engine control room).

Коли валогенератор від'єднується з містка, то повинна бути відключена вручну функція constant RPM, якщо ж з машинного відділення, то функція RPM автоматично замінюється на separate RPM. Якщо вибирається функція slow down, то RPM обмежуються заданим в програмному забезпеченні межею обертів гвинта.

Функція slow down не виконуватиме constant RPM. Якщо активізується функція shut down, то встановлюються RPM холостого ходу (idle RPM). При управлінні з поста машинного відділення (ECR) обороти гвинта регулюються по функції "separate RPM mode" за допомогою окремого пристрою "Separate control device". У цьому випадку крок гвинта управляється кнопками "ahead" і "astern". Для даного виду управління не можуть бути реалізовані функції slow down і shut down.



*Рис. 3.3 Принцип роботи RPM control
Індикація кроку (pitch) і оборотів (RPM) гвинта*

Система індикації кроку (рис. 3.4) є роздільною системою і служить для безперервної індикації діючого значення кроку гвинта. Вона має свій окремий датчик зворотного зв'язку (pitch feedback transmitter), розташований в ящику зворотного зв'язку (feedback box). Сигнал зворотного зв'язку надходить на підсилювач електронної карти (indication PC-board), де він перетворюється в напругу ± 10 V, яке розподіляється за індикаторами кроку на кожному рівні управління.

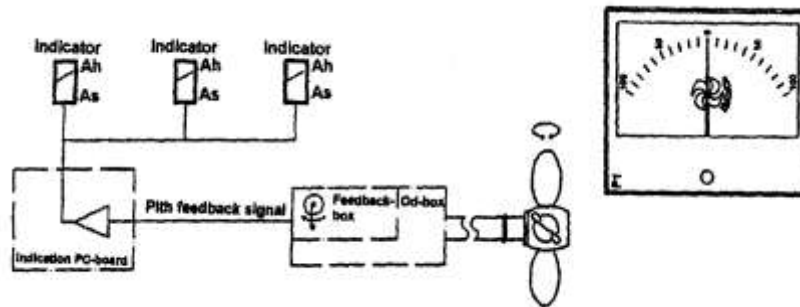


Рис 3.4 Система індикації кроку

Система індикації оборотів також є окремою системою і служить для безперервної індикації діючого значення оборотів гвинта (вала). Вона має свій RPM-transmitter (pickup), вихідними сигналами якого є імпульси частотою, кореспондуючої з оборотами (RPM) гвинта. Імпульси надходять на електронну карту (PC-board), де перетворюються в напругу (0-10 V) постійного струму (DC-signal), придатне для індикаторів, розташованих на пультах управління.

Функція відповідальності за маневрування, міст-пост машинного відділення (BR-ECR: "Function")

Під час перемикачів для передачі управління між містком і машинним відділенням діє система відповідальності за маневри. На кожному посту управління є сигнальні лампи "bridge" і "ECR", безперервно показують яку посаду є командним. Оскільки перемикач "BR / ECR" знаходиться в машинному відділенні, то майстер-постом є control-room (ECR). Якщо перемикач в ECR перемикається з положення "Bridge" в положення "ECR", то управління буде передано з містка в машину. в цей момент включиться зумер (buzzer) і сигнальна лампа "ECR" буде блимати до тих пір, поки не буде натиснута на містку кнопка квітірованія " ECR acknowledge ". Аналогічним шляхом передається управління з "ECR" на місток: перемикач встановлюють в положення "bridge ", при цьому включиться зумер, і горить миготливим світлом лампа " Bridge ", проте управління залишається в ECR до тих пір, поки на місток не буде натиснута кнопку " Bridge accept "

Функція відповідальності за маневр (Manoeuvre responsibility). Main bridge - Bridge wings

Завдання команд управління як з центрального поста містка, так і з крил містка можливо завдяки цій функції. Вибір поста здійснюється кнопкою "Command Request", яка є на кожному посту. Відповіддю на те, що управління передано, є запалювання лампи "Command Request". Центральний блок керування приймає (зчитує) завдання тільки тієї рукояті управління, яка знаходиться на ініційованому кнопкою "in command" посту.

Функція синхронізації рукояток

Система управління постійно зчитує сигнали команд (положення рукоятки) від кожної рукоятки управління на містку і машинного поста управління (control room), що

надходить від кнопки "ahead" або "astern" через інтегратор в схему, що забезпечує відповідальність за маневр (manoeuvre responsibility system). Ця схема формує інформаційний сигнал (Preference Signal), на підставі якого після компараторов формуються на кожному посту світлові сигнали "Lever Sync", якщо всі пости узгоджені.

Завдяки цій схемі наявне неузгодженість команд між постами завжди може бути усунуто.

Функція захисту від перенавантаження (overload protection)

Якщо функція контролю за навантаженням (load control function) не міститься в системі управління, то повинна бути використана для захисту від перевантаження функція "overload protection", яка оберігає двигун від тривалої перевантаження.

Замикається контактний сигнал про перевантаження (engine overload) використовується для автоматичного зниження кроку гвинта, якщо виникає перевантаження.

Сигнал на автоматичне зниження навантаження на 5% (slow decrease) шляхом зниження кроку гвинта може бути ініційований контактом "low scav air", який формується також від двигуна.

При досягненні навантаження двигуна значення на 5% нижче заданого порогу швидкість збільшення кроку гвинта почне знижуватися (slow increase), завдяки чому перевантаження можуть бути своєчасно визначені і запобігти.

3.2.10. Функція управління навантаженням (load control)

Функція забезпечена наступними органами управління і відображення інформації на головному посту містка і машинного відділення

1 Стрілочний прилад "Fuel pump setting", що показує в межах від 0 до 110% діюче навантаження двигуна.

2 Кнопка "Load Limit Setting" з градуванням служить для регулювання граничного навантаження двигуна.

3 Сигнальна лампа "Load Limit Override" ON відображає факт зняття обмеження по перевантаженню.

4 Кнопка "Load Limit Override" (ON / OFF) служить для зняття обмеження навантаження (межа навантаження буде вище 100%).

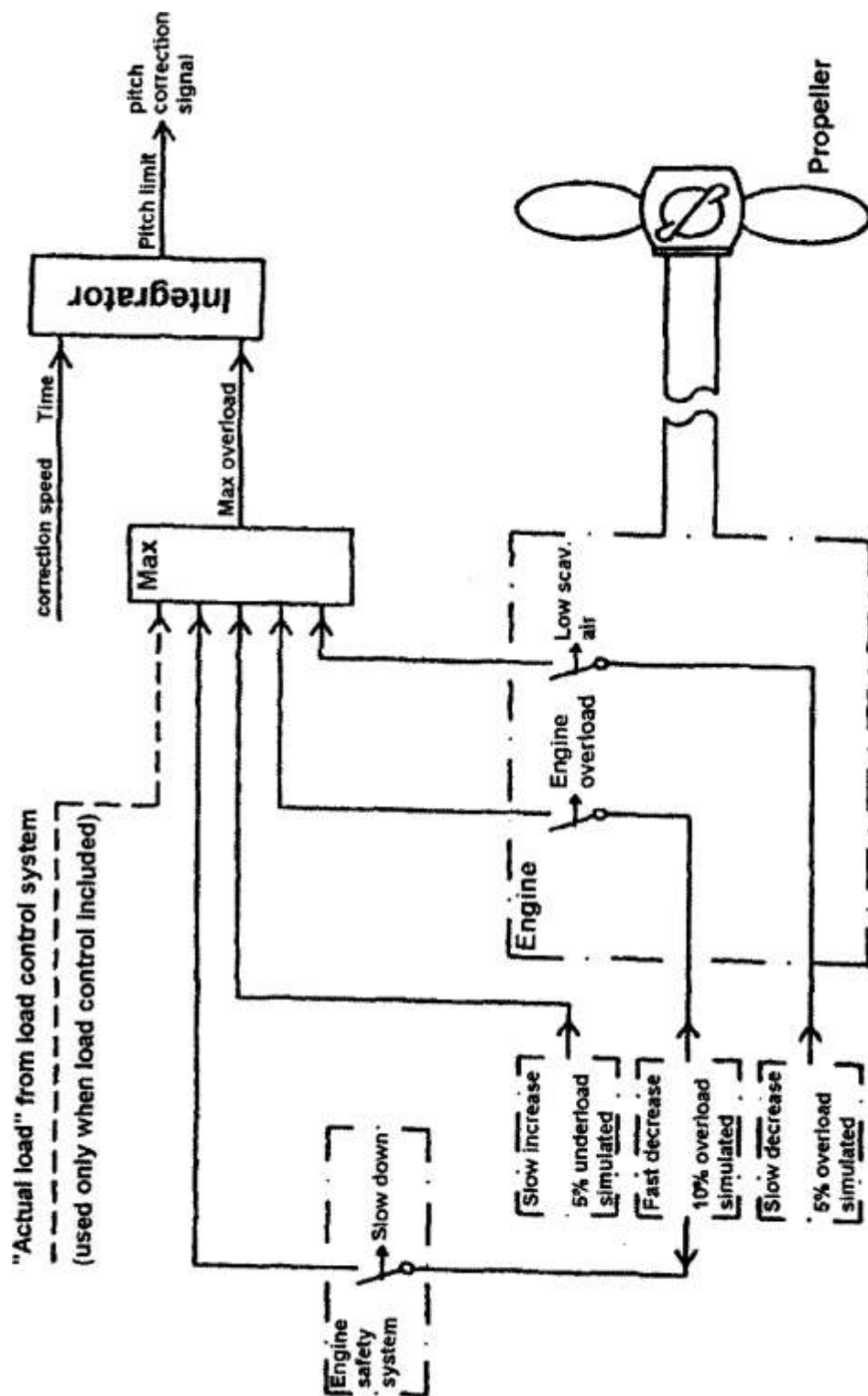


Рис 3.5 Функция защиты от перегрузки

На рис. 3.6 представлена структура функции Load Control, что обеспечивает оптимизацию процесса управления.

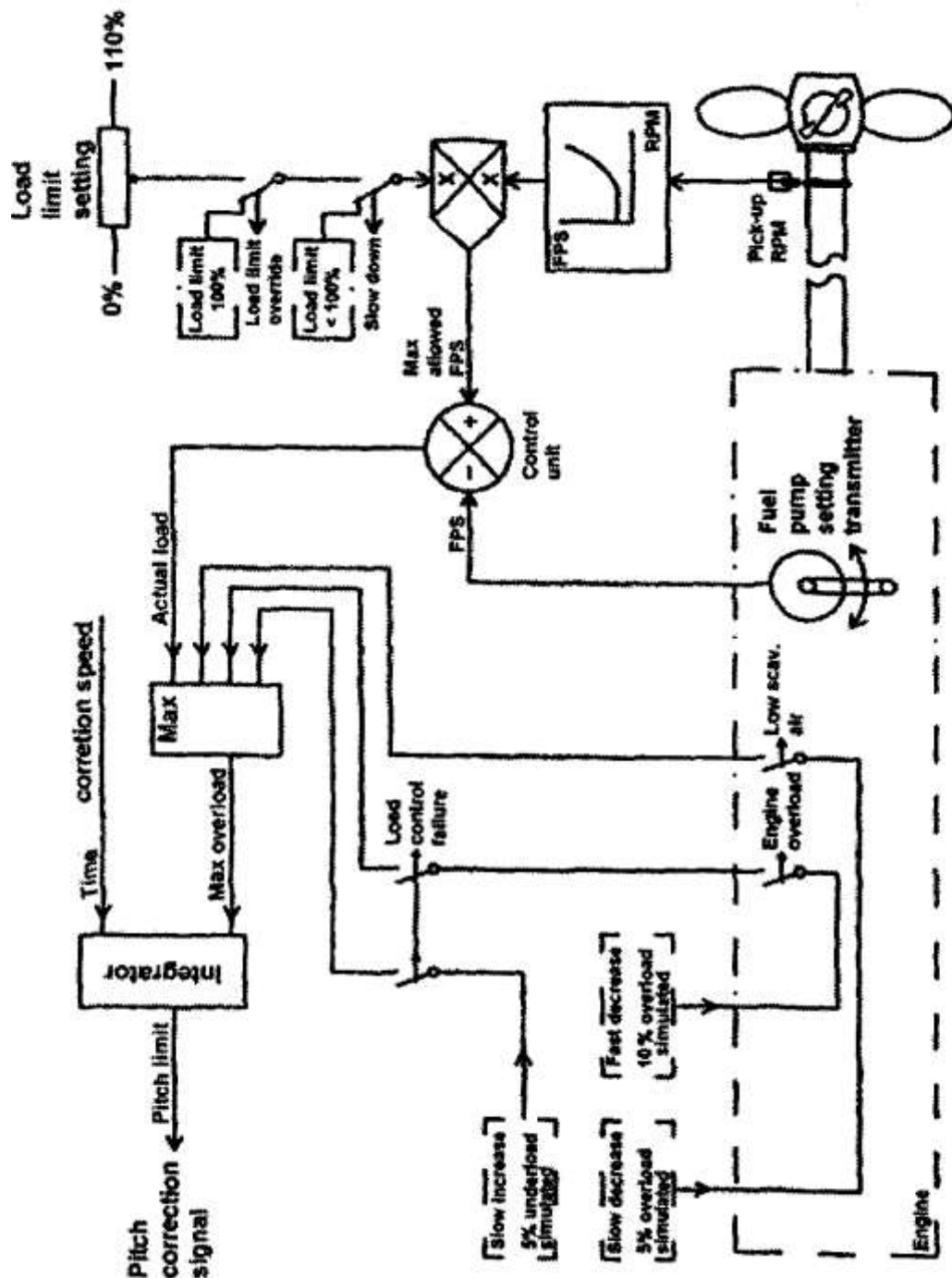


Рис 3.6 Функция оптимального управления нагрузкой

Система Load Control оберігає головний двигун від можливих перевантажень шляхом визначення максимально допустимого значення подачі палива (max allowed fuel pump setting, FPS) в ставленні до поточного значення оборотів гвинта (RPM) на підставі заданої кривої $FPS = f(RPM)$. Отримане значення "max allowed FPS" порівнюється в блоці управління (control unit) з поточним значенням подачі палива, що надходять від датчика "fuel pump setting transmitter". І якщо виявиться, що діюче значення FPS занадто завищена, то система знизить величину кроку гвинта, що в свою чергу призведе до зниження діючого значення FPS. Если появится сигнал "Low scav. air" система начнет снижать шаг винта (slow decrease), воспринимая это как 5% перегрузку.

Для забезпечення належного контролю з ашвидкістю в систему заведений параметр (correction speed), який повинен бути відрегульований так, щоб здійснювати найшвидше управління без серйозних наслідків (overshoots).

Наступна ступінь обмеження навантаження від 0 - 110% може бути задана за допомогою кнопки "load limit" на панелі управління навантаженням. Як видно зі схеми, діюче значення навантаження (actual load), що отримується як результат порівняння FPS і max allowed FPS, остаточно порівнюється із заданим фактором load limit (0 - 1,1) для вироблення сигналу max overload.

На станціях управління містка є можливість зняти сигнал обмеження навантаження за допомогою кнопки "load limit override". При цьому гранична завантаження, як видно зі схеми, стане рівної 100% (load limit 100%). З цієї ж схеми видно, що уставка "load limit setting" може бути також відключена сигналом "slow down", що надходять з системи контролю (safety system) головного двигуна. Значення граничного навантаження (менше 100%) є перепрограммируемой величиною.

При виникненні несправностей в системі управління навантаженням (наприклад, несправність в ланцюзі зворотного зв'язку FPS) в системі спрацює захист від перевантаження. В цьому випадку спрацює контакт "Engine overload" і відбудеться автоматичне зниження кроку гвинта за алгоритмом "Fast decrease 10% overload simulated".

Комбінаторне (спільне) управління

Функціональний перетворювач виробляє сигнал завдання кроку гвинта, який може бути визначений в контрольній точці 13. Рекомендована залежність напруги U13 в контрольній точці 13 від напруги U12 в контрольній точці 12 представлена лінією 1 на рис. 9. На малюнку також наведені осі відповідності напруги U13 шаговому відношенню гвинта H / D і положенню Нк допоміжного сервомотора ВС маслораспределительной коробки. Лінія 1 имеет характерные точки, приведенные в табл. 2.

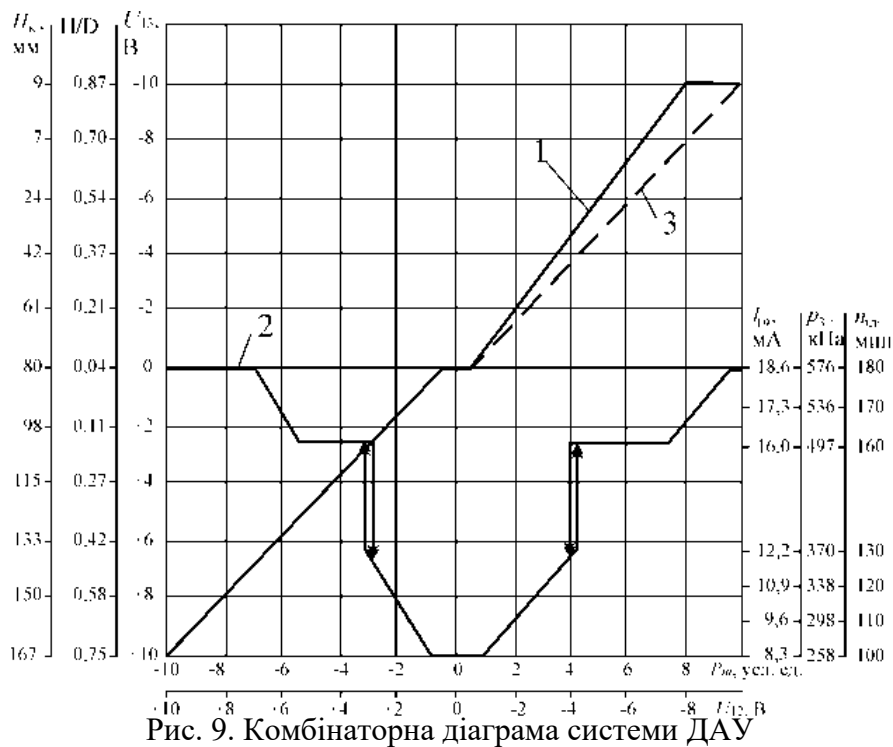
Функціональний перетворювач FG плати FV8 виробляє сигнал завдання частоти обертання ГД у вигляді струму в вихідний ланцюга. (Цей струм $1 \sqrt{9}$ може бути виміряний мільліамперметром). Його залежність від напруги U12 представлена лінією 2 на рис. 9. **Сукупність залежностей 1 і 2 отримала назву комбінаторної діаграми.**

Струм I19 подається в електропневматичний перетворювач I / P, який виробляє пневматичний сигнал завдання p на регулятор частоти обертання ГД. На рис. 9 наведені осі, що показують відповідність струму $1 \sqrt{9}$ сигналу завдання pz і частоті обертання ГД ц-д.

Для забезпечення режиму роботи ГД з фіксованою частотою обертання перемикач "Постійні обороти" на пульті містка встановлюється в положення "Вкл." При цьому електромагнітний клапан відключає перетворювач I / P і підключає пневматичний канал завдання регулятора частоти обертання до регульованого редукційне клапану, який повинен бути налаштований на вихідний тиск 576 кПа, відповідне номінальної частоті обертання ГД.

При відключенні обмежувача навантаження перемикачем "Обмеження навантаження ГД" потенціометр підстроювання кроку гвинта (на пульті містка) підключається до функціонального перетворювача БО і з його допомогою можна змінити крок гвинта, заданий комбінаторної діаграмою.

При установці перемикача "Місток - МО" в положення "МО" відключається функціональний перетворювач Бв і підключає функціональний перетворювач забезпечує лінійну залежність напруги u_{13} від напруги u_{12} . Залежність представлена на рис. 9 лінією 3, котра збігається з 1 при $u_{12} > 0$.



Обмежувач навантаження складається з датчика навантаження ДН, датчика частоти обертання ГД

Плата У4 містить функціональний перетворювач FG, який для кожного значення частоти обертання валу виробляє сигнал допустимого навантаження ГД. Цей сигнал подається на потенціометр обмеження навантаження на пульті МО, має шкалу 0 - 110%. На рис. 10 суцільна лінія показує залежність напруги і 6 в контрольній точці 6 від вхідної напруги перетворювача FG і 5 в контрольній точці 5 при установці потенціометра обмеження навантаження в положення 100% (на малюнку показані координати всіх точок перегину кривої).

На малюнку також наведені осі, що показують відповідність напруги і відносного ходу рейки паливних насосів h_p (Відносної навантаженості ГД) і напруги і - відносної частоти обертання дизеля n . При переміщенні потенціометра обмеження навантаження відбувається не паралельне, а пропорційне

зміщення кривої програмної залежності вгору-вниз. Для пояснення такого зміщення пунктирною лінією показаний вигляд кривої обмеження навантаження при установці потенціометра в положення 60%. Зсув кривої дозволяє оператору змінити допускається рівень навантаження ГД.

СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ РУЛЕВИМИМ ВСТВНОВЛЕННЯМ ROLLS – ROYCE

4.1. Загальні відомості

Система управління серії CS *Рулевой механизм – Tenfjord* (Steering Gear – Tenfjord) призначена для електрогідравлічних рулевих установок 3:1) Соленоїдними керованими клапанами; або

– 2) з реверсивними насосами.

У першому випадку система містить діючу насос з електричним приводом. Командні сигнали на кермо надходять на котушку одного з соленоїдів маневреного клапана, який направляє потік масла від відповідного насоса в камери актуатора. Кермо буде перекидатися в заданому сигналом напрямку. Після закінчення виконання завдання перекидачки буде виконано, клапан зафіксує положення керма.

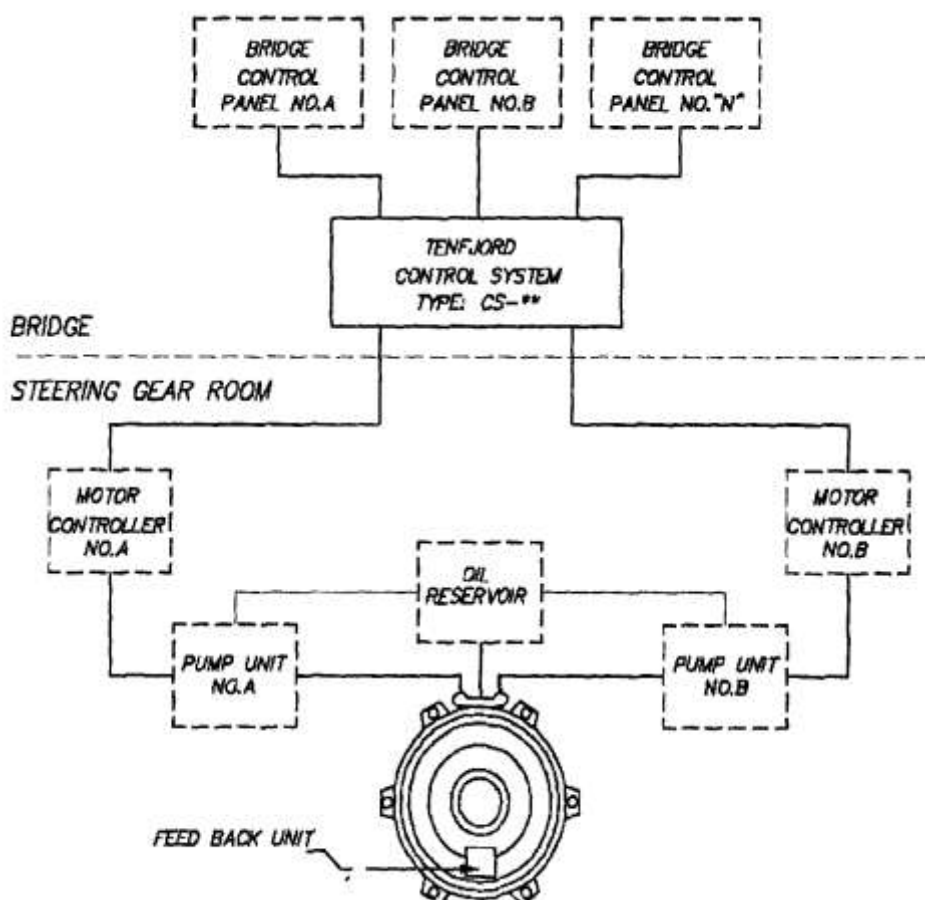


Рис 4.1 Схема системи управління рулевою установкою з соленоїдними клапанами

Актуатор зазвичай харчується двома незалежними насосними установками, кожна з яких приводиться в обертання електродвигуном. Контролер електродвигуна для кожної насосної установки має окреме живлення від електрощитів. Живлення системи

управління надходить від відповідного контролера електродвигуна. Таким чином, обидві системи розв'язані як електрично так і гідравлічно і несправність однієї не впливатиме на роботу іншого.

У другому випадку, при частотному управлінні насосами, система об'єднує корисні властивості реверсивності мотора гідравлічного насоса і частотного конвертора для управління швидкістю і напрямом подачі насоса, забезпечуючи плавний пуск і зупинку рулевої машини, а також точність системи управління. Силова установка містить реверсивний насос з гнучкою муфтою і електродвигуном, змонтованим зверху актуатора.

Для дистанційного керування насосами на панелі управління, рис. 4.2, є **start/stop** кнопки-лампи, що загоряються при натисканні відповідно зеленим / червоним світлом.

Якщо резервний (**stand-by**) насос запускається автоматично через аварію працюючого, то, перед тим як можливо буде зупинений аварійний насос, на містку сформується звуковий сигнал.

Для змінення між **високим (high)** и **низьким (low)** значенням кута перекладки керма є спеціальна функція **Вибір кута перекладки (Rudder angle selection)** рис. 4.3. Зазвичай ця функція інтерфейсно зв'язана з лагом (Log) для автоматичного вибору кута перекладки керма в залежності від швидкості судна. Оператор може **заблокувати (override)** дію лага, задав на пульті високий кут перекладки керма.

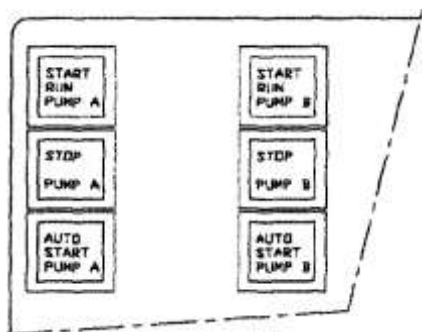


Рис. 4.2 Панель дистанційного управління насосами

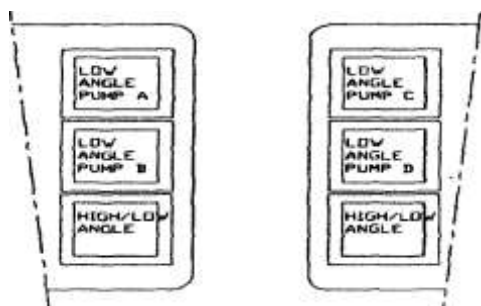


Рис. 4.3 Панель вибору кута перекладки керма

Для вибору **режиму (SYNC, INDP, PILOT, JOYSTIC, DP)** роботи **рульової установки (Steering mode)** є спеціальна функція **In command**, рис. 4.4.

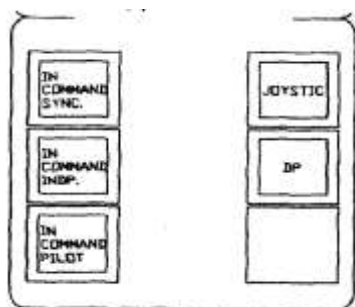


Рис. 4.4 Панель вибору режиму роботи рульової установки

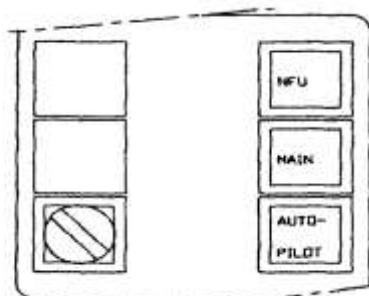
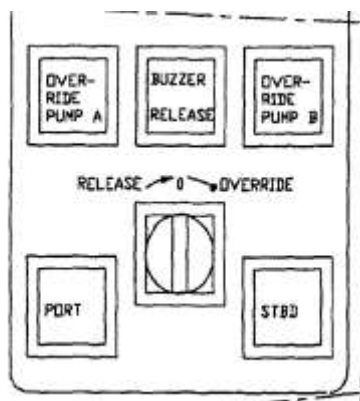


Рис. 4.5 Панель вибору виду управління

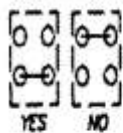


Для вибору виду управління (**NFU, MAIN, AUTO PILOT**) використовується селекторний перемикач, рис. 4.5

Для перманентного відключення всіх видів управління при виборі неслідящего (**NFU**) управління є спеціальні органи управління, рис. 4.6, а можливість завдання цієї функції здійснюється за допомогою перемичок, розташованих на друкованій платі, згідно зі схемою інструкції:

JUMPER DESCRIPTION.

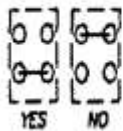
JP1 --> EXTERNAL OVERRIDE.



NORMALLY SET IN POSITION "YES" FOR APPLICATION WITH (2*ACTUATORS, 4*PUMPS).
ALL 4 PUMPS WILL BE SET TO POSITION "OVERRIDE" REGARDLESS OF WHICH
OF THE UNITS THAT IS ACTIVATED.

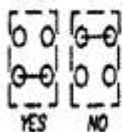
FOR APPLICATION WITH (1*ACTUATOR, 2*PUMPS) THE JUMPER SHALL BE SET TO POSITION "NO"

JP2 --> OVERRIDE LIGHT DIMMED.



NORMALLY SET TO POSITION "NO", OVERRIDE LIGHT NOT DIMMED.

JP3 --> BUZZER CONNECTED.



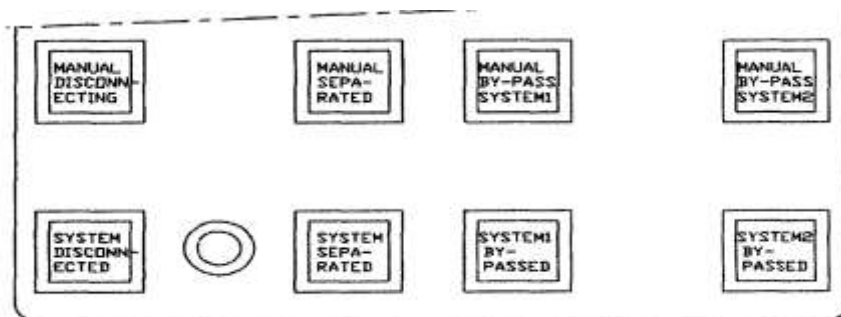
THE OVERRIDE FUNCTION CAN BE SUPPLIED WITH AN AUDIBLE ALARM.

Рис. 4.6
Панель
вибора
виду

керування

На панелі управління, рис. 4.7, також зазвичай встановлюються: 1) вимикач з індикацією для ручного відключення дистанційного управління з містка; 2) вимикач з індикацією для поділу двох гідравлічних систем; 3) вимикач з індикацією для гідравлічного байпаса обраної системи.

Рис. 4.7 Панель управління



Контролер стежить управління має поворотну рукоятку (або штурвал). Є також шкала для вибору необхідного кута перекладки керма. З рульової рукояткою пов'язаний прецизійний потенціометр для

передачі команд на кермо в систему управління. Для систем з двома рулями управління може бути синхронізовано або виконуватися незалежно, рис. 4.8:

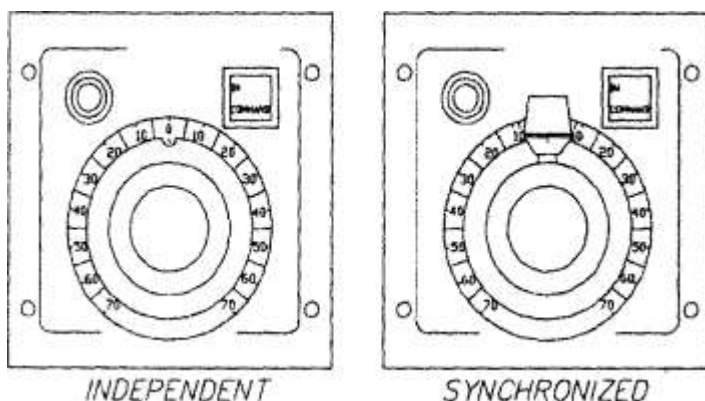
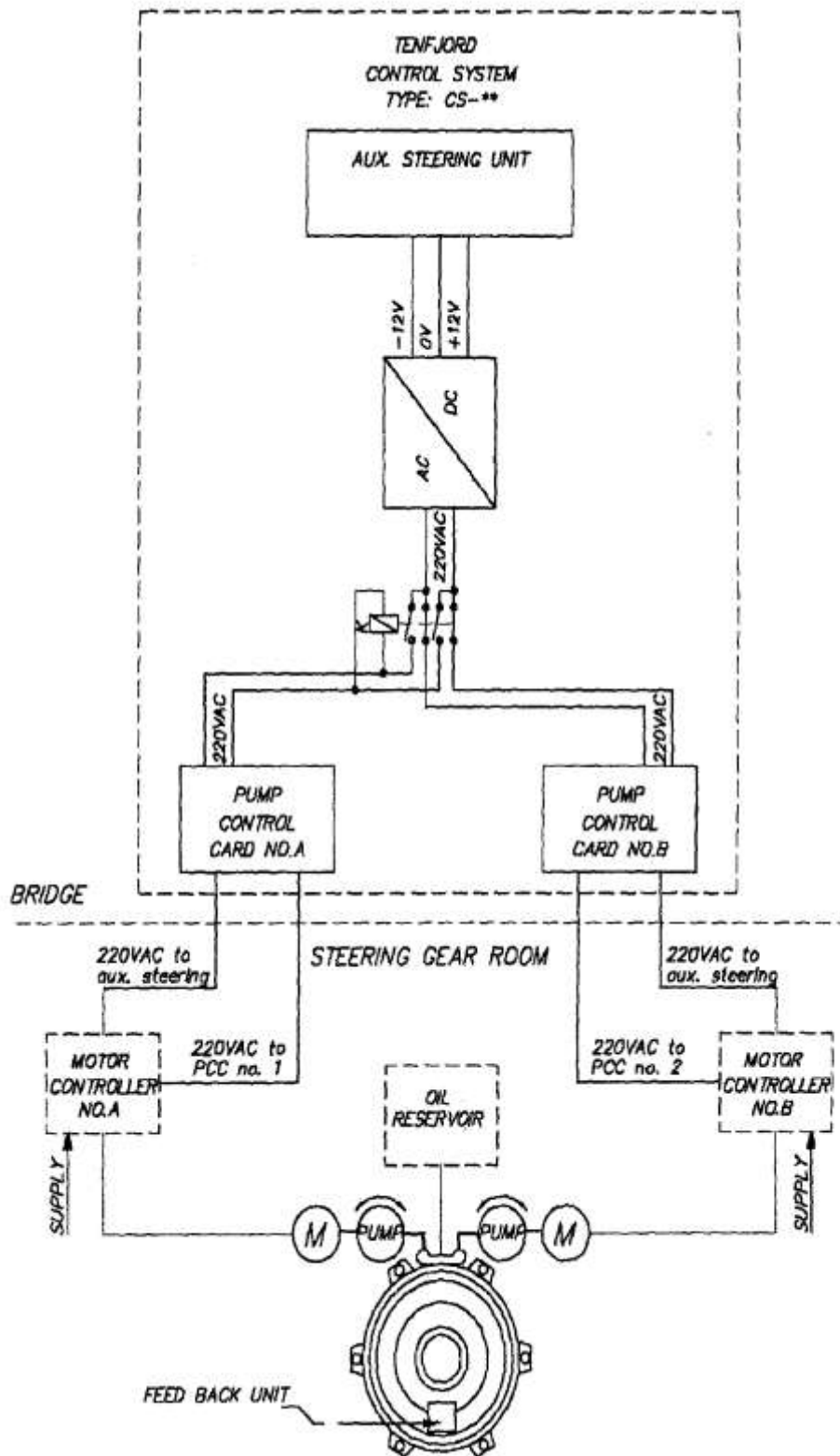


Рис. 4.8 Рукоятки незалежного і синхронізованого управління двома рулями

Контролер має можливість для регулювання передавального коефіцієнта. Кожна панель, як правило,

має один блок електронного підсвічування. Всі лампи за винятком аварійних мають функцію затемнення (dimming).



4.2.

Електроніка
системи
управління

Електронна
частина системи
управління
складається з
двох **Карт**

(функціональних блоків, модулів, друкованих плат). Карта управління насосом (**Pump control card**) (по одній на кожен насос), яка може бути використана як відособлена система, і **Карта управління рульовим пристроєм (Aux. Steering unit)** - (одна для обох насосів) для керування інтерфейсом за **слідящем (FU)** і **неслідящем (NFU)** управлінні. Узагальнена схема системи управління зображена на рис. 4.9.

Карта **Pump control card** виконує наступні функції: забезпечення інтерфейсу для неслідячого управління кермом; формування сигналів к / від контролера електродвигуна; формування сигналів старт / стоп для ланцюгів управління пуском і зупинкою рульового приводу; обробка сигналу від блоку аварійних сигналів та сигналів до зовнішнього обладнання (**port/stbd, pump run, supply on** і ін.); силове .

Рис. 4.9 Узагальнена схема системи управління

Карта Aux. Steering unit забезпечує: інтерфейс для макс. 24 видів управління (**max. 24 steering modes**), число яких визначається кількістю розміщених селекторних карт; вихід на обидві карти управління насосом; функцію «in command» панелі управління і зовнішнього обладнання; стежить FU управління. Блок розрахований на вхідне живлення 220В+/-20%, 50-60Гц з навантаженнями: світловий сигнал «in command» макс. 100мА; сигнал напрямки перекладки макс. 100мА, 24В і швидкості перекладки макс. +/-15мА; аварійний сигнал по положенню керма 0,5А, 24В; для зовнішнього обладнання - підтвердження сигналу «in command» 0,5А, 24В, сигналу блокування (**override**) 0,5А, 24В, сигналу вибору FU 0,5А і аналогового сигналу команди на кермо +/-15мА (+/-10В).

На малюнку 4.10 показана карта (модуль) управління насосом з поясненнями до світлодіодів LED і **перемичках (Jumper)**.

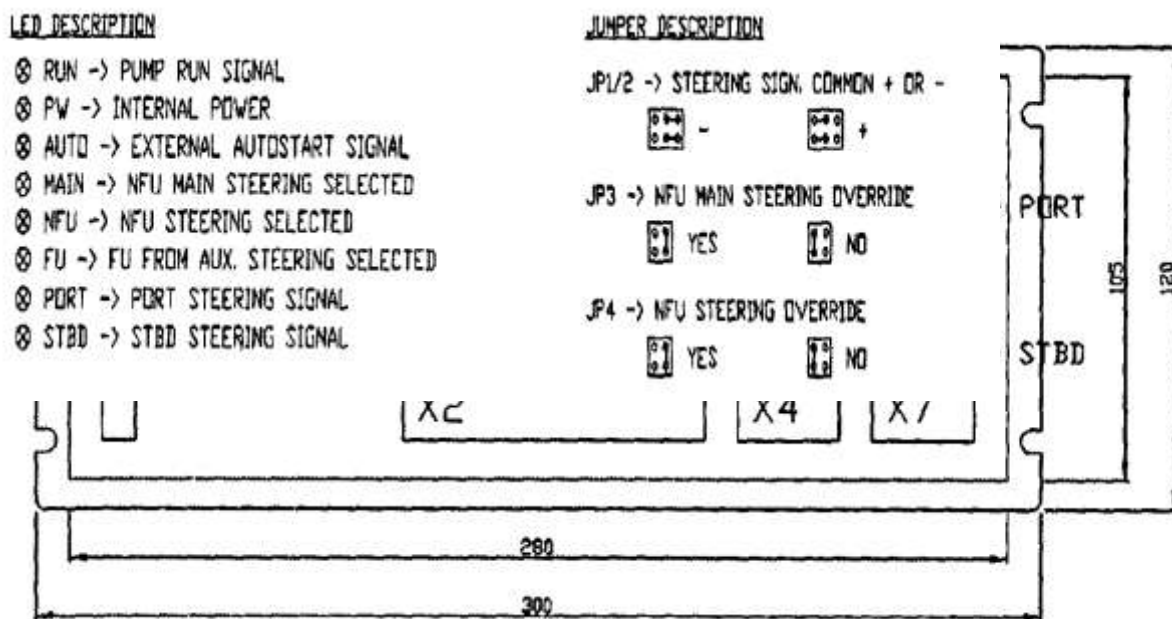


Рис. 4,10 Карта управління насосом

На рис. 4.11 показана плата Aux. Steering unit, яка містить селекторні карти (Selector cards), карту підсилювача (Amplifier card) і інтерфейсну карту.

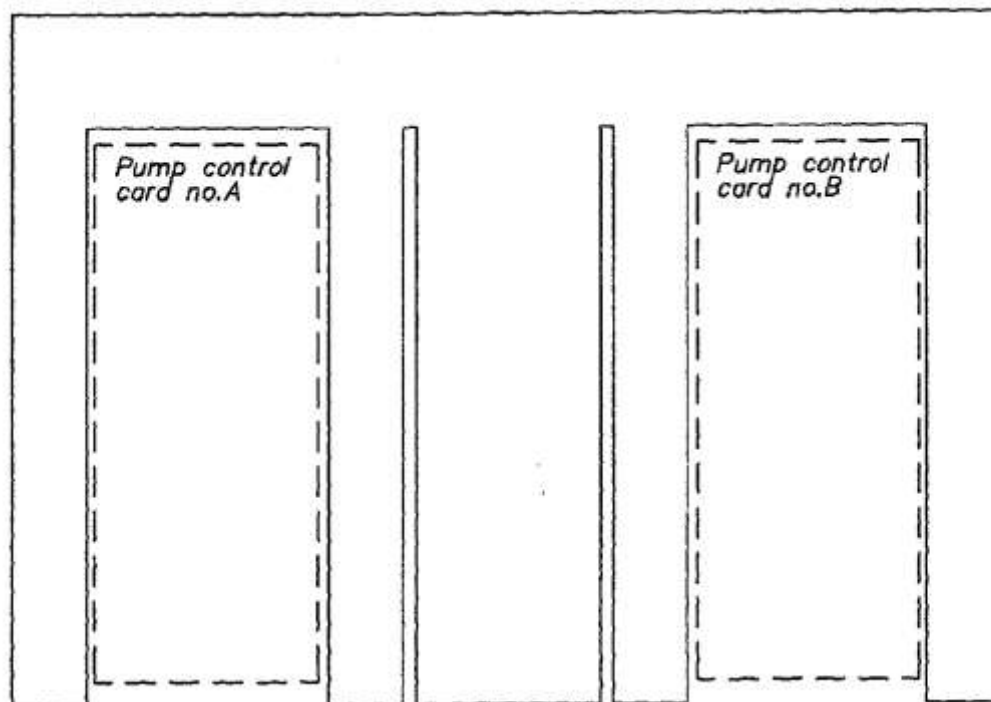
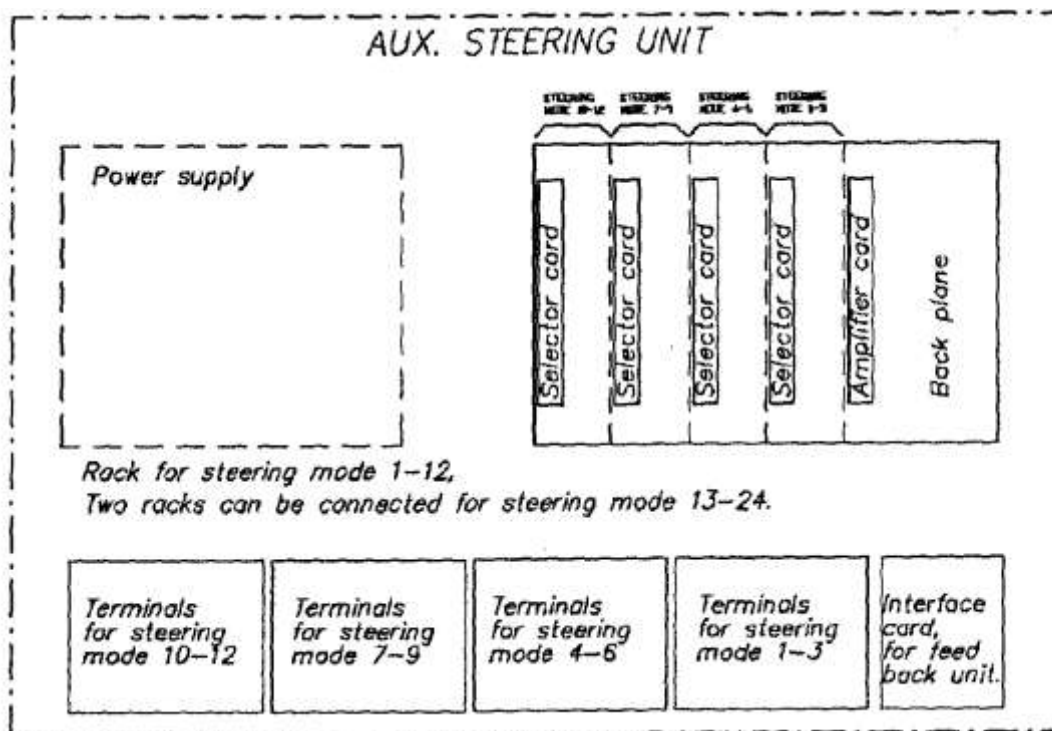
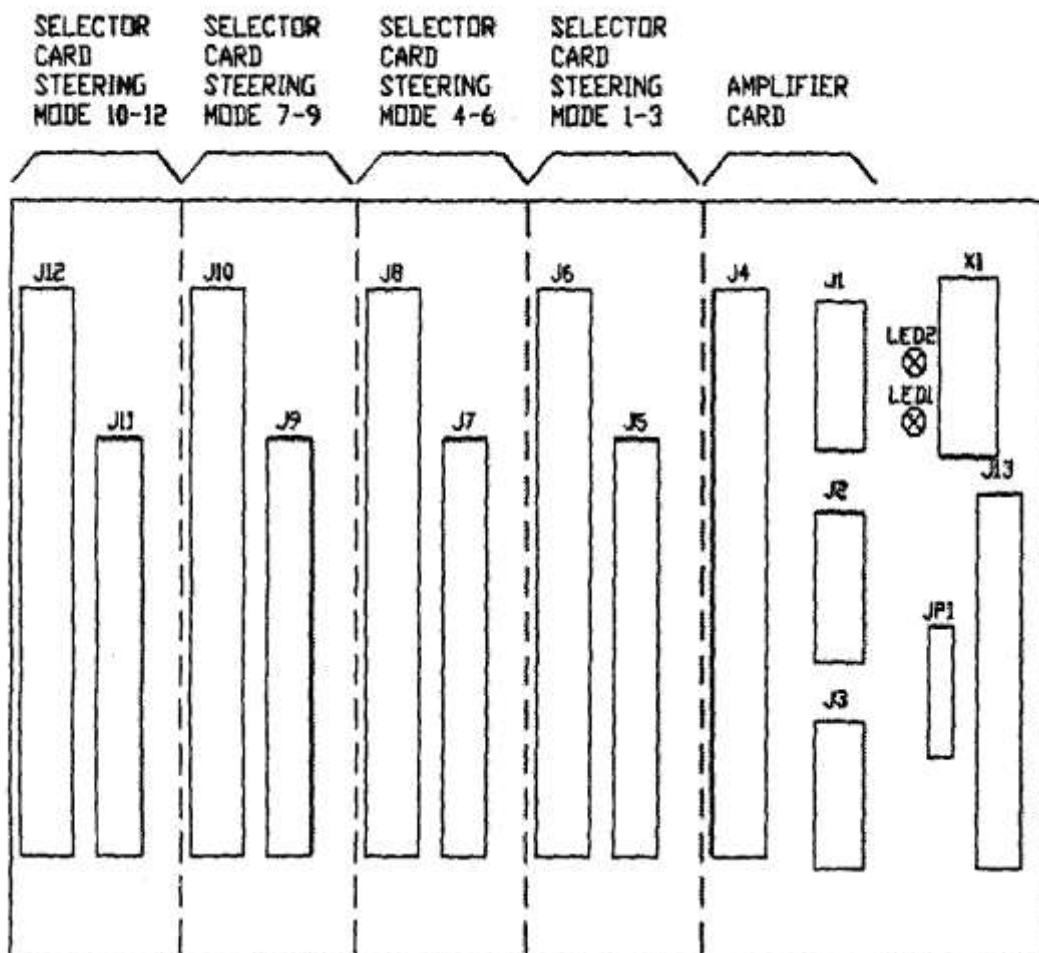


Рис. 4.11 Плата Aux. Steering unit

Кожна селекторная карта має три селекторних виду. Максимальне число селекторних карт, яке може бути встановлено на кожній об'єднавчій панелі (back plane) стають 4. Схема об'єднавчої панелі

і опис її компонентів мають вигляд, рис. 4.12:



LED DESCRIPTION

LED 1 -> +12VDC
LED 2 -> -12VDC

JUMPER DESCRIPTION

JP1 -> SELECTION BETWEEN STEERING MODE 1-12 OR 13-24. ONE BACK PLANE CAN HAVE MAX 12 STEERING MODES. TWO BACK PLANES CAN BE INTER-CONNECTED WITH CONNECTOR J13 TO MAKE 24 STEERING MODES.

CONNECTOR DESCRIPTION

J1 -> POWER SUPPLY / RESET ALL
J2 -> PUMP CONTROL CARD PUMP 1/3
J3 -> PUMP CONTROL CARD PUMP 2/4
J4 -> AMPLIFIER CARD
J5 -> EXTERNAL CONNECTION STEERING MODE 1-3
J6 -> SEL. CARD STEERING MODE 1-3
J7 -> EXTERNAL CONNECTION STEERING MODE 4-6
J8 -> SEL. CARD STEERING MODE 4-6
J9 -> EXTERNAL CONNECTION STEERING MODE 7-9
J10 -> SEL. CARD STEERING MODE 7-9
J11 -> EXTERNAL CONNECTION STEERING MODE 10-12
J12 -> SEL. CARD STEERING MODE 10-12

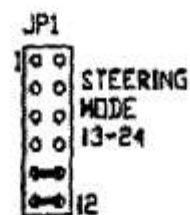
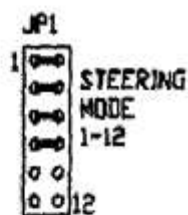
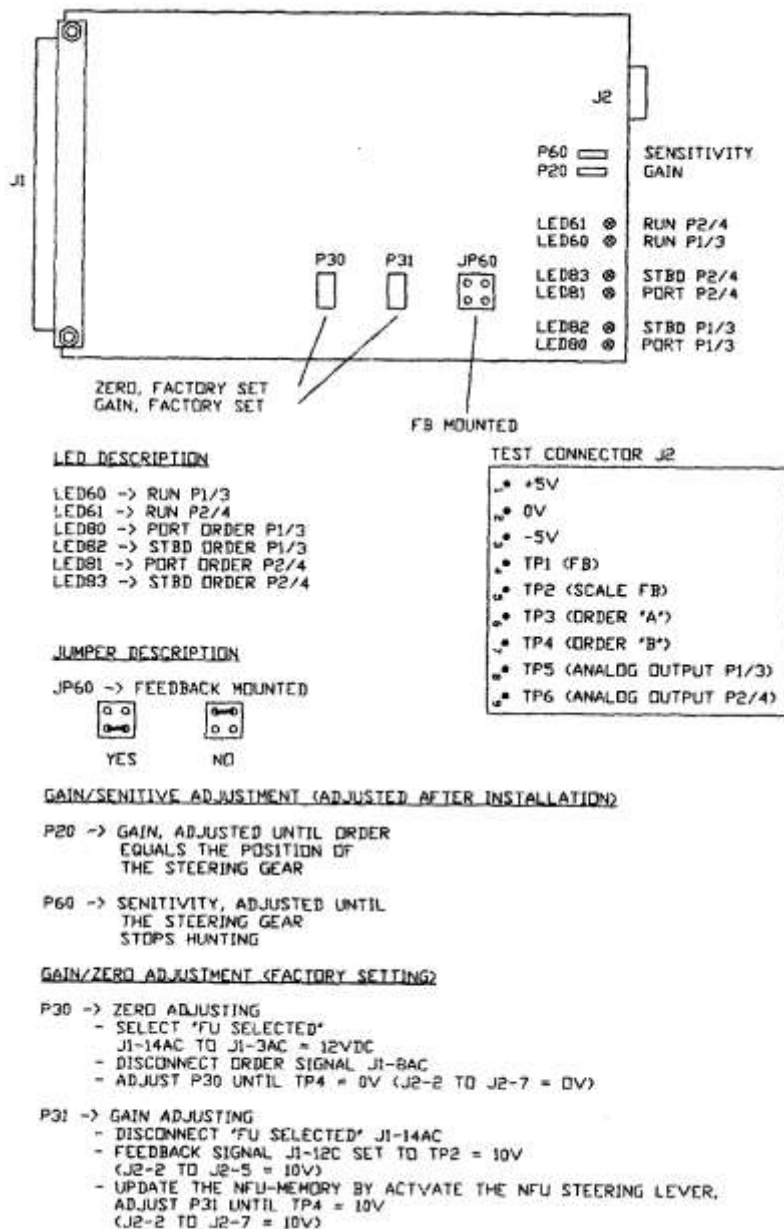


Рис. 4.12 Схема об'єднавчої панелі і опис її компонентів

До функцій об'єднавчої панелі (Back plane) відносять: внутрішня проводка для блоку Aux. Steering unit; інтерфейс для двох карт управління



насосами; з'єднання з 4 селекторними картами, включаючи сигнал «in command» і сигнал від керма з панелі управління або зовнішнього обладнання. Обидва блоки можуть бути підключені до інтерфейсу 8-ми селекторних карт. Кожна селекторна карта має три видами управління рульової установкою (steering modes), що складе максимальне число steering modes 24; підключення до підсилювальної карти; розподіл внутрішнього силового живлення; формування сигналу несправності живлення блоку Aux. Steering unit для блоку алармов; підключення до інтерфейсної мапи Interface Card.

Селекторна карта **Selector Card** має наступні функції: інтерфейс для трьох видів управління **NFU, FU or FU-EXT**; сигнал "in command" і індикацію к/от панелі управління. Эта функция применяется для выбора

бажаного виду **steering mode**; захисту від короткого замикання сигналу "in command"; сигнал "in command" до зовнішнього обладнання. При стежить FU вигляді управління і натисканні кнопки "in command" система зажадає відповідності сигналу команди на кермо і положення керма до початку виконання подальших дій. В іншому випадку буде блимати сигнальна лампа "in command", показуючи, що оператор повинен усунути невідповідність протягом 6 -7 секунд. Як тільки рульової пост прийде в дію, ламп

Судно з двома кермами зазвичай має 4 насосних агрегату. У цьому випадку будуть використовуватися два модуля Aux. Steering unit. При цьому функція "in command" для однієї з систем конфігурується як "master", а для іншої "slave".

Підсилювальна карта (модуль) Amplifier card, рис. 4.13 має наступні функції: вхід сигналу керма від селекторних карт; живлення +/-5В для сигналу команди на кермо та блоку зворотного зв'язку; вихід рового сигналу до двох карт управління насосами; стежить управління керм FU; тест коннектор.

На карті підсилювача виконують заводські регулювання пам'яті P30 (установка нуля) и P31 (регулювання коефіцієнта), а також системні регулювання P20 (передавальний коефіцієнт) і P60 (чутливість) після інсталяції. Наприклад, нульова РБО регулювання виконується наступним чином: вибирають вид управління FU без

підключеного сигналу на кермо, потім регулюють РБО ($J2-2$ to $J2-7 = 0V$) до тих пір, поки сигнал команди FU на кермо не стане рівним 0В (з похибкою $\pm 1mV$).

ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДВИГУНАМИ ЗУЛЬЦЕР RT-FLEX

1. Загальні відомості і характеристики RT-flex

1.1. Концепція RT-flex

Концепція RT-flex була применена к застасовано до безкулачкової технології Sjlzer RTX-3, що відрізняється простотою, надійністю, гнучкістю. Перше покоління дизельного двигуна Зульцера з електроуправлінням з 1981 року Це система упрскорення палива типу SUSIG mark 1, що є спільною роробкою фірм Зульцер і шведської Industriegesellschaft SIG.

Система сумісна з RTA-двигуном щодо установки в машинному відділені і судових операцій. Це означає, що головні параметри життєво важливі вузли (паливні форсунки або вихлопні клапана на RT-flex) та інтерфейс двигуна RT-flex ідентичні з RTA.

Основна відмінність в тому, що клапана паливного впорскування і вихлопні клапана **активуються через електронний керований актуатор по кожному циліндру, що дає повністю гнучкий алгоритм на відкриття і закриття клапана**. Актуатори наводяться в дію тиском гідравліки від вторинного мані-фольда **200 бар**, що забезпечується олійними сервоприводами високого тиску, що приводяться від таких же редукторних механізмів (**gear drive**) (ГИА драйв)

як і паливні насоси. Обидва приводу вихлопного клапана і загальної магістралі уприскування управляються швидкодіючими соленоїдними клапанами **Sulzer Rail Valve (Зульцер Рейльо велв)** LP-1.

Система пускового повітря двигуна RT-flex управляється так само електронною системою управління WECS-9500, або WECS-9520. Розподіл пускового повітря по циліндрах в часі управляється окремими соленоїдними клапанами замість звичайних механічних розподільників повітря.

Манифольд - Система трубопроводів, з'єднаних за певною схемою і забезпечених необхідною арматурою (включає лінії дроселювання і глушіння, конструктивно виконаних у вигляді блоків, з'єднаних з превенторним блоком ОП магістральними лініями)

1.2. Переваги RT-flex

RT-flex своєю концепцією магістралі дають великі можливості управління уприскування палива **«common rail fuel injection» (комон рейл фьюэл инджекшн)** для великих дизельних двигунів.

Звичайні, не "common rail", системи мають обмежену можливість по створенню тиску, і по регулюванню часу (таймінг) в інжекційних насосі. На протигагу цьому **Sulzer Common Rail** розділяє функції і дає значно більшу гнучкість. **Три інжекторних паливних клапана в кришках циліндрів** управляються незалежно, тому можуть програмуватися на окреме уавління або, якщо треба, то в унісон. Характер паливного впорскування може варіюватися окремими паливним клапанами, оримаючи по черзі, потріний (**triple injection**) (трипл инджекшн) або попереджувий (**preinjection**) (приинджекшн) уприскування

У той же самий час тиск упорскування може вільно вибиратися в межах до 1000 bar і вище на всіх ліапазонах навантаження. У комбінапії з різними варіантами впорскування пе забезпечує можливість оптимізації роботи двигуна по різним цільовим функціям. наприклад. для зниження емісії випускних газів. поб відповідати вимогам ринку, або для поліпшення паливного ККД на неоптимальних навантаженнях.

Однією з ключових завдань була розробка системної магістралі SCR, призначеної для роботи на важкому паливі. Система призначена для роботи на однакових градаціях важкого палива з в'язкістю до 750cSt при 50 °C (що вже є стандартом для двигунів RTA).

Волюметричний паливне уприскування (примусового уприскування палива за допомогою форсунок у впускний колектор або в циліндр) - крок вперед

Кількість палива, що впорскується із загальної магістралі в кожен циліндр визначається тривалістю за часом електронного сигналу, який надходить на кожну форсунку.

Наявність допусків виробника, похибки в механічних регулювань і «не нове» (not-as new) стан після деякого часу експлуатації, призводить до того, що чинне кількість палива, що впорскується по кожному циліндру двигуна є кілька різних. Довжина паливних труб високого тиску і великі гідравлічні обсяги на низькошвидкісних двигунах ще більш збільшують це небажане явище. На відміну від всіх інших систем із загальною магістраллю **Sulzer Common Rail** забезпечує пвне волюметричне управління палива **шляхом контролю замкненого контура (closed-loop)**.

Це забезпечує абсолютно однакову кількість палива, що уприскується в кожний циліндр і завдяки цьому чудове розподіл навантаження по всьому двигуну.

Зальний вигляд двигуна:

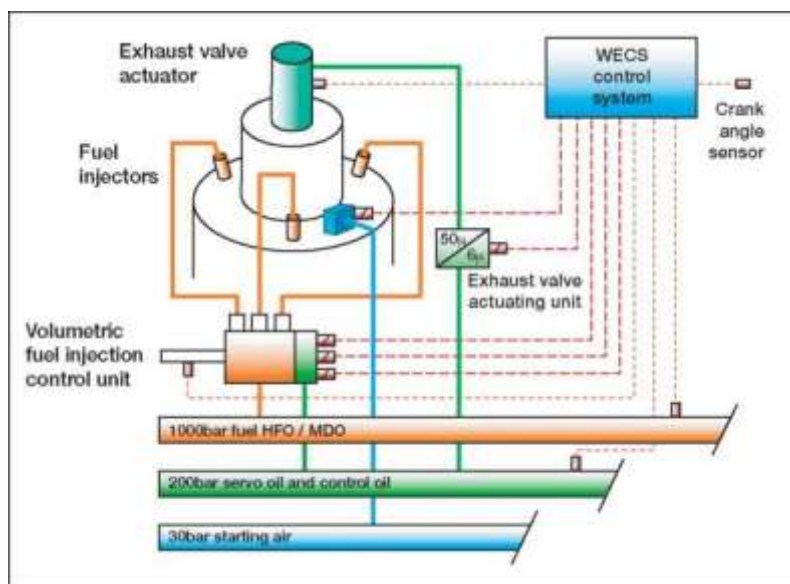


Рис.2.1. Схема загальної магістралі Sulzer Common Rail

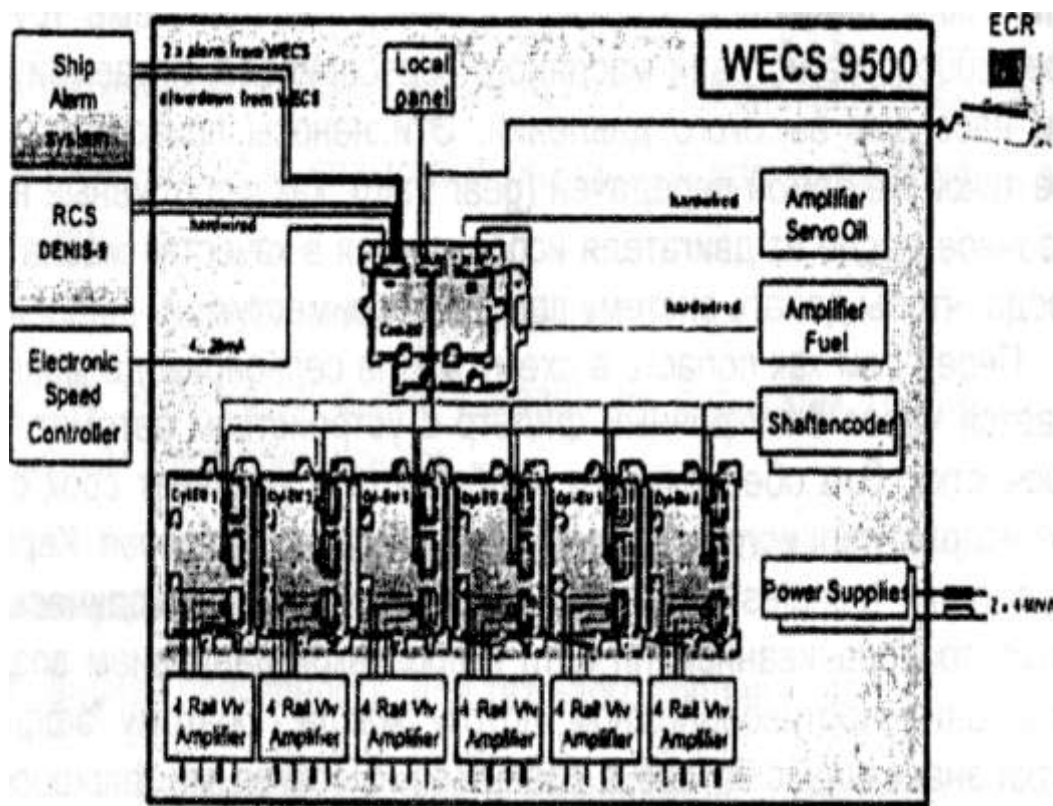
1.3. Система масляного сервоприводу і механізму випускного клапана

Конструкція і робота вихлопного клапана за допомогою гідравлічного штовхача «*hydraulic pushrod*» (гидролик пушрод) багато чим однакові з двигунами RTA. Вихлопний клапан, сумісний як з RTA, так і з RT-flex. Масляна трубка, що йде на клапан, живиться від звичайної системи лубрикаторного масла двигуна. Однак замість того, щоб приводитися в дію від кулачка, клапанний механізм управляється через проміжний блок виконавчими механізми керованого електронного актуатора.

Два редантантних (зарезервованих) датчики інформують систему управління WECS9500 про поточний стан випускного клапана. Блок виконавчого механізму приводиться в дію гідравлічним тиском вторинного маніфольда(системи трубопроводів) 200 bar магістралі масляного сервоприводу, живляться олійними насосами високого тиску. Ці напори вводяться в

дію такої самої передачі (**gear train**) (**гня трейн**), як і паливні насоси. Мастило з двигуна використовується в якості масла сервоприводу, щоб робить систему постою і сумісною.

Перед тим як потрапити в схему сервоприводу масло пропускається через 6-мікрон фільтр з пристроєм автоматичного самоочищення. Це забезпечує надійність і подовжує термін служби вузлів виконавчого актуатора і соленоїдних клапанів.



Актуатор (виконавчий механізм) вихлопного клапана обраний так, щоб забезпечувати оптимальну швидкість відкриття і демпферні властивості. Повний електронне управління роботою вихлопного клапана в поєднанні зі змінним до 200 bar тиском масляного сервоприводу забезпечує високу ступінь гнучкості для зміни конфігурації (**patterns**) (**петенс**) откривання и закрытия.

Таким чином, процес продувки (**scavenging**) (**скевенджинг**) двигуна може варіюватися не тільки кількістю свіжого повітря в циліндрі, а й компресійним тиском. У комбінації з гнучкістю системи упорскування це дозволяє оптимізувати роботу двигуна, і поліпшити його роботу на всіх навантаженнях.

Найважливішим новим елементом є бистродіючий соленоїдний клапан **Sulzer Rail Valve**. Він сконструйований так, щоб використовуватися в загальній магістралі і в чинному механізмі випускного клапана). Вбудована функція контролю безперервно перевіряє його належну роботу. Екстремально короткий час включення \ відключення забезпечує гнучкість для оптимізації таймінгу впускних і випускних клапанів відповідно до необхідності при різних навантаженнях двигуна.

Система управління Sulzer Common Rail типа WECS 9500

Найважливіше завдання електронної системи WECS-9500 - це забезпечення її сумісності з існуючими автоматичними структурами двигунів. Тобто - використання:

- існування електронних контролерів;
- систем Аларма;
- а також систем дистанційного управління Denis concept.

Фактично, з функціональної точки зору, система WECS9500 заміщує (*replaces*) використаний механізм (actuator) контролера швидкості, паливні важільні з'єднання (*fuel linkage*) та розподільник пускового повітря.

Система містить все програмне забезпечення, необхідне для управління та оптимізації Sulzer Common Rail.

Системи управління RT-flex

Комплектація систем управління для двигунів RT-flex залежить від модифікації базової системи управління двигуном типу WECS, більш ранньої WECS 9500 і подальшої WECS 9520.

Комплектації базової системи WECS 9500

До двигуна RT-flex надаються різні системи управління:

- | | |
|------------------------------------|-----------------|
| - Система управління двигуном | WECS- 9500 |
| - Система дистанційного управління | частина DENIS-9 |
| - Система безпеки | частина DENIS-9 |
| - Система сигналізації (АПС) | частина DENIS-9 |
| - Регулятор швидкості | частина DENIS-9 |

Частина WECS- 9500 змонтована на двигуні.

Компоненти DENIS-9 розміщені в основному в посту управління.

1 Система управління двигуном WECS- 9500

Виробитель WARTSILA Швейцарія.

Можна сказати, що системи WECS є електронною заміною звичайного розподільника пускового повітря. Вони забезпечують:

- регулювання моменту початку і тривалості уприскування палива по циліндрах
- регулювання часу відкриття випускних клапанів.
- регулювання відкриття пускових клапанів включаючи управління головним пусковим клапаном.

Модулі контролера змонтовані прямо на двигуні. Їх комутація здійснюється через шину CAN-bus.

Операторський інтерфейс, WECS-Assistant, знаходиться в посту управління для моніторингу сигналізації, вибірки даних процесу і параметрів.

2 Система дистанційного управління. (RCS-Remote Control System)

Схваленими постачальниками системи є KMSS, NABCO, SAM, ABB, SIEMENS.

Функції відповідають специфікації інтерфейсу DENIS-9.

Система дистанційного керування обробляє: команди телеграфу швидкості і програму навантаження (load program) на регулятор, напрямок обертання коленвала ГД, пускові операції, команду «стоп» на систему WECS.

3 Система безпеки (Safety System)

Функції специфіковані до інтерфейсу DENIS-9.

Система обробляє всі команди на зупинку і зниження оборотів, включаючи сигнали, що надходять від системи WECS- 9500 і системи сигналізації АПС. Система безпеки є незалежною від системи дистанційного керування.

Всі сигнали від системи безпеки є «жорсткими», тобто запрограмованими в процесі виготовлення системи.

4 Регулятор швидкості- повинен бути схалений будь-яким посилом системи ДУ

Продукція регулятора ідентична як для RTA, так і для RT-flex. У специфікацію функцій, відповідних інтерфейсу DENIS-9 входять: отримання команд швидкості від телеграфу, формування паливних команд для системи WECS (4 ... 20 мА), обмежувачі для паливних команд.

Апаратура WECS-9500

Апаратура розділена на дві групи електронних блоків EU (electronic units) під назвою COM-EU і CYL- EU.

Загальні функції, такі як, управління тиском в магістралях, управління головним клапаном пускового повітря, інтерфейс до системи ДУ, управління проходженням сигнальної шини та внутрішній моніторинг системи WECS-9500 виконується в

COM-EU (1 на двигун) містить:

- 2 главных модуля контроллера MCM (main controller modules)
- 1 адаптерный ASM модуль селектора (adapter selector modul ASM)
- 1 межсетевой интерфейс (gateway) как интерфейс к W9A.

Модуль ASM автоматически выбирает главный MCM (master MCM).

У разі будь-якої несправності під час інсталяції або роботи, він автоматично перемикається на резервний MCM (standby MCM).

Спеціальні циліндрові функції, такі як, регулювання часу пуску, уприскування палива і відкриття випускного клапана, а також управління **VIT** (Variable Injection Timing), **VEC** (Variable Exhaust Valve Closing), **VEO** (Variable Exhaust Valve Opening) (нова) вконуються модулями CYL- EU.

Кожен модуль **CYL - EU** (1 на циліндр) містить:

- 1 модуль циліндрового контроллера (CCM - Cylinder Controller Module), який обробляє дані по циліндрах, зв'язується з MCM і виконує програму, що зберігається в пам'яті системи WECS.
- 1 модуль пристрою управління клапанами (VDM - Valve Driver Module), який поставляє електричний сигнал, необхідний для швидкого спрацьовування магістральних клапанів (підсилювальний модуль).

Блок - схема системи WECS-9500

Модулі COM-EU і CYL-EU комутують через шини CAN1,2. Модуль WECS Assistant комутує з шиною CANBUS A через буфер Gateway до шини CANbus1.

Модуль COM-EU стикується зовнішніми системами, управляючі палив-ні актуатори і масляні насоси.

Модуль ASM зчитує дані по куту колінчастого вала з ші-ни SSI-bus1.

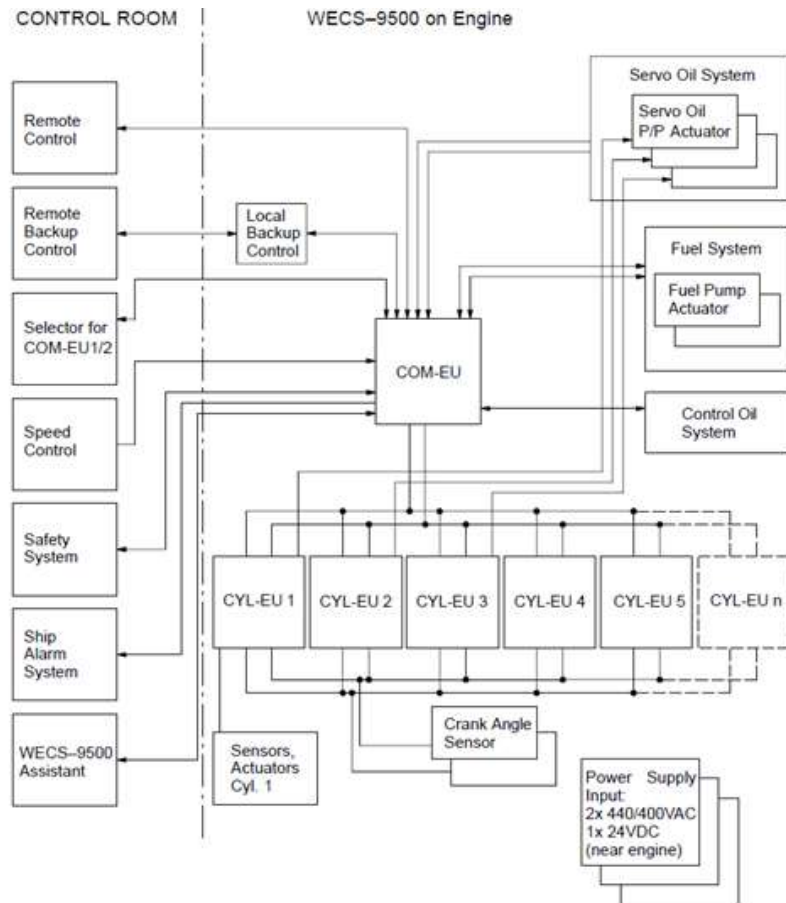


Рис. 2.33 Блок-схема системи WECS-9500

Разом з тим спеціальні циліндрові функції модулів CYL EU обробляють сигнали по куту колінчастого вала, що надходять через шину SSI і управляють олійними насосами сервоприводу.

Живлення на систему WECS надходить від зовнішніх розподільних щитів E85.1-3.

Функціональна схема модуля COM-EU

Блок ASM визначає який модуль MCM є головним, тобто MASTER COM-EU і пов'язує його вихідні сигнали з периферійною системою. Кожен модуль MCM доносить свої статки до модулю ASM.

У приміщенні поста управління є селекторний перемикач для ручного перемикання між MCM1 і MCM2. Кожен MCM має в наявності власний пусковий соленоїдний клапан управління автоматичним пусковим клапаном.

COMMON ELECTRONIC UNIT (COM-EU)

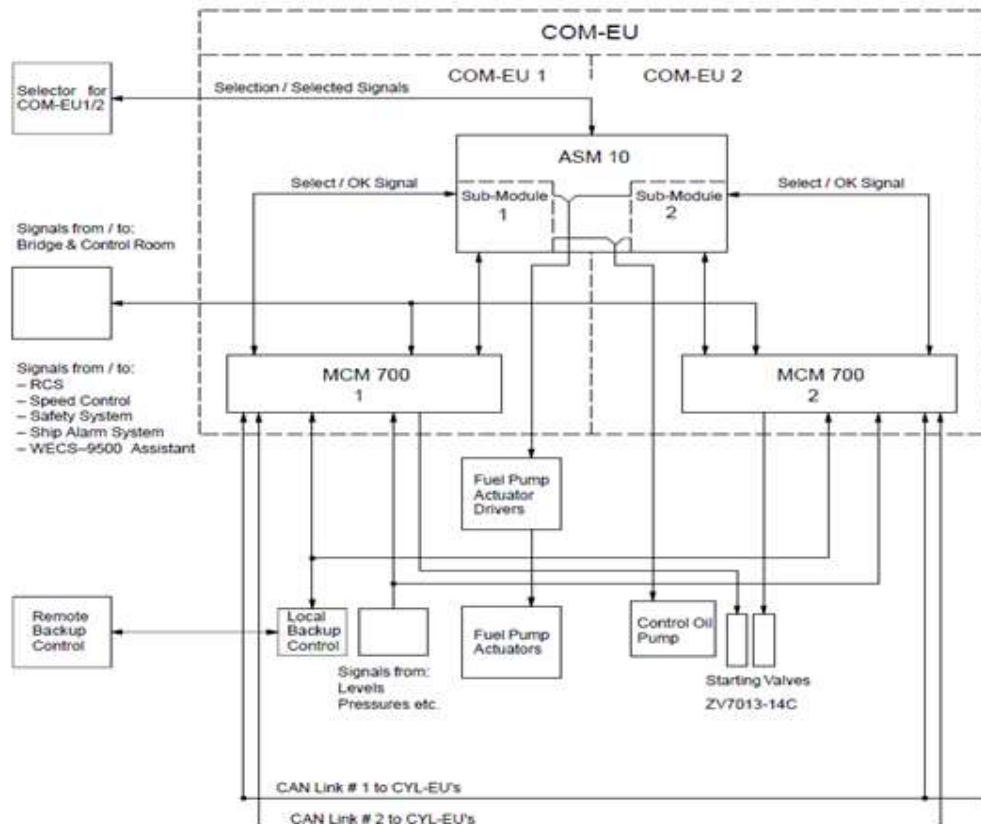


Рис 2.34 Функціональна схема модуля COM-EU

Функціональна схема електронного блока CYL-EU

З метою резервування дві такі функції, колишні раніше загальними, а не спеціальними циліндровими функціями, упорався модулем CCM:

- CCM зчитують і обробляють інформацію по куту вала в спеці-альному модулі обробки часу TPU. Обидва TPU в блоках CCM # 1 та # 2 керують шиною SSI (BUS-MASTER).
- кожен насос (DYNEX) масла сервоприводу керується своїм модулем CCM шляхом подачі імпульсу шириною, модульованою схемою PWM, на керуючі клапана блоку насосного актуатора.

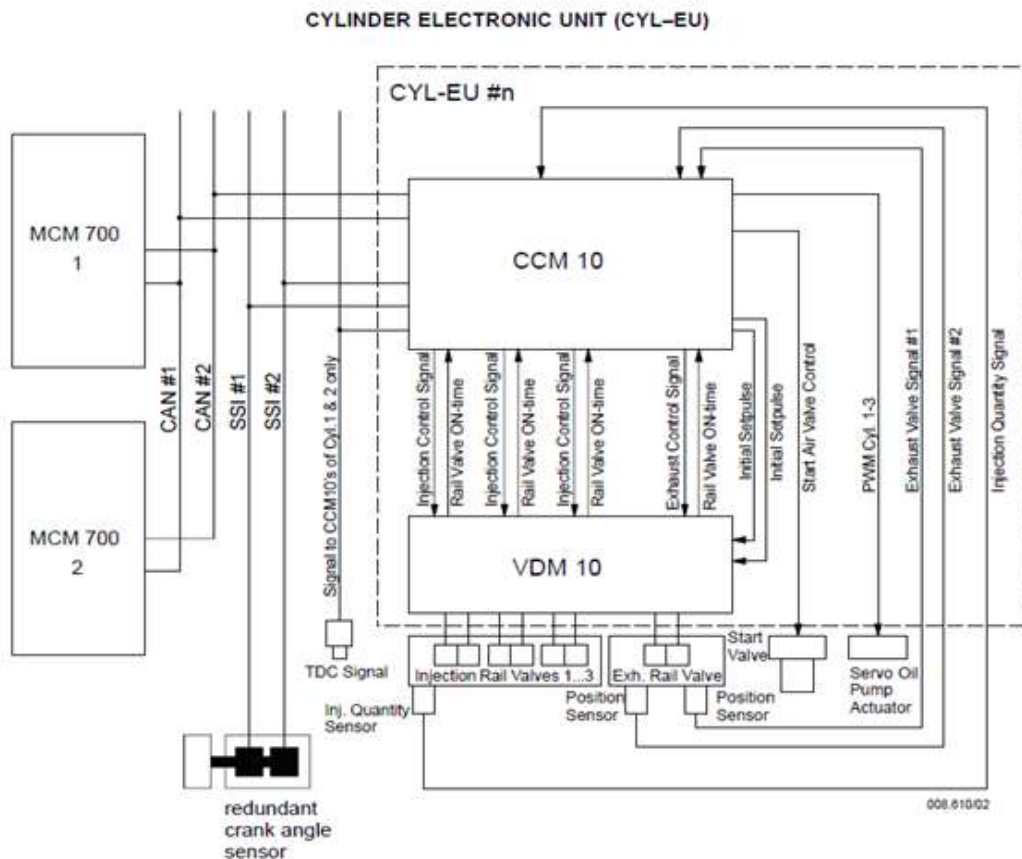


Рис. 2.35 Функціональна схема електронного блоку CYL-EU

Треба відзначити, що до 2005 року двигуни Зульцер RT- flex оснащувалися системою електронного управління WECS-9500, після вона була замінена на WECS-952Q. Нова система забезпечує більш надійний зв'язок з автоматикою судна і легше в монтажі. Функціональність WECS-9520 така ж, як і у попередньої системи.

Управління впорском - Volumetric Injection Control

Кожен модуль ССМ розраховує для свого циліндра необхідний час уприскування, шляхом обробки сигналу за кутом повороту колінчастого вала і команди на уприскування палива, що надходить з модуля МСМ.

Нормальна робота

За кілька градусів до того, як поршень досягне верхньої мертвої точки (ВМТ), модуль ССМ (FCM) розраховує точний кут початку впорскування, беручи до уваги **VIT (Variable Injection Timing)** і **FQS (Fuel Quantity Setting)**.

Далі додається час нечутливості, щоб компенсувати тимчасову різницю між командою впорскування від системи управління і початок реального уприскування. Час нечутливості вимірюється протягом часу уприскування шляхом порівняння часу, пройденого між командою припинення впорскування і початком зчитування з датчика кількості подачі палива. Датчик кількості палива використовується також для зворотного зв'язку за величиною палива, що впорскується, яка порівнюється з командою подачі палива від регулятора. Початок уприскування і кінець розраховуються модулем **CCM (Cylinder Controller Module)** і реалізується через модуль **VDM (valve deliver module)**.

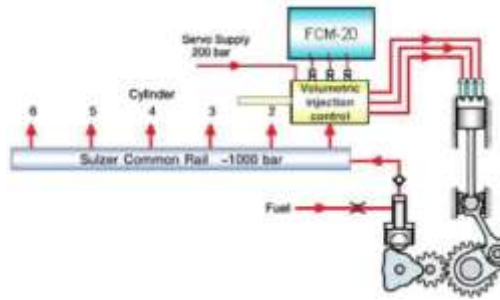


Рис. 2.36 Схема системи управління уприскуванням

Схема блока уприскування палива

Коли магістральні клапана (**rail valves**) переключаються на уприскування, масло управління перемикає клапана управління уприскуванням (**injection control valves 3.41**), рис. 2.37, і паливо з ємності «Р» через ці клапана, надходить до форсунок (fuel nozzles).

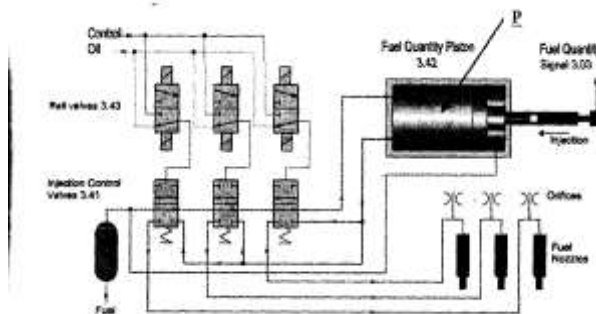
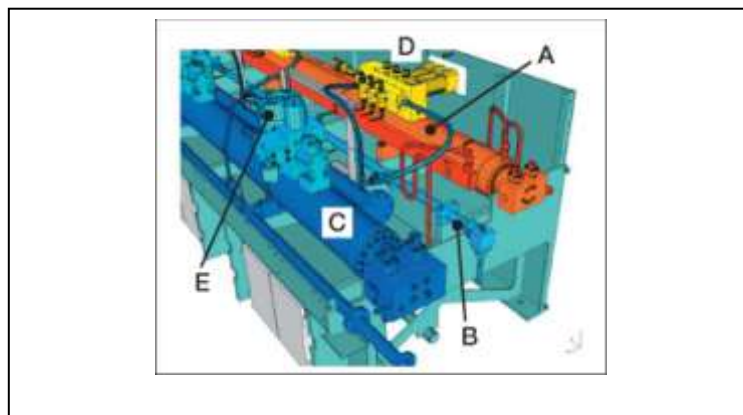


Рис. 2.37 Схема блока впрыска топлива



На малюнку 9 зліва: Тh-подібний креслення внутрішньої частини рейковий блок для двигуна RT-fl ex96C, що показує: паливний рейок (A), керуюча масляна рейка (B) і сервомашіна (C) з блоками управління для впрыскування (D) і вихлопними газами (E) зверху їх відповідних рейок. Інші труби колектора передбачені для повернення масла, виток палива, повернення і подачі масла в систему для випускного клапана диски.

Протягом уприскування поршень (fuel quantity piston) переміщається всередині циліндра «Р» і формує аналоговий сигнал зворотного зв'язку за кількістю палива, що впорскується, що надходить в модуль ССМ, який робить порівняння цієї величини з необхідною кількістю.

Як тільки задану кількість палива буде впорснути, модуль ССМ через модуль VDM перемкне магістральні клапана в початкове положення. Негайно клапана управління уприскуванням перекриють надходження палива з циліндра «Р» до форсунок. Паливо з паливної магістралі почне заповнювати циліндр «Р», і поршень завдання кількості палива повернеться в початкове положення.

.....

Робота на малих навантаженнях

На малих навантаженнях двигуна система WECS-9500 **перекриває** один з трьох клапаноів уприскування на кожному циліндрі.

При **дуже малих** навантаженнях **перекриваються** два з трьох клапанів уприскування. Це використовується, щоб уникнути суттєвої димної емісії, зниження до мінімальних оборотів ГД і скорочення витрати палива. Найнижчі обороти складають близько 12% від номінальних.

Уприскування через одну форсунку заданої кількості палива здійснюється **довше**, ніж через 2 форсунки. Це **збільшення часу уприскування дозволяє підтримувати більш постійний тиск упорскування**, що покращує розпил і, як наслідок, знижує витрату палива і димність вихлопу.

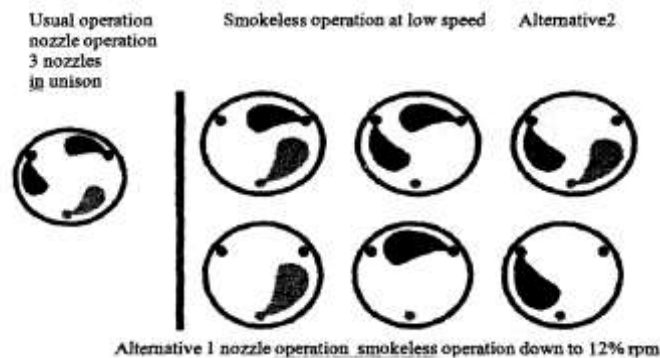


Рис. 2.38 Робота форсунок на малих навантаженнях

Управління пусковими клапанами

Відкриття та закриття пускових керуючих клапанів 2.07 управляється відповідними CYL-EU в залежності від кута повороту колінчастого вала.

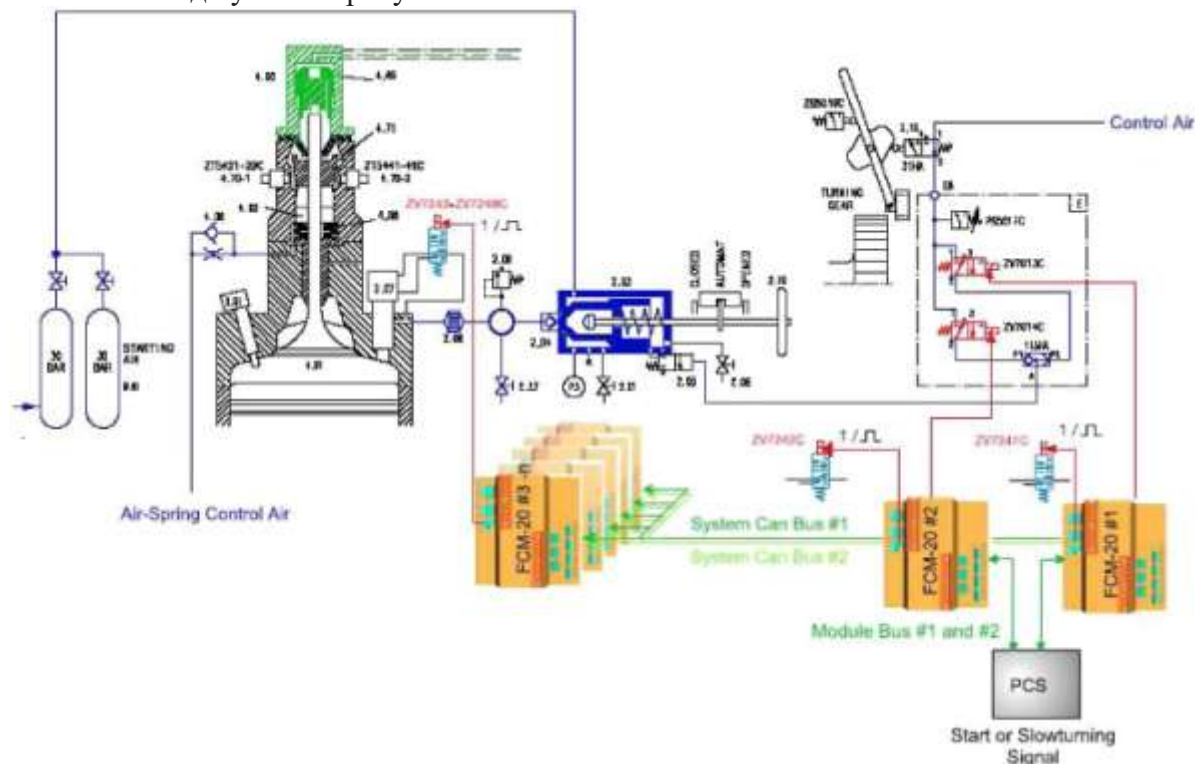


Рис. 2.47 Схема систем управління пусковими клапанами

Номінальним кутом відкриття є 00, закриття 1100, також як і у RTA. Для двигунів з 10-ю і більше циліндрами з метою економії пускового повітря кут може бути зменшений.

Автоматичний головний пусковий клапан 2.03 управляється модулем MCM через два паралельних соленоїдних клапана (ZV70113C і ZV7014C).

Для повільного провертання Slow Turning управління йде через автоматичні клапана, а пускові керуючі клапана працюють в імпульсному режимі від блоку CYL-EU, забезпечуючи задану швидкість повільного провертання. Ця швидкість може налаштовуватися періодичними імпульсами, що визначаються RC параметром.

Резерування і аварійна робота

Датчик кута повороту колінчастого вала

Якщо один з двох датчиків кута повороту колінчастого вала виходить з ладу, то він може бути відключений і система WECS залишається в роботі з рештою датчиком.

Якщо обидва датчика виходять з ладу, то двигун не може залишатися в роботі! Необхідно замінити як мінімум один датчик.

TDC- Pick-up (датчик верхньої мертвої точки)

При виході з ладу датчика верхньої мертвої точки (top dead center - TDC) формується сигнал системою моніторингу WECS, але робота двигуна не буде зупинена або знижено навантаження. Це відбувається тільки в тому випадку, якщо TDC від сигналу Pick-up не узгоджується з TDC від датчиків кута повороту колінчастого вала. У разі якщо сигнал Pick-up пропадає, то виходить лише індикація несправності.

Датчик кількості палива

При несправності датчика кількості палива система WECS розраховує середнє значення впорскування палива за рештою циліндрах, і цей результат використовує для управління тривалістю впорскування вийшов з ладу циліндрового блоку.

Датчик положення випускного клапана

Кожен випускний клапан має два датчика положення. Якщо вони обидва вийдуть з ладу, то система WECS розраховує за іншим циліндрах середній час відкриття і закриття і за рахунок цього управляє даними клапаном.

Актuatorи (виконавчі механізми) і паливні насоси.

При несправності паливного насоса або актуатора, можна вручну по-ставити в положення повної подачі регулюють зв'язку з'єднання. В цьому випадку паливні насоси будуть створювати максимальний тиск.

Інші актуатори регулюватимуть вихід на нижній рівень подачі і клапан управління тиском палива обмежить тиск в магістралі до 950 бар.

Насоси масла сервопривода.

При несправності одного насоса масла сервоприводу двигун залишається в роботі на повному навантаженні, а з двома несправними насосами робота можлива тільки в області зниженого навантаження.

Насоси масла керування

Якщо виходить з ладу насос масла управління, то магістраль масла сервоприводу живить мережу керуючого масла через безповоротний клапан 4.29 до тих пір, поки другий насос масла управління не відновить тиск.

Якщо виходять з ладу обидва насоса масла управління, то можлива аварійна робота з ексклюзивною подачею масла від магістралі масла сервопривода.

Клапан аварійної зупинки (клапан перекриття палива)

Якщо несправний клапан перекриття палива 3.07 або аварійний стоп - соленоїд 3.08, то формується кілька команд на зупинку, що блокують команди впорскування і переключають вихід паливного виконавчого механізму на нуль.

Двигун уповільнює швидкість повільніше, ніж при нормальній процедурі, але при цьому завжди можлива зупинка двигуна.

Система RC, регулятор швидкості

При несправності дистанційного керування або регулятора, двигун може бути ще в роботі від back-up (резервного) управління. Селекторний перемикач і потенціометр для паливної команди подає в систему WECS потрібні сигнали.

Самоконтроль системи WECS-9500

Блок COM-EU

Один модуль MCM (Main Controller Module) є головним, другий MCM знаходиться в резерві (Stand-by). У разі будь-якої несправності, система ASM перемикається на резервний модуль.

ASM має по одному підмодулей на кожен MCM з двома роздільними джерелами живлення для підмодулей, щоб забезпечити роботу на всі випадки.

Блок CYL-EU

Якщо CCM (Cylinder Controller Module) або VDM (Valve Driver Module) несправний, то відповідний циліндр відключається, а решта циліндри будуть в роботі.

Ідентифікаційний модуль відноситься до апаратної частини, яка підключається роз'ємом.

Будь-який CCM може бути замінений іншим таким же модулем без переадресації або програмування софта системи WECS.

Шина CAN и шина SSI (кут вала).

Активна тільки одна шина. Якщо ця шина обривається, закорачивається або інше, то модулі (MCM / CCM) перемикаються на вторую шину. Робота двигуна не переривається.

Живлення системи WECS-9500

Всі модулі мають резервування за рахунок подвійного основного і / або допоміжним джерел живлення. Якщо порушується все основне живлення 440 VAC, то суднова система акумуляторів 24 VDC в буферному режимі забезпечить безперервне живлення модулів оперативної пам'яті для швидкого приведення в початковий стан.

Датчики

Всі життєво важливі датчики і перетворювачі здвоєні (дубльовані) і їх середнє поточне значення використовується для управління двигуном. Якщо один датчик виходить з ладу, то система WECS-9500 вказує на специфіку несправності і продовжує працювати з одним залишилися.

Особенности комплектации RT-flex с базовой системой WECS 9520

Управління RT-flex двигуном розподілено між внутрішньою системою управління двигуном WECS-9520 і зовнішньої пропульсивної системою управління (propulsion control system), яка містить: дистанційне керування (Remote control), систему безпеки (Safety system), електронний регулятор (El. Governor) і систему контролю АЛАРМ.

4. АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ СУДОВИХ СИНХРОННІЙ ГЕНЕРАТОРІВ

Безщітковий синхронний генератор «SIEMENS» з системою збудження типу THYRIPART

Безщітковий синхронний генератор складається з власне генератора і збудника. Роторна обмотка збудження генератора живиться від роторної трифазної обмотки збудника через обертовий трифазний випрямний міст. Стаціонарна статорна обмотка збудження збудника в свою чергу живиться від статичної системи збудження. Пристрій збудження і тиристорний регулятор напруги складають систему збудження THYRIPART.

Коли БСГ працює, результуюче магнітне поле індукує напругу в обмотці статора генератора. Частина цієї енергії, що генерується шунтується до ОВВ завдяки тиристорі, проходячи через систему збудження. Схема, що представляє збудження, утворює замкнений контур

Склад. Принципова схема БСГ з системою збудження THYRIPART (рис. 4.19) складається з:

G1 - синхронного генератора;

G2 - збудника - зверненої синхронної машини, у якій індуктор нерухомий, а обмотка змінного струму обертається. Синхронний збудник являє собою електричну машину з фазним ротором, що працює в режимі синхронного генератора;

A1 - ТРН з силовим модулем;

3 - блоку конденсаторів;

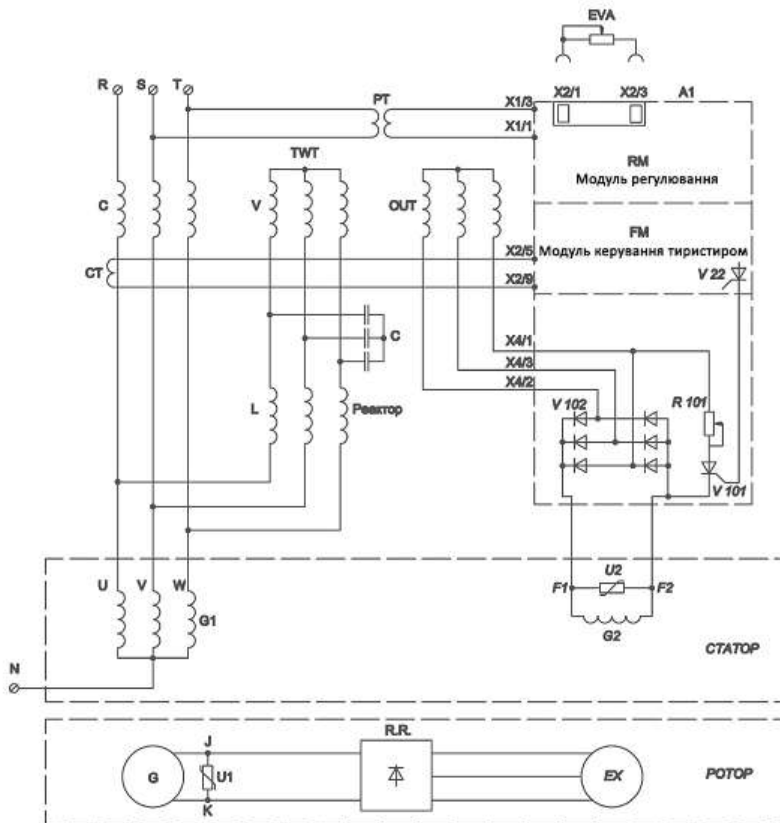


Рис. 4.19 – Принципова схема з'єднань системи збудження і регулювання THYRIPART

L - реактора, призначено для зсуву струму холостого ходу генератора щодо його напруги на кут, близький до 90° в бік відставання;

RR - обертового випрямляча (rotating rectifier);

TWT - триобмотного трансформатора;
 EVA - зовнішнього реостата задання напруги генератора;
 СТ - вимірювального струмового трансформатора для вимірювання навантаження генератора;

V22 - головного тиристора;
 V102 - силового модуля;
 R101 - послідовного резистора;
 V101 - допоміжного тиристора;
 X1, X2, X4, X40 - контактних роз'ємів ТРН.

Схеми з'єднань основних компонентів системи збудження Siemens - THYRIPART мають кілька модифікацій, де ТРН має свій силовий модуль. Модифікації відрізняються наявністю в останнього проміжних трансформаторів в ланцюзі вихідний обмотки ТWT.

Принцип дії. Система збудження являє собою систему амплітудно-фазового управління збудженням синхронного генератора, яке забезпечується компаундуючим трансформатором струму - СТ, пропорційно току навантаження. Напруга генератора порівнюється з заданою напругою. Керуючий сигнал для відкриття тиристора формується в залежності від виду пилкоподібної напруги, одержуваного після порівняння і посилення напруги генератора. Результуючий струм збудження, інтенсивність якого незначно вище, активується у номінальну напругу генератора. В цьому випадку ТРН неактивний: вихідна напруга генератора залежить тільки від струму збудження збудника, регульованого струмом навантаження.

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

На рис. 4.20 представлена блокова схема ТРН. Вона складається з:

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

Модуль регулювання в свою чергу складається з:

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



Рис. 4.20 – Блок-схема РН

Робота. Трифазну напругу генератора, що знімається з клем 17, 18 і 19, надходить на блок випрямлячів 1, випрямляється, згладжується і надходить на вхід компаратора 2 (клеми 20, 22). Цей вхідний сигнал являє собою величину, пропорційну поточному напрузі генератора - U_{TEK} . Через клеми 20, 21 на вхід компаратора поступає сигнал, пропорційний заданому значенню напруги генератора - $U_{зад}$. Результуючий сигнал від двох напруг U_{TEK} і $U_{зад}$ у вигляді пілкоподібної напруги надходить на вхід підсилювача 4, що представляє собою PID-регулятор. Для налаштування рівня посилення використовують наявні потенціометри К і Т. Посилений сигнал надходить на вхід модуля управління тиристорами. Таким чином, призначення модуля регулювання ТРН є: формування сигналу, пропорційного поточного значення напруги генератора U_{TEK} ; формування і регулювання за допомогою ЕВА сигналу заданого значення напруги генератора $U_{зад}$; порівняння цих двох сигналів і визначення величини різниці $-\Delta U$; посилення величини цієї різниці; харчування всіх компонентів ТРН.

Модуль управління тиристорами складається з: блоку управління тиристорами, що представляє собою систему імпульсно-фазового управління, робота якого залежить від диференціала поточних і заданого значень напруг генератора;

блоку захисту від перенапруг, більше 600 В між клемми 1 і 5, що забезпечує відкриття тиристора 7; головного тиристора.

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

Силовий модуль ТРН складається з: трифазного випрямляча V102; допоміжного тиристора V101, керованого головним тиристором V22.

У нормальному режимі, коли напруга генератора одно номінального значення, ТРН не працює. Обидва тиристора закриті, і струм збудження регулюється тільки струмом навантаження. У разі зниження напруги генератора внаслідок високого навантаження включається в роботу ТРН, і кут відкриття тиристорів буде залежати від величини різниці напруг:

$$\Delta U = \pm (U_{TEK} - U_{зад}).$$

Тиристорний регулятор напруги представлений на рис. 4.20. Він отримує напругу від синхронного генератора через роз'єми X1 / 1 і X1 / 3. Ця напруга надходить на понижуючий трансформатор T1 і випрямляється на діодному мосту V1 - V4. Постійна напруга від випрямляча, приблизно 30V, є пропорційним поточному напрузі генератора. Друге напруга, що задає, надходить від зовнішнього реостата ЕВА (роз'єми X2 / 1, X2 / 3) і більш точно регулюється потенціометром U. Ці два постійних напруг надходять на компаратор С, де вони посилюються, і вихідний сигнал у вигляді пілкоподібної напруги надходить на вхід підсилювача А

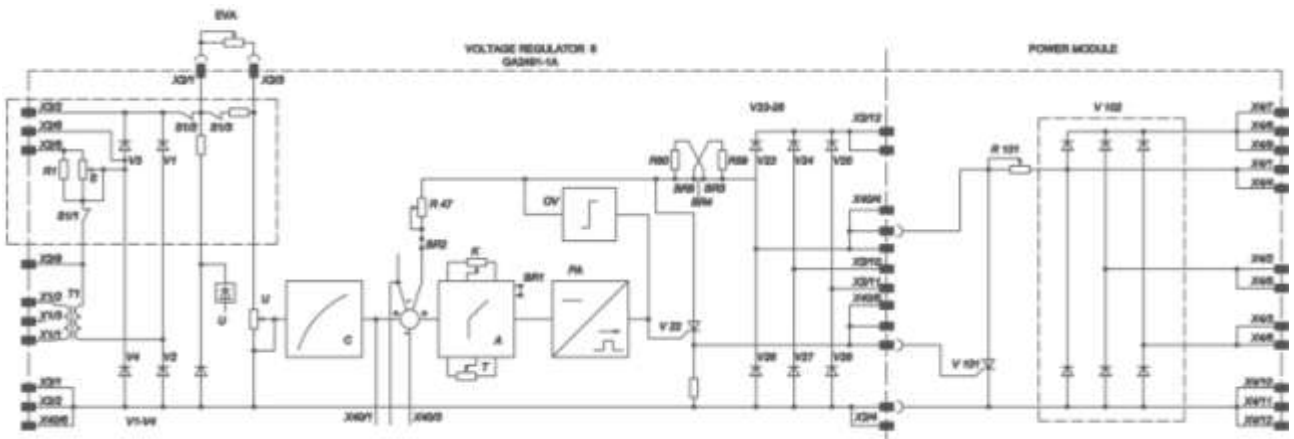


Рис. 4.20 – Тиристорний регулятор напруги

Потенціометр К використовується для регулювання коефіцієнта посилення контролера, а потенціометр Т - для регулювання часу циклу, тоді як потенціометр R47 використовується в ланцюзі порівняння керуючого підсилювача для регулювання динамічного режиму.

Обертаючи ручку К в напрямку зменшення чисел і ручку Т в напрямі збільшення чисел, стабілізуємо керуючу напругу і зменшуємо номінальне значення напруги генератора. Вихід з PA (Pulse Amplifier) знаходиться в ланцюзі керуючого електрода головного тиристора V22, керуючого допоміжним тиристором V101, шунтувальна частина силового випрямляча V102 обмотки збудження збудника.

OV (overvoltage) забезпечує захист від перенапруги.

ТРН має п'ять регулювальних потенціометрів: U, К, Т, R47 і S. Номінальна напруга генератора регулюється потенціометром U, а динамічний режим - потенціометрами К, Т і R47. На холостому ходу генератора ТРН регулює напругу відповідно до його поточним значенням. Частота при цьому змінюється відповідно до похилій характеристикою первинного двигуна незалежно від точності вихідної напруги генератора.

Складовою частиною регулятора є частотний модуль. Через роз'єм X40 / 3 позитивний або негативний додаткову напругу $U_{set\ sup p}$ надходить від високовольтного ланцюга або змінною частоти частотного модуля. Відношення між U_{gen} і $U_{set\ sup p}$ приблизно наступне:

$$\Delta U_{gen} \approx -1,4 \cdot \frac{k\Omega \cdot U_{nom}}{V \cdot R18} \cdot U_{set\ sup p}$$

де R18 вимірюється в кОм.

Ланцюг паралельної роботи БСГ необхідний при роботі в паралелі з іншим генератором. Активна потужність генератора регулюється за допомогою регулятора первинного двигуна. Швидкісна характеристика первинного двигуна повинна бути лінійною і статизм повинен складати від 3% до 5% (рис. 4.21) між напруженнями генератора при номінальному навантаженні і холостим ходом.

$$\delta = \frac{U_{xx} - U_n}{U_n},$$

де δ - статизм; U_n - напруга номінального навантаження; U_{xx} - напруга при холостому ході.

Паралельне з'єднання обмоток збудження або ланцюгів паралельної роботи (контакти S1 / 1) забезпечує рівномірний розподіл реактивного навантаження і зменшує напругу генератора в прямій пропорції до збільшення реактивного струму.

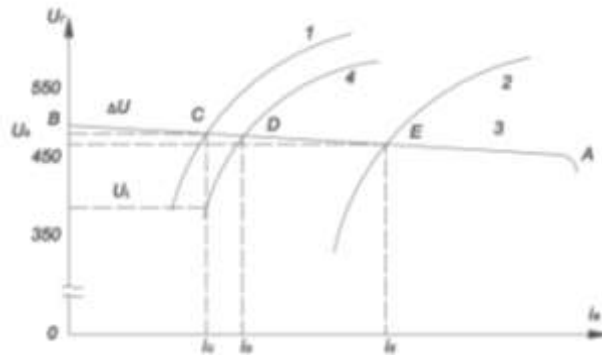


Рис. 4.21 – Зовнішні характеристики генератора і AVR

Реактивну потужність, що вимірюється трансформатором струму в ланцюзі паралельної роботи, можна регулювати за допомогою потенціометра S контролера таким чином, щоб номінальну напругу генератора нічого не змінило при $\cos \varphi = 1$, а при $\cos \varphi = 0$ статизм міг доходити до 6% (рис. 4.22). Відповідну зміну напруги при звичайному $\cos \varphi = 0,8$ складе 3,6%.

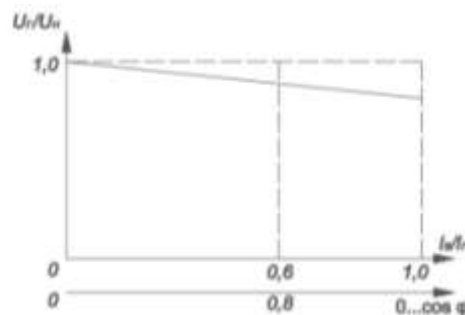


Рис. 4.22 – Діаграма визначення статизму регулятора напруги

При одиночній роботі генератора ланцюг паралельної роботи не задіяна. Це забезпечується шунтуванням вторинної обмотки трансформатора струму або установкою потенціометра S в крайнє ліве положення. При одиночній роботі генератора на будь-яких навантаженнях відношення між реактивним навантаженням генератора I_n , номінальним струмом генератора I і статизмом регулювання δ визначиться за формулою:

При $\cos \varphi = 0,8$ ставлення $I_n / I = 1$, тоді

$$\delta = 6\% \sqrt{1 - 0,8^2} = 3,6\%$$

Цю величину можна регулювати за допомогою потенціометра S.

Таким чином, статизм системи регулювання може досягати величини 3-5%.

Типова характеристика AVR бесщеточний синхронного генератора показана на рис.

4.23.



Рис. 4.23 – Зовнішня характеристика AVR

На рис. 4.23 зовнішні характеристики генератора на холостому ходу (1) і повному навантаженні (2) перетинаються з характеристикою AVR в точках С і Е. Припустимо, генератор працює в режимі холостого ходу. При цьому напруга генератора буде представлено як U_0 , а струм збудження - i_C . При збільшенні навантаження, зовнішня характеристика генератора буде зміщуватися по кривій АВ. Припустимо, струм збудження не може збільшитися вище точки i_C , напруга генератора впаде до значення U_L . AVR, який контролює струм збудження, виявляє найменші зміни в напрузі генератора, викликані збільшенням навантаження, і збільшує струм збудження до позначки i_D , щоб отримати різницю з номінальною напругою, яка дорівнює нулю, підтримуючи вихідну напругу генератора в точці D.

Таким чином, незалежно від збільшення або зменшення навантаження, напруга генератора завжди підтримується в певній точці на кривій АВ.

Якщо крива АВ перпендикулярна до ординати напруги, ΔU досягає нуля і регулювання напруги не відбувається, так як в цьому немає необхідності. З іншого боку, чим менше кут кривої АВ з ординатою напруги, тим більше діапазон регулювання напруги. Криву, відповідну зовнішній характеристиці AVR також можна змінювати і вона буде мати інші кути нахилу з ординатою. Це можна здійснити за допомогою регулювальних потенціометрів ТРН.

При різних навантаженнях регулювання ми будемо мати сімейство кривих, що відносяться до зовнішніх навантажень генератора. При цьому характер зміни струму збудження генератора буде пропорційним і розі навантаження.

Точність підтримки напруги безщіткових синхронних генераторів типу "Siemens" становить приблизно $\pm 1\%$. Проте, для паралельної роботи з метою підвищення стабільності при розподілі реактивного навантаження, генератори відрегульовані таким чином, щоб напруга не могла знизитися на $\pm 3\%$ при номінальних значеннях навантаження і коефіцієнті потужності $\cos \phi$ при наявності ланцюга паралельної роботи в схемі ТРН.

Наведена схема дозволяє регулювати УГ в заданих межах. Конструкція і регулювання синхронного генератора, збудника, системи збудження дозволяє регулювати напругу регулятора в межах $\pm 5\%$ від його номінального значення за допомогою потенціометра U при стабільних умовах і в умовах зміни навантаження від холостого ходу до номінального значення при $\cos \phi = 0,8$.

Точність підтримки напруги у генератора при одиночній роботі або в паралель становить $\pm 1,8\%$ його номінального значення, що відповідає вимогам міжнародних морських інспекцій. Система збудження і автоматичного регулювання Siemens - Thyripart широко використовується на нових судах для Німеччини під наглядом Germanische Lloyd.

4.2 Система збудження і регулювання напруги синхронних генераторів типу BASLER ELECTRIC

Система збудження забезпечує виконання таких функцій:

- стабілізацію напруги генератора;
- розподіл реактивного навантаження між паралельно працюючими генераторами.

Технічні дані:

- точність регулювання напруги менше $1 \div 2\%$ $U_{ном}$;
- час відновлення $U_{ген}$ - 16 мс;
- діапазон уставки $U_{ген} \pm 10\%$ $U_{ном}$;
- діапазон робочої температури -55°C до $+70^\circ \text{C}$;

використовувана потужність регулятора напруги - 120 (240) ВА

Склад.

Система збудження з БСГ складається з (рис. 4.25, а):

G - синхронного генератора;

FG - обмотки збудження генератора;

Exc - збудника;

Fe - обмотки збудження збудника;

RS - послідовного резистора 90 Ом для SR4A (180 Ом для SR8A)

T - живильного трансформатора регулятора напруги в ланцюзі РН з вимикачем SW і запобіжником FUI;

PT - трифазного понижуючого трансформатора поточного напруги генератора;

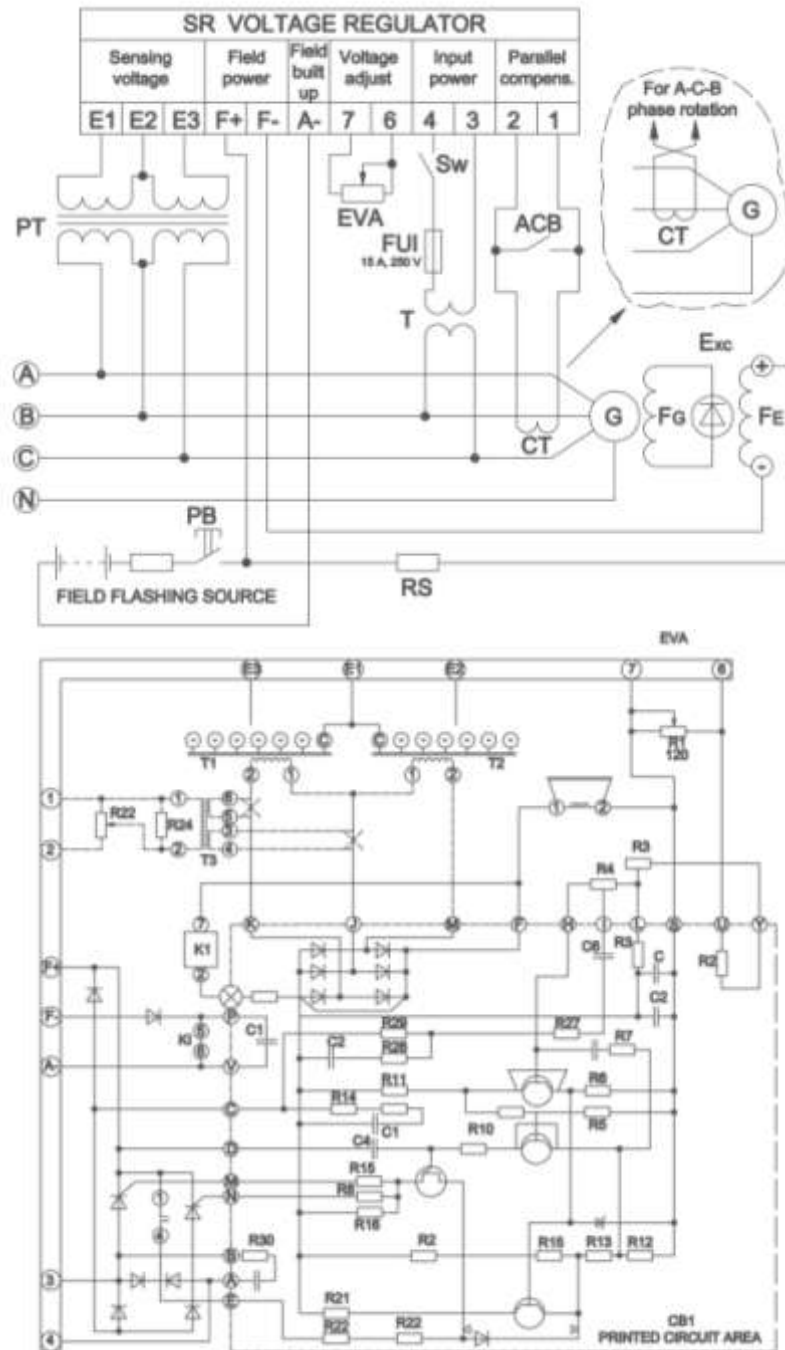


Рис. 4.25 – Схема з'єднань (а) і Арн (б) типу SR-4A, BASLER Electric
EVA - зовнішнього підлаштування реостата заданої напруги генератора;

CT - трансформатора струму навантаження генератора з нормально-закритим контактом генераторного автомата ACB;

SR - регулятора напруги SR4A (SR8A).

Пристрій SR4A (SR8A) регулює напругу генератора, керуючи струмом обмотки збудження збудника.

Регулятор може бути використаний як для генераторів із щітками і кільцями, так і для безщіткових.

У свою чергу схема Арн (рис. 4.25, б і 4.26) складається з:

- ланцюга вимірювання (T1, T2, CR1-CR6, C1, C2);
- ланцюга визначника (VR1, R1-R3, R5);
- ланцюга підсилювача (Q1-Q4);
- ланцюга стабілізації (C6, C7, R27-R29, R4);
- силового ланцюга (SCR11, SCR12, CR13, R14)



Рис. 4.26 – Блокова схема РН

Робота. Ланцюг вимірювання напруги генератора СТ, що складається з трансформаторів T1, T2, трифазного випрямного моста CR1 - CR6, конденсаторів C1, C2 і дросельного фільтра L1 призначена для вимірювання, випрямлення, згладжування і фільтрації зниженого напруги генератора U_г. Це випрямлена напруга надходить в ланцюг визначника.

Ланцюг визначника складається з діода Зенера VR1, подільника напруги на резисторах R1, R2, R3 і R5. Постійна напруга, пропорційне U_г, знімається з резисторів R3, R5 і порівнюється з заданою напругою на VR1 для визначення різниці напруг:

$$\Delta U = \pm (U_{\text{тек ген}} - U_{\text{зад}}),$$

Ланцюг підсилювача складається з двотактного підсилювача на р-п-р транзисторах Q1 і Q2, одноперехідного транзистора Q3, емітерного повторювача Q4 і компонентів.

Сигнал помилки ΔU запускає транзистор Q1, який перемикає транзистор Q2, керуючий зарядкою конденсатора C4, який знаходиться в емітерний ланцюг одноперехідного транзистора Q3, забезпечуючи кут відкриття тиристорів в силовому ланцюзі.

Транзистор Q4 коригує напругу на другий базі транзистора Q3 для отримання однакових керуючих сигналів для силових тиристорів.

Силовий ланцюг складається з тиристорів SCR11, SCR12 (Silicon Control Rectifier) і перетворювальних діодів CR13, CR14 випрямного моста, ток виходу якого залежить від кута відкриття тиристорів і опору обмотки збудження збудника.

Ланцюг стабілізації складається з конденсаторів C6 і C7, постійних резисторів R27 ÷ R29 і підлаштування резистора R4. Ланцюг реле K1 забезпечує початкове збудження генератора від залишкового магнетизму, завдяки нормально-замкнутим контактам реле K1 і діодів CR13 ÷ CR16, тим самим забезпечуючи випрямлення залишкової напруги і подальше початкове збудження генератора.

Система забезпечує самозбудження синхронного генератора від залишкової напруги за допомогою реле K1. При значенні напруги генератора більш 0,8U_п реле K1 спрацьовує і нормально-замкнутий контакт включає ланцюга SCR11 і SCR12, стабілізуючи U_г.

Для надійного самозбудження досить напруги, рівного 0,03 Уп. Якщо залишкова напруга генератора менше 3%, необхідно використовувати акумуляторну батарею, в ланцюзі обмотки збудження, шляхом натискання на кнопку РВ (Push Button).

У разі великого навантаження або короткого замикання в силовому ланцюзі генератора додатково використовується пристрій формування збудження (Series Boost Option), що запобігає падінню збудження шляхом підтримки постійної напруги РН у всіх режимах його роботи.

Ланцюг паралельної роботи (рис. 4.27) - клеми 1, 2, регулятора напруги - складається з:

- компенсаційного трансформатора струму СТ;
- нормально-замкнутих контактів автоматичних вимикачів АСВ;
- трансформатора напруги ТЗ;
- Резистора R24;
- підлаштування потенціометра R25

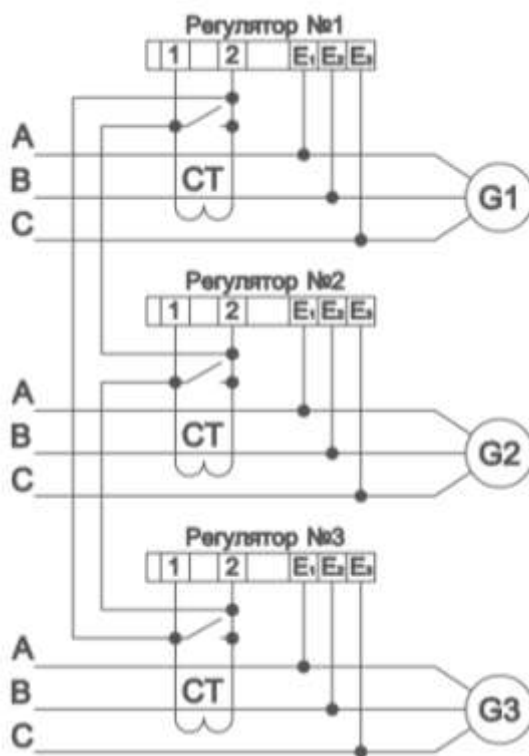


Рис. 4.27 – Ланцюг паралельної роботи

Компенсаційно-струмові обмотки всіх генераторів з'єднані в паралель і зашунтовані нормально-замкнутими контактами генераторів. При паралельній роботі генераторів нормально-замкнуті контакти АСВ розмикаються і струмові обмотки компенсаційних трансформаторів включаються паралельно, регулюючи при цьому реактивні струми. У разі, якщо контакти АСВ, шунтуючі струмові обмотки, що не розмикаються, при включенні АСВ, регулювання реактивної потужності проводитися не буде. При цьому, якщо підвищується навантаження, напруга генератора буде падати, що може привести до виходу його з синхронізму і відключення.

Трансформатор струму встановлений в одній з фаз кожного генератора і виробляє сигнал, пропорційний струму навантаження генератора. Цей сигнал проходить через резистор R25, від якого живиться первинна обмотка трансформатора струму ТЗ. Вторинна обмотка трансформатора ТЗ пов'язана послідовно з вторинною обмоткою трансформатора Т1 і випрямним мостом, розташованим на друкованій платі. Змінна напруга надходить на

випрямний міст у вигляді векторної суми напруг з клем E1 і E3 і трансформатора струму СТ, що живиться через трансформатор ТЗ (клеми 1 і 2). Напруга, що надходить до випрямного мосту з трансформатора струму СТ, невелике. Напруги регулятора (клеми E1 і E3) і компенсаційної обмотки (клеми 1 і 2) повинні бути пов'язані так, щоб напруга генератора була правильної полярності і фази.

Коли генератор навантажується активним навантаженням, напруга на R25 (і обмотка ТЗ) зміщена від вимірної напруги на 90° і сумарний вектор напружень приблизно дорівнює встановленому значенню вимірюваної напруги.

Коли генератор навантажений індуктивним навантаженням, то напруга, що проходить через резистор R25, зміщується від напруги вимірювального ланцюга і сума цих напруг (велике значення напруги) живить випрямний міст. Таким чином, регулятор підтримує постійну напругу на випрямному мосту і протидіє зменшенню вихідного напруги генератора.

Якщо генератор навантажений ємнісний навантаженням, то напруга на резисторі R25 відстає від напруги в вимірювальній ланцюга і сума цих напруг (невелике значення напруги) живить випрямний міст. Тоді регулятор протидіє збільшенню напруги генератора. Коли генератори працюють в паралелі, і збудження одного з генераторів надмірне, то з'являється зрівняльний струм, до одного генератора - реактивний струм з перенасиченим збудженням, а до іншого - ємнісний струм. Компенсаційний ланцюг зменшить збудження одного генератора з реактивним навантаженням, і збільшить збудження з ємнісний навантаженням. Таким чином, зрівняльний струм стане рівним 0.

При нерівномірному розподілі реактивного навантаження між паралельно працюючими генераторами, через компенсаційний ланцюг протікають струми паралельно працюючих генераторів, тим самим, розподіляючи рівномірно навантаження між паралельно працюючими генераторами.

Система збудження забезпечує автоматичну підтримку напруги генератора і рівномірний розподіл реактивних навантажень в заданих межах і задовольняє всім вимогам американського Lloyd.

Обслуговування. Скупчення пилу і бруду повинні бути видалені з модуля спеціальною м'якою щіткою або спеціальним стисненим повітрям, який не має вологи.

Контрольні питання

Принцип дії системи збудження Basler.

Пристрій Арн.

Принцип дії Арн.

Можливі несправності системи збудження.

Обслуговування системи збудження Basler.

5 СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ ГЕНЕРАТОРНИХ АГРЕГАТІВ

5.1 Пристрій автоматичної синхронізації

Пристрій УСГ розрахований для підключення до синхронізованих мереж трифазного змінного струму через типові вимірювальні трансформатори напруги з вторинною напругою 127 В, частотою 50 Гц, а також для роботи в умовах при тривалих коливаннях напруги $\pm 5\%$ і частоти $\pm 15\%$, короткочасних коливаннях напруги від -25% до $+13\%$ і частоти від -6% до $+4\%$. Потужність, споживана пристроєм, що не перевищує 30А.

Розглядається пристрій побудований за принципом постійного часу випередження і налаштовується на уставку останнього в межах 0,4...0,5, з точністю спрацьовування: $\pm 0,04$; $\pm 0,03$ і $\pm 0,03$ відповідно для уставок часу випередження від 0,4 до 0,31; від 0,3 до 0,11 і від 0,1 до 0,05 с.

УСГ налаштовується на уставки: $8 \pm 2\%$ по різниці напруги; 0,8-0,6 і 0,6-0,2 Гц відповідно. Для уставок часу випередження від 0,2 до 0,05 і від 0,4 до 0,21 її точністю спрацьовування по уставками $\pm 0,15$ Гц.

Підгонка частоти проводиться за різницею частот $10 \pm 2\%$ номінального значення шляхом впливу на серводвигун регулятора частоти генераторного агрегату.

Схема УСГ передбачає виконання всіх умов синхронізації: необхідні значення різниці напруги і частот, вибір моменту включення генератора по куту зсуву фаз синхронізуються напружень. Допустима помилка у виконанні цих умов задається уставками але різниці напруги і частот, а також визначається точністю збігу часу випередження пристрою і часу спрацьовування автоматичного вимикача. Крім того, враховується ряд інших, додаткових вимог по точності спрацьовування при зміні напруги і частот генераторів, а також довільно обраний момент включення пристрою в роботу.

На рис. 6.1 представлена функціональна схема пристрою що складається з десяти блоків.

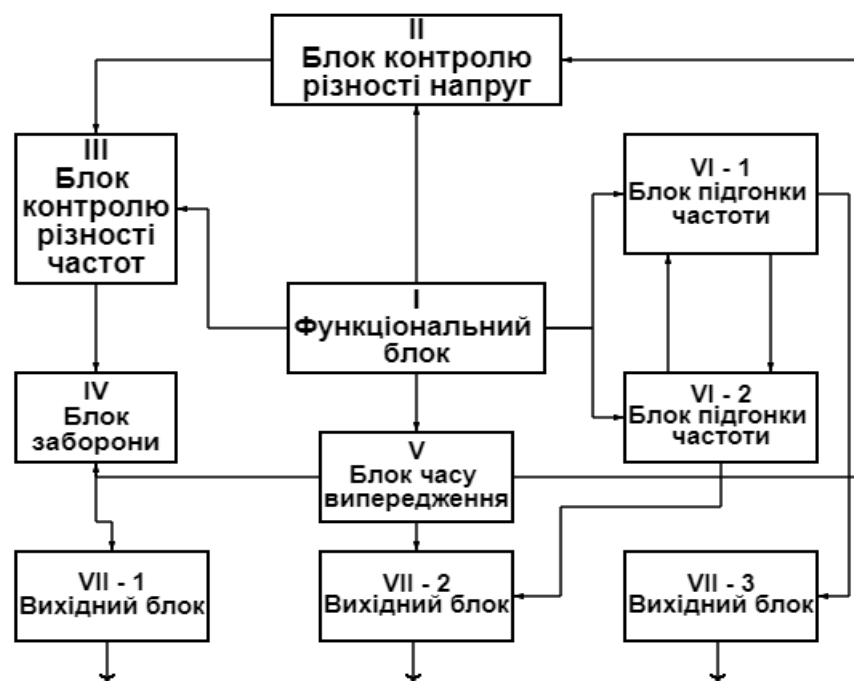


Рис.6.1 Функціональна схема пристрою синхронізації

Функціональний блок I забезпечує пристрій напругою живлення і всіма сигналами, необхідними для роботи інших елементів схеми. Він видає в схему напруги, пропорційні

Блоки VI-1 і VI-2 пристрої при виконанні його в модифікації УСГ-1П передбачають автоматичну підгонку частоти генераторів, здійснювану впливом на серводвигун регуляторів частоти генераторних агрегатів за допомогою блоків VII-2 і VII-3.

ССО - пристрій порівняння напруги; Ф1, Ф2 - формувачі імпульсів; Т1, Т2, Т3 - трансформатори; Т - тригер; УП - пристрій харчування; G - кварцовий генератор; УС - пристрій синхронізації; ППЧ - пристрій підгонки частоти.

ССО порівнює напруга мережі і напруга генератора, і формує сигнал заборони якщо ΔU перевищує допустимі значення.

$\Phi 1$ і $\Phi 2$ виробляють імпульси двох типів:

1) прямокутні імпульси з періодом, що дорівнює половині вхідної напруги.

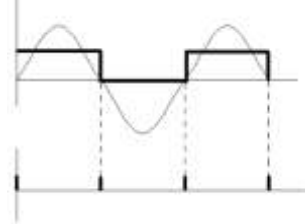


Рис.6.8.

2) короткі імпульси.

100 кГц, кварцового генератора, потрапляючи на тригер перетворюють імпульси в 50 кГц, які надходять на УС і ППЧ. У УС відбувається заповнення прямокутних вхідних імпульсів

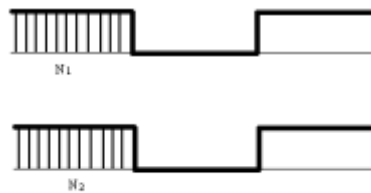


Рис. 6.9

$$\Delta N = N1 - N2 = \delta$$

Як тільки δ входить в допустимий діапазон (10°) сигнал надходить на включення генератора.

У УПУ аналогічно відбувається заповнення імпульсів

$$\Delta n = n1 - n2 = \Delta f$$

ППЧ формує три сигнали:

- 1) Δf в нормі;
- 2) збільшення частоти;
- 3) зменшення частоти.

При відсутності сигналу заборони з ССО і ППЧ УС формує сигнал на включення автомата з часом випередження відповідне часу спрацьовування автомата.

Вихідні характеристики:

Кут включення - не більше 10° ;

$$\Delta U = 10-12\%$$

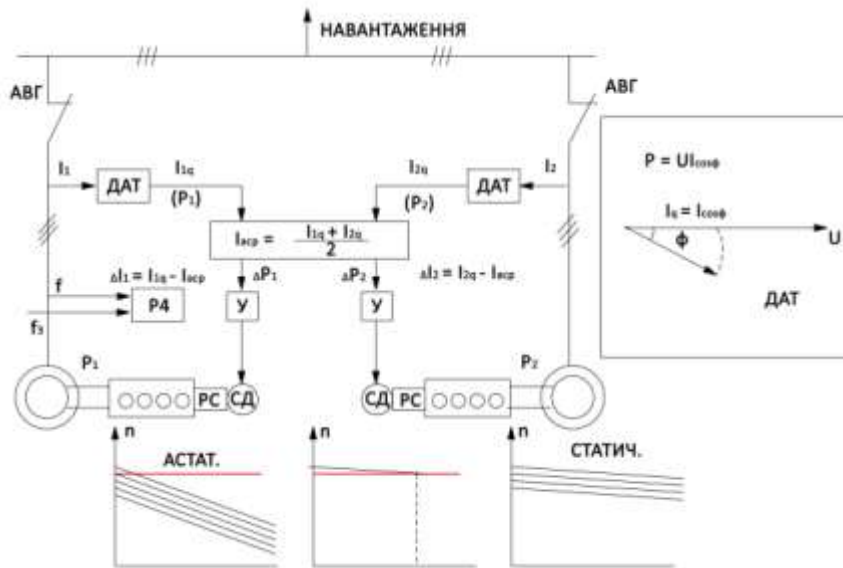
$$\Delta f = +0,2 \text{ до } 0,6 \text{ Гц}$$

Якщо $-5 < \Delta f < +0,2$ формується сигнал на збільшення частоти. Якщо $+0,6 < \Delta f < +5$ формується сигнал на зменшення частоти.

СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ МІЖ ПАРАЛЕЛЬНО ПРАЦЮЮЧИМИ ГЕНЕРАТОРНИМИ АГРЕГАТАМИ

Розподіл активних навантажень при паралельній роботі генераторів

Системи автоматичного розподілу навантажень паралельно працюючих генераторів. Потужність ПД - активна, дорівнює активної потужності СГ, яка в свою чергу визначається активною складовою струму генератора. $P = UI \cos \phi = UI_a$



ΔI_1 і ΔI_2 пропорційні різниці потужностей P_1 і P_2 . Залежно від величини і знаків цих сигналів змінюються режими роботи серводвигунів (СД). Система приходить в рівновагу при рівності активних складових струмів тобто за однакової кількості P_1 і P_2 .

В результаті роботи системи автоматичного розподілу навантаження, навантаження на шинах ел.станції рівномірно розподіляється між паралельно працюючими генераторами. Однак, при зміні загального навантаження на шину, яка встановилася режим роботи настає при різних значеннях частоти обертання, в результаті частота струму на шинах ел.станції змінюється. Для того щоб виключити це негативний вплив вводять поняття так званого базового генераторного агрегату. СД цього агрегату відключають від системи автоматичного розподілу навантаження і замикає на локальну систему приводного двигуна.

За рахунок роботи САР швидкості, частота обертання ПД першого генераторного агрегату залишається незмінною при будь-якому навантаженні, інакше кажучи його характеристика стає астатичній.

При паралельній роботі генераторів будь-яке збільшення навантаження на шинах ел.станції, в першу чергу сприймається БГА, оскільки його мех.хар-ка абсолютно жорстка. При цьому миттєво змінюється активний струм. З'являється сигнал ΔI_2 відповідно до якого СД другого генераторного агрегату починає збільшувати уставку швидкості переводячи навантаження на другий генераторний агрегат, відповідно починає знижуватися навантаження на першій. Усталеною режим роботи $P_1 = P_2$ настає при тій же частоті пс.

Пристрій регулювання частоти і навантаження

В результаті роботи системи автоматичного розподілу навантаження, навантаження на шинах ел.станції рівномірно розподіляється між паралельно працюючими генераторами. Однак, при зміні загального навантаження на шину, яка встановилася режим роботи настає при різних значеннях частоти обертання, в результаті частота струму на шинах ел.станції змінюється. Для

того щоб виключити це негативний вплив вводять поняття так званого базового генераторного агрегату. СД цього агрегату відключають від системи автоматичного розподілу навантаження і замикає на локальну систему приводного двигуна.

За рахунок роботи САР швидкості, частота обертання ПД першого генераторного агрегату залишається незмінною при будь-якому навантаженні, інакше кажучи його характеристика стає астатичній.

При паралельній роботі генераторів будь-яке збільшення навантаження на шинах ел.станції, в першу чергу сприймається БГА, оскільки його мех.хар-ка абсолютно жорстка. При цьому миттєво змінюється активний струм. З'являється сигнал ΔI_2 відповідно до якого СД другого генераторного агрегату починає збільшувати уставку швидкості переводячи навантаження на другий генераторний агрегат, відповідно починає знижуватися навантаження на перший. Усталеною режим роботи $P_1 = P_2$ настає при тій же частоті нс.

Без БГА в роботі системи регулювання має місце неоднозначність: усталеною режим настає при різниці частот обертання генераторних агрегатів. Функція БГА може бути покладена на будь-який ГА.

Пристрій складається з: датчика активного струму, датчика частоти і підсилювача.

Датчик активного струму

Датчик активного струму (рис.7.3.) Складається з трансформатора харчування T_r , узгоджувального токового трансформатора T_c розділових трансформаторів TP_1 , TP_2 , випрямних мостів B_1 , B_2 , узгоджувального резистора R_c , додаткових резисторів $R_{d1} - R_{d4}$ і баластних резисторів R_{b1} , R_{b2} .

Трансформатор харчування датчика активного струму T_r включений через типовий трансформатор на напругу генератора; узгоджувальний струмовий трансформатор T_c , харчується від типового трансформатора струму встановленого на типах генератора. Фази включення трансформаторів вибираються відповідно до принципової схемою датчика активного струму. ,

Включенням додаткових резисторів $R_{d1} - R_{d4}$ забезпечується отримання штучного «нуля», завдяки чому при чисто активному навантаженні генератора ($\cos\varphi = 1$) фази напруги живильного трансформатора T_r і фази струму вторинної обмотки трансформатора струму, від якого живиться узгоджувальний трансформатор T_c збігаються (рис.7.2, а).

Датчик активного струму виділяє активну складову струму навантаження генератора, оскільки саме цієї складової визначається активна потужність генератора. Регулюємо уставкой швидкості.

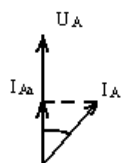


Рис.7.2 – Векторна діаграма фази генератора.

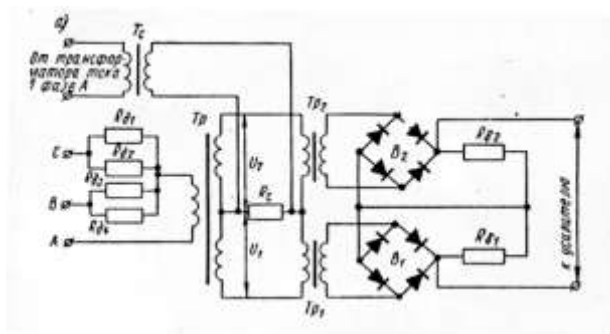


Рис. 7.3 – Принципова схема датчика активного струму

При відсутності струму навантаження напруги U_1 і U_2 (рис.7.3.) Однакові, напруги на вторинних обмотках трансформаторів TP1 і TP2 однакові, напруга на виході дорівнює 0. При активному навантаженні, падіння напруги на резисторі R_c U_{Rc} Направлено зустрічно з напругою U_2 і згідно з напругою U_1 . В результаті напруга на виході трансформатора TP2 зменшується, а на виході трансформатора TP1 збільшується. На виході датчика з'являється сигнал пропорційний активному току.

При індуктивному характері навантаження незалежно від величини U_{Rc} , (рис.7.4, б) напруга на виході трансформаторів TP1 і TP2 однакові, тобто датчик не реагує на реактивний характер навантаження.

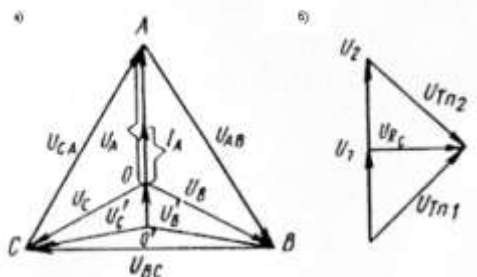


Рис.7.4 – а) векторна діаграма напруг і струму вимірювальної частини датчика; б) векторна діаграма при індуктивному навантаженні.

При активно-індуктивному навантаженні, напруга на вході трансформатора TP1 збільшується, на трансформаторі TP2 зменшується, на виході датчика сигнал пропорційний активній складовій.

Датчик частоти

Датчик частоти УРЧН-1Ч складається з: магнітного підсилювача, вузла зсуву, вузла управління. Потенціометром П1 задають положення робочої точки. При частоті 50 Гц Падіння напруги на резисторі R_{b1} і на резисторі R_{b2} однакові. Вихідна напруга одно 0. При зміні частоти, змінюються опору X_L і X_{c3} , Падіння напруги на резисторах R_{b1} і R_{b2} - різний, з'являється керуючий сигнал відповідної полярності та величини. Опір робочих обмоток підсилювача змінюються, на виході з'являється сигнал (див. Принцип роботи підсилювача).

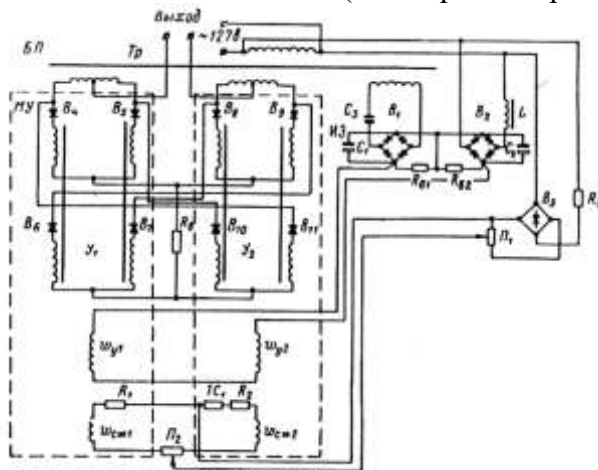


Рис.7.5 – Принципова схема датчика частоти

Перетворювач

Пристрій розподілу потужності УРМ - П побудовано на базі напівпровідникових елементів. Відмінною особливістю цього пристрою є те, що забезпечує імпульсний управління серводвигуном.

До складу УРМ - П входить: датчик активного струму, датчик частоти, підсилювач.

Основні вихідні параметри: рівномірний розподіл навантаження з точністю до 5%. При зміні навантаження від 20 до 110%. Зміна коефіцієнта потужності від 0,7 до 1.

Принципова схема перетворювача УРМ - П складається з: трансформаторно-випрямного блоку, підсилювача, тригера, мультивібратора.

Мультивібратор I і тригер II отримують харчування через обмотки 6-7, 9-10 трансформатора ТР1 і випрямлячі Д15, Д19. Залежно від того яка полярність, струм протікає через відповідні цієї полярності діоди випрямлячів Д13 ... Д16, Д17 ... Д20. Шлях протікання струму покажемо на одному з випрямлячів: на обмотці 6 трансформатора ТР1 знак «-», а на обмотці 8 - «+»; тоді тригер і мультивібратор отримує харчування по ланцюгу: «-» обмотки 6 - діод Д14 - на тригер і мультивібратор, і «+» обмотки 8 - Д15 - на тригер і мультивібратор.

Підсилювач III отримує харчування через обмотку 11 - 12, а через обмотку 13 - 14 і випрямляч Д5 ... Д9 отримує харчування серводвигун.

Мультивібратор виробляє прямокутні імпульси, які згладжуються завдяки, включеним паралельно один одному резистора R25 і конденсатора С3, як показано на рис. 7.7. Вихідного напруги мультивібратора не вистачає для відкриття транзистора пп1. Тому для відкриття пп1 подається сигнал з датчика активного струму, який підсумовується з вихідним сигналом мультивібратора. Транзистор пп1 відкритий на проміжку часу t_1 .

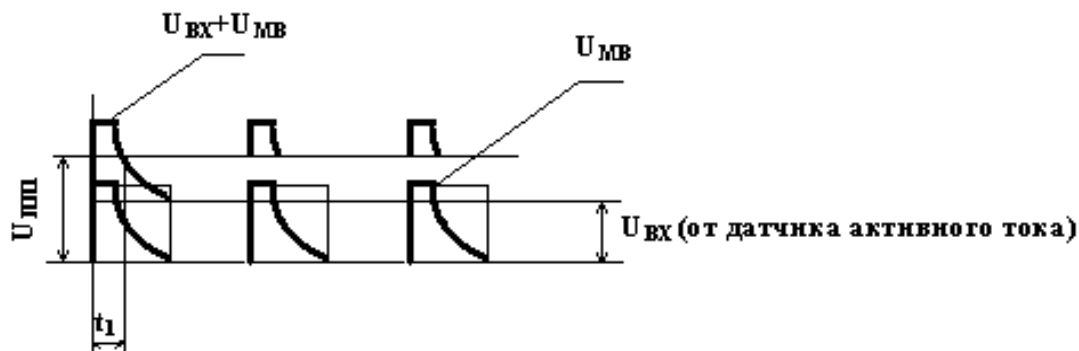


Рис. 7.7

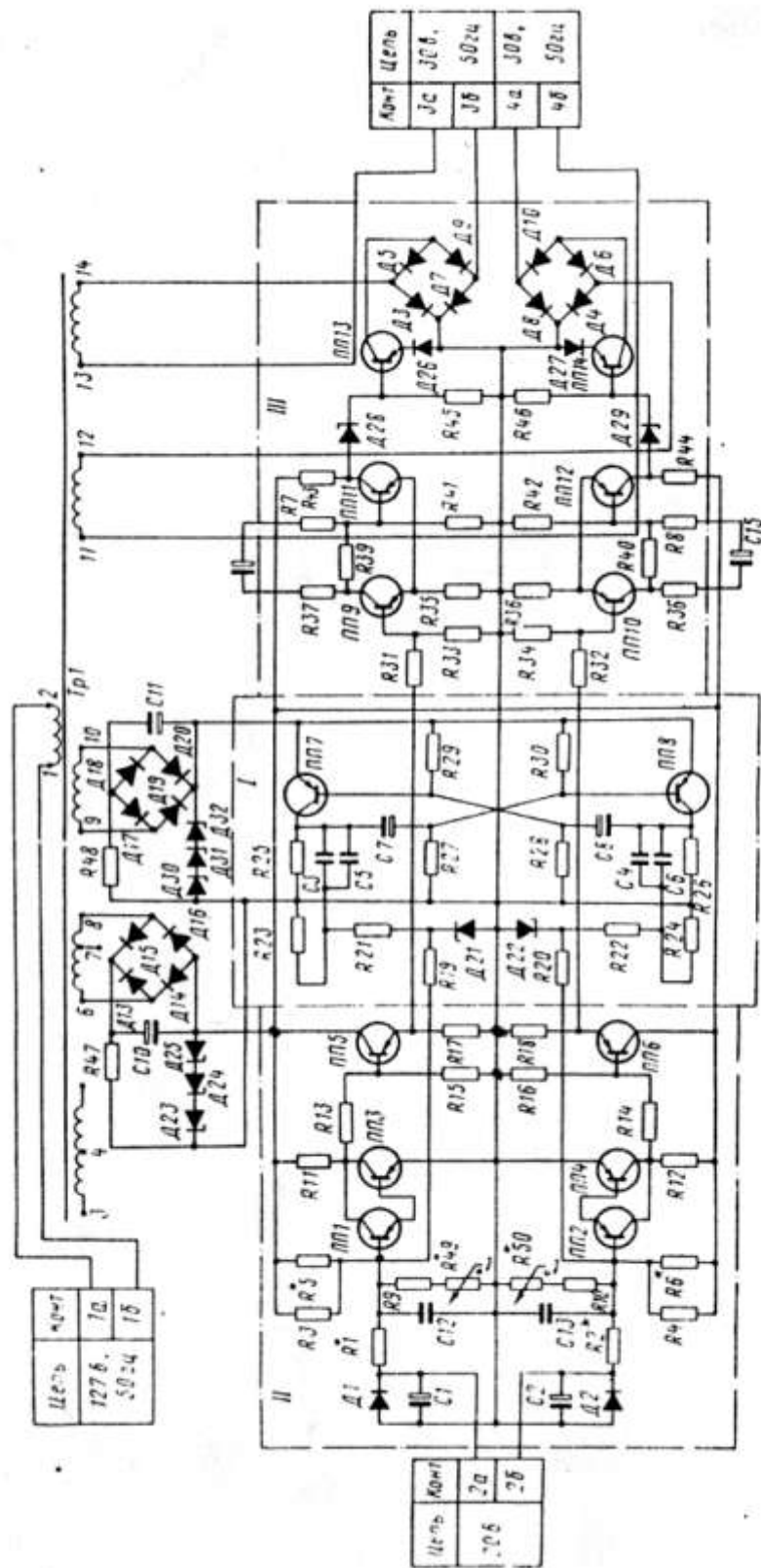


Рис. 7.8 – Принципова схема перетворювача.

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Перелічіть види розподільних щитів.
2. Які системи розподілу електроенергії застосовуються на судах?
3. Перелічіть основні показники СЕЕС.
4. За якими ознаками класифікують СЕЕС?
5. Що включає в себе технічна експлуатація СЕЕС?
6. Які заходи необхідно виконати при складанні електрообладнання після ремонту?
7. Перерахуйте прилади, які використовуються при оцінці ТС СТС.
8. Перелічіть види огляду СЕЕС.
9. Що включає в себе чергове і щорічне огляд СЕЕС?
10. Що включає в себе огляд електрообладнання?
11. Що необхідно перевірити при огляді генераторів і збудників? 1
2. Що необхідно перевірити при огляді ГРЩ і АРЩ?
13. Що включає в себе перевірка в дії електрообладнання?
14. Вкажіть норми опору ізоляції суднового електрообладнання.
15. Які заходи необхідно виконати при 1-му, 2-му, 3-му і черговому огляді суднового електрообладнання?
16. Що являють собою експлуатаційні забруднення суднового електрообладнання?
17. Які розчинники застосовують для очищення електрообладнання?
18. Які лаки застосовують в суднових умовах для підвищення електричної міцності і тепловлаговостійкості обмоток?
19. Які основні параметри СЕЕС?
20. Зобразіть структурні схеми автономних СЕЕС.
21. Зобразіть структурну схему СЕЕС з відбором потужності.
22. Зобразіть структурну схему електростанції з однією системою збірних шин. Поясніть її роботу.
23. Зобразіть структурну схему електростанції з двома системами збірних шин. Поясніть її роботу.
24. Перерахуйте основні типи суднових синхронних генераторів. Наведіть діапазони зміни їх вихідних параметрів.
25. Перерахуйте основні характеристики суднових синхронних генераторів.
26. Наведіть основні робочі характеристики суднових синхронних генераторів.
27. Поясніть принцип роботи системи збудження СГ від збудника постійного струму.
28. Поясніть принцип роботи системи збудження СГ з самозбудженням.
29. Поясніть принцип роботи системи збудження СГ зі збудником змінного струму.
30. Яким чином здійснюється початкове збудження СГ?
31. Поясніть роботу системи гасіння магнітного поля СГ.
32. Підвищений нагрів СГ: ймовірна причина і способи усунення?
33. Іскріння щіток і обгорання контактних кілець СГ: ймовірна причина і способи усунення?
34. Загальний нагрів СГ: ймовірна причина і способи усунення?
35. Надмірне нагрівання обмоток статора СГ: ймовірна причина і способи усунення?
36. Перегрів обмотки ротора СГ: ймовірна причина і способи усунення?
37. Низький опір ізоляції СГ: ймовірна причина і способи усунення? 3
8. Генератор не порушують: ймовірна причина і способи усунення?
39. Напруга на затискачах СГ знижений або зменшений струм ротора при паралельній роботі: ймовірна причина і способи усунення?
40. Напруга СГ підвищено і не регулюється: ймовірна причина і способи усунення?
41. Стійкі коливання напруги СГ: ймовірна причина і способи усунення?
42. При пуску ГА відсутня напруга і частота. Стрілки приладів на нулі. (При пуску дизеля стисненим повітрям колінвал НЕ повертається). Які можливі несправності дизеля і як їх усунути?
43. Напруга і частота генератора знижені. (Дизель не розвиває необхідної потужності і частоти обертання при збільшенні подачі палива). Які можливі несправності дизеля і як їх усунути?

44. Напруга і частота генератора коливаються. (Частота обертання дизеля нестійка). Які можливі несправності дизеля і як їх усунути?
45. При зупинці ГА напруга і частоти стабільні. (Дизель не зупиняється при переводі рукоятки управління в положення "стоп"). Які можливі несправності дизеля і як їх усунути?
46. Напруга і частота генератора знижуються до нуля. (Дизель раптово зупиняється). Які можливі несправності дизеля і як їх усунути?
47. Напруга і частота генератора вище номінальної. (Дизель різко збільшує швидкість обертання). Які можливі несправності дизеля і як їх усунути?
48. При одиночній роботі генератора напруга і частота знижені. (Двигун не розвиває заданої частоти обертання). Які можливі несправності регуляторів частоти обертання дизеля і як їх усунути?
49. Частота і напруга генераторів вище номінальної. (Надмірно підвищується частота обертання). Які можливі несправності регуляторів частоти обертання дизеля і як їх усунути?
50. Частота, напруга і потужність коливаються. (1. Регулятор мимовільно змінює частоту обертання. 2. Двигун працює нестійкий). Які можливі несправності регуляторів частоти обертання дизеля і як їх усунути?
51. Частота, напруга і потужність зменшуються. (Двигун перевантажується). Які можливі несправності регуляторів частоти обертання дизеля і як їх усунути?
52. Параметри генератора не змінюються при спробі дистанційного регулювання. (При дистанційному регулюванні не змінюється частота обертання двигуна). Які можливі несправності регуляторів частоти обертання дизеля і як їх усунути?
53. При паралельній роботі відбувається коливання частоти, напруги, потужності. (Відбувається перерозподіл навантаження між двигунами при паралельній роботі). Які можливі несправності регуляторів частоти обертання дизеля і як їх усунути?
54. Про які параметри залежить напруга на виході СГ?
55. Дайте визначення наступним робочим параметрам СГ:
56. відхилення напруги
57. найбільше відхилення напруги
58. час відновлення напруги
59. Коли застосовується Астатичне регулювання напруги генератора і екрані нерухомого? Що називається коефіцієнтом статизму?
60. Поясніть принцип регулювання Арн по впливі, що обурює.
61. Поясніть принцип регулювання Арн по відхиленню регульованої величини.
62. Поясніть комбінований принцип регулювання Арн.
63. У чому полягає принцип компаундирования?
64. Поясніть роботу системи Арн з амплітудно-фазовим компаундированием.
65. Яким чином в системі Арн з амплітудно-фазовим компаундированием здійснюється регулювання по струму навантаження?
66. Яким чином в системі Арн з амплітудно-фазовим компаундированием здійснюється регулювання за коефіцієнтом потужності навантаження?
67. Які основні обурення впливають на роботу СГ?
68. Яке призначення коректора напруги?
69. Яким чином реалізується гнучка зворотний зв'язок по току ротора в коректорі напружений?
70. Поясніть роботу тригера в коректорі напруги КН-6.
71. Яким чином можна регулювати коефіцієнт посилення коректора напруги КН-6?
72. Наведіть графічну ілюстрацію роботи коректора напруги КН-6.
73. Поясніть принцип роботи коректора напруги КН-6.
74. Наведіть структурну схему і поясніть принцип роботи тиристорного регулятора напруги фірми "Стромберг".
75. Наведіть основні характеристики Сарни синхронних генераторів.
76. Перелічіть переваги паралельної роботи СГ.
77. Які проблеми виникають при паралельній роботі СГ?
78. Які умови необхідно забезпечити для включення генераторів на паралельну роботу?

79. Наведіть принципову схему включення генераторів на паралельну роботу при точній синхронізації.
80. Опишіть послідовність дій при включенні генераторів на паралельну роботу при точній синхронізації.
81. Опишіть принцип точної синхронізації з постійним часом випередження.
82. Опишіть принцип точної синхронізації з постійним кутом випередження.
83. Опишіть принцип дії синхронізатора УСГ-1П. Наведіть його установчі параметри.
84. Опишіть пристрій синхронізатора УСГ-35. Наведіть його установчі параметри.
85. Опишіть принцип дії блоку синхронізації генератора БСГ уніфікованої системи управління «Іжора-М».
86. Наведіть принципову схему включення генераторів на паралельну роботу при грубій синхронізації.
87. Опишіть послідовність дій при включенні генераторів на паралельну роботу при грубій синхронізації.
88. Опишіть будову та принцип дії лампових Синхроноскопи.
89. Опишіть будову та принцип дії стрілочного синхроноскопа.
90. Опишіть принципову схему і послідовність дій при самосинхронізації.
91. Що буде відбуватися з паралельно працюючими на холостому ходу генераторами якщо збільшувати уставку регулятора швидкості одного з них?
92. Наведіть статичні швидкісні характеристики генераторних агрегатів, що працюють на холостому ходу, коли один з них повністю покриває навантаження іншого.
93. Як розрахувати ступінь нерівномірності розподілу навантажень і зміна частоти на виході мережі при незбіжних характеристиках генераторів, що працюють паралельно?
94. У зв'язку з чим відбувається зміна частоти при перерозподілі навантажень?
95. Яким чином здійснюється примусове перерозподіл навантажень паралельно працюють генераторних агрегатів?
96. Що відбувається при зміні струму збудження одного з генераторів. Яким чином стійке розподіл реактивної навантаження?
97. Яким чином в загальному випадку здійснюється перерозподіл навантажень паралельно працюють генераторних агрегатів?
98. Які можуть бути причини коливання потужності у паралельно працюють генераторних агрегатів?
99. На яку величину підвищиться потужність теплового двигуна номінально завантаженого першого генераторного агрегату, якщо другий скине 25% потужності?
100. В якому випадку можливий «розвал» паралельної роботи генераторних агрегатів?
101. Яким чином буде змінюватися режим роботи підключається в паралель генератора, якщо:
102. він підключався на холостому ходу з нульовим ковзанням;
103. частота його обертання в момент включення перевищувала перший на величину статизму.
104. Поясніть яким чином здійснюється автоматичне регулювання режиму паралельної роботи по частоті і активної потужності.
105. Яким чином відбувається автоматичний набір активної навантаження при підключенні генератора на паралельну роботу?
106. Яким чином забезпечити автоматичний розподіл навантажень між генераторними агрегатами з заданим співвідношенням?
107. Яку функцію виконує «базовий» генераторний агрегат? Що необхідно зробити для того, щоб цю функцію перекласти на інший агрегат?
108. Які можливі причини неточності розподілу активного навантаження між генераторними агрегатами?
109. Яким чином здійснюється автоматичне регулювання частоти при паралельній роботі?
110. Покажіть блок-схему УРЧН і поясніть принцип його роботи. Наведіть його основні вихідні характеристики.
111. Наведіть загальну характеристику УРМ та його вихідні параметри.

112. Наведіть загальну характеристику блоку розподілу навантажень генераторів автоматизованої системи «Іжора-М02».
113. Які загальні функції виконує захист СЕЕС?
114. Які нештатні ситуації вимагають спрацьовування захисту?
115. Які вимоги пред'являються до захисту?
116. Яким чином організовується захист суднових електродвигунів?
117. Яким чином здійснюється захист суднових трансформаторів?
118. Яким чином організовується захист суднових генераторних агрегатів?
119. Яким чином здійснюється захист судновий електричної мережі?
120. Яким чином здійснюється захист електродвигунів від зниження напруги?
121. Яким чином здійснюється захист електродвигунів від перевантаження?
122. Яким чином здійснюється вибір вимикачів по току?
123. Яким чином здійснюється перевірка вимикачів у розмірі граничної струмів короткого замикання?
124. Яким чином здійснюється вибір запобіжників?
125. Яким чином здійснюється вибір реле зворотного потужності?
126. Яким чином здійснюється вибір пристроїв автоматичного розвантаження генераторних агрегатів і автоматичного включення резерву?
127. Для чого призначені автоматичні вимикачі? Що входить в їх склад? Наведіть основні характеристики автоматичних вимикачів.
128. Які генераторні АВ і мережеві АВ застосовуються на судах?
129. Які функції виконують комбіновані захисні пристрої?
130. Опишіть призначення, пристрій, принцип роботи і приведіть основні характеристики пристрою струмового захисту типу УТЗ.
131. Опишіть призначення, пристрій, принцип роботи і приведіть основні характеристики комбінованого захисного пристрою типу RYGIA фірми ACEA.
132. Опишіть призначення, пристрій, принцип роботи і приведіть основні характеристики комбінованого захисного пристрою типу SATR5 фірми Сіменс.
133. Перелічіть основні вимоги, що пред'являються до аварійних джерел електроенергії на судах.
134. Перерахуйте основні параметри акумуляторів.
135. Назвіть типи акумуляторів, які використовуються на судах в якості аварійних джерел енергії.
136. Яким чином готується електроліт для кислотних АБ.
137. Яким чином здійснюється заливка електроліту в акумулятори?
138. Яким чином здійснюється введення в експлуатація нових кислотних акумуляторних батарей?
139. Яким чином здійснюється заряд кислотних АБ, що знаходяться в експлуатації?
140. Яким чином реалізується тренувальний цикл кислотних АБ?
141. Яким чином здійснюється розряд кислотних АБ?
142. Яким чином готується електроліт для лужних АБ.
143. Яким чином здійснюється введення в експлуатація зберігалися в сухому місці лужних акумуляторних батарей?
144. Яким чином здійснюється заряд лужних АБ?
145. Яким чином здійснюється розряд лужних АБ?
146. Яким чином здійснюються контрольні випробування лужних АБ?
147. Перерахуйте характерні несправності кислотних АБ і способи їх усунення.
148. Перерахуйте характерні несправності лужних АБ і способи їх усунення.
149. Опишіть пристрої, за допомогою яких здійснюється заряд АБ на судах. Наведіть їх основні характеристики.
150. Яким чином здійснюється харчування судна з берега? Як впливає спосіб заземлення суднової мережі на спосіб підключення?
151. Опишіть послідовність дій при підключенні судна до берегової мережі. Ким здійснюється підключення?
152. Які бувають способи конструктивного виконання розподільних пристроїв?
153. Перерахуйте вимоги, пред'являючи до розподільних пристроїв.

154. Яка забарвлення шин суднової мережі?
155. Наведіть склад ГРЩ. Як розміщують його окремі секції?
156. Які прилади та апарати встановлюються на генераторних секціях ГРЩ? Яке їхнє призначення?
157. Які прилади та апарати встановлюються на секціях управління ГРЩ?
158. Яким чином, за допомогою яких приладів здійснюється контроль опору ізоляції суднової мережі під напругою?
159. Які мінімально допустимі значення опору ізоляції в суднових мережах?
160. Опишіть пристрій показчика порядку чергування фаз.
161. Яке призначення, пристрій пультів управління?
162. Наведіть приклад найпростішої мнемонічної схеми електростанції.
163. Що входить до складу вторинних розподільних щитів? Опишіть принципову схему РЩ.
164. Що являє собою розподільний щит з автоматами? Опишіть його принципову схему.
165. Назвіть характерні несправності розподільних щитів і опишіть способи їх усунення.
166. Назвіть характерні несправності автоматичних вимикачів і опишіть способи їх усунення.
167. Опишіть пристрій і принцип дії уніфікованого функціонального пристрою звукової і світлової сигналізації.
168. Опишіть пристрій і принцип дії уніфікованого функціонального пристрою розподілу активної потужності (УРМ).
169. Опишіть пристрій і принцип дії уніфікованого функціонального пристрою контролю опору ізоляції.
170. Опишіть пристрій і принцип дії уніфікованого функціонального пристрою автоматичного включення резерву.
171. Опишіть пристрій і принцип дії уніфікованого функціонального пристрою автоматичного перемикачання харчування
172. Опишіть пристрій і принцип дії уніфікованого функціонального пристрою захисту від обриву фаз і сигналізації про зниження напруги.
173. Поясніть принцип роботи системи дистанційного автоматичного запуску дизель-генератора.
174. Опишіть електричну частину електропневматичної системи ДАУ дизель-генератора.
175. Опишіть пристрій і принцип дії уніфікованого функціонального пристрою автоматичного відключення другорядних споживачів при перевантаженні дизель-генераторів.
176. Опишіть принцип побудови систем централізованого контролю в суднових електроустановках.
177. Що входить до складу суднових систем синхронної зв'язку СС? Які типи СС ви знаєте?
178. Опишіть індикаторний режим роботи системи СС.
179. Опишіть трансформаторний режим роботи системи СС.
180. Опишіть роботу рульового електроприводу простого дії.
181. Опишіть роботу рульового електроприводу по стежить системі (Г-Д; ТПН-ДПТ; ПЧ-АД).
182. Опишіть принцип роботи Авторульові пристроїв. Наведіть структурну схему САУ авторульового
183. Опишіть роботу авторульового АБР.
184. Опишіть роботу авторульового «Лелека».
185. Опишіть роботу авторульового «Печора».
186. Опишіть функціональну схему авторульового «Функверк Кепеник».
187. Опишіть схему адаптивного авторульового «Декка».
188. Поясніть принцип роботи релейно-контакторних систем керування електроприводами якірно-швартовних механізмів.
189. Поясніть принцип роботи електроприводу автоматичної швартовної лебідки.
190. Поясніть принцип роботи електроприводу підйому суднового вантажопідіймального крана.
191. Поясніть принцип роботи електроприводів вантажопідіймних механізмів з безпосередніми перетворювачами частоти.
192. Поясніть принцип роботи електроприводів вантажопідіймних механізмів з перетворювачами частоти інверторного типу.