

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

Конспект лекцій з дисципліни

АВТОМАТИЗАЦІЯ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ

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: Конспект лекцій для підготовки магістрів спеціальності 271 Морський та внутрішній водний транспорт, спеціалізація 271.03 «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики» / Укл. В.О. Яровенко – Одеса: ОНМУ, 2023 – 112 с.

Укладачі: Яровенко Володимир Олексійович – завідувач кафедри «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автомат

Методичні вказівки схвалено на засіданні кафедри «Експлуатація суднового електрообладнання і засобів автоматики», протокол № 10-22/23 від 25.05.2023 року.

1. ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДВИГУНАМИ ЗУЛЬЦЕР RT-FLEX

1.1 Концепція RT-flex

Концепція RT-flex була застосована до без кулачкової технології Sjlzer RTX-3, що відрізняється простотою, надійністю, гнучкістю. Перше покоління дизельного двигуна Зульцера з електроуправлінням з 1981 року це система вприску палива типу SUSIG mark 1, що є спільною роботою фірм Зульцер і шведської Industiegeseellschaft SIG.

Система сумісна з RTA-двигуном щодо установки в машинному відділенні 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 вприскування 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**) (**гір драйв**) як і паливні насоси. Обидва приводи вихлопного клапана і загальної магістралі уприскування управляються швидкодіючими соленоїдними клапанами **Sulzer Rail Valve** (Зульцер Рейл 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 запевною 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 вприскування палива «*common rail fuel injection*» (**комон рейл фьюел інджекшн**) для великих дизельних двигунів.

Звичайні, не "common rail", системи мають обмежену можливість по створенню тиску, і по регулюванню часу (таймінг) в інжекційних насосах. На противагу 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 управління або, якщо треба, то в унісон. Характер паливного вприскування може змінюватися окремими паливними клапанами, отримавши по черзі, потрібне (**triple injection**) (**трипл інджекшн**) або попереджуче (**preinjection**) (**приінджекшн**) вприскування.

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

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

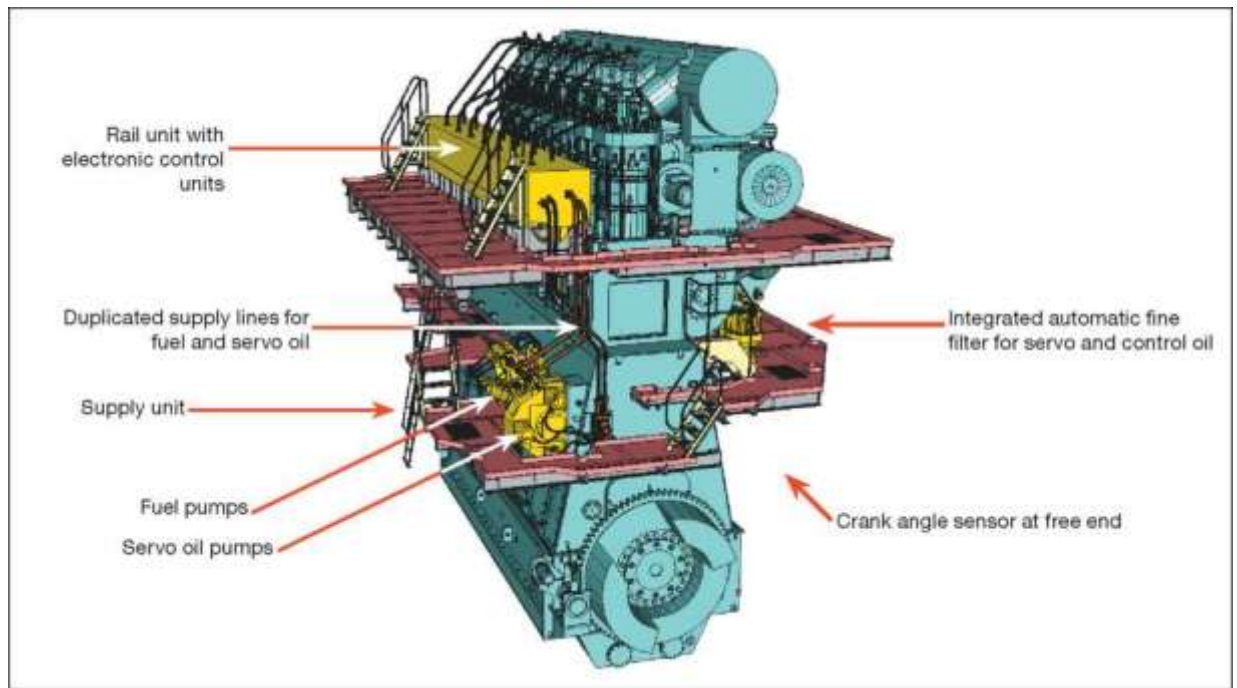
Волюметричне паливне вприскування (примусове вприскування палива за допомогою форсунок у впускний колектор або в циліндр).

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

Наявність допусків виробника, похибки в механічних регулювань і «не нове» (not-as new) стан після деякого часу експлуатації, призводить до того, що чинна кількість палива, що впорскується по кожному циліндру двигуна є різною. 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 повне волюметричне управління палива **шляхом контролю замкненого контура (closed-loop)**.

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

Зальний вигляд двигуна:



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 керується через проміжний блок виконавчого механізму керованого електронного актуатора.

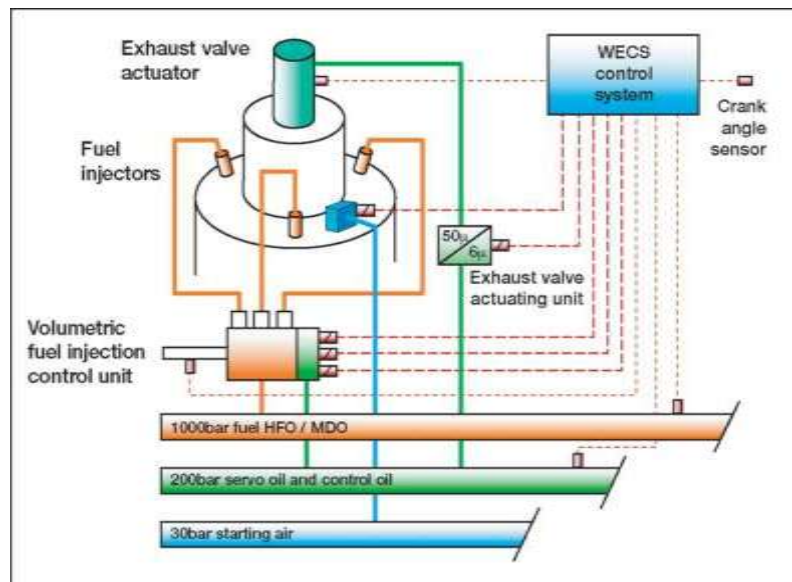


Рис. 11.1 – Схема загальної магістралі Sulzer Common Rail

Два редандантних (зарезервованих) датчика 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 масляними насосами високого тиску. Ці наноси вводяться в дію такої самої передачі (**gear train**) (**гиа трейн**), як і паливні насоси. Мاستило з двигуна використовується в якості масла сервоприводу, що робить систему простою і сумісною.

Перед тим як потрапити в схему сервоприводу масло пропускається через 6-мікронний 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. Повне електронне управління роботою вихлопного клапана в поєднанні зі змінним до 200 bar тиском масляного сервоприводу забезпечує високу ступінь гнучкості для зміни конфігурації (**patterns**) (**петенс**) відкриття і закриття.

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

Найважливішим новим елементом є швидкодіючий 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.

1.4. Система управління Sulzer Common Rail типу WECS 9500

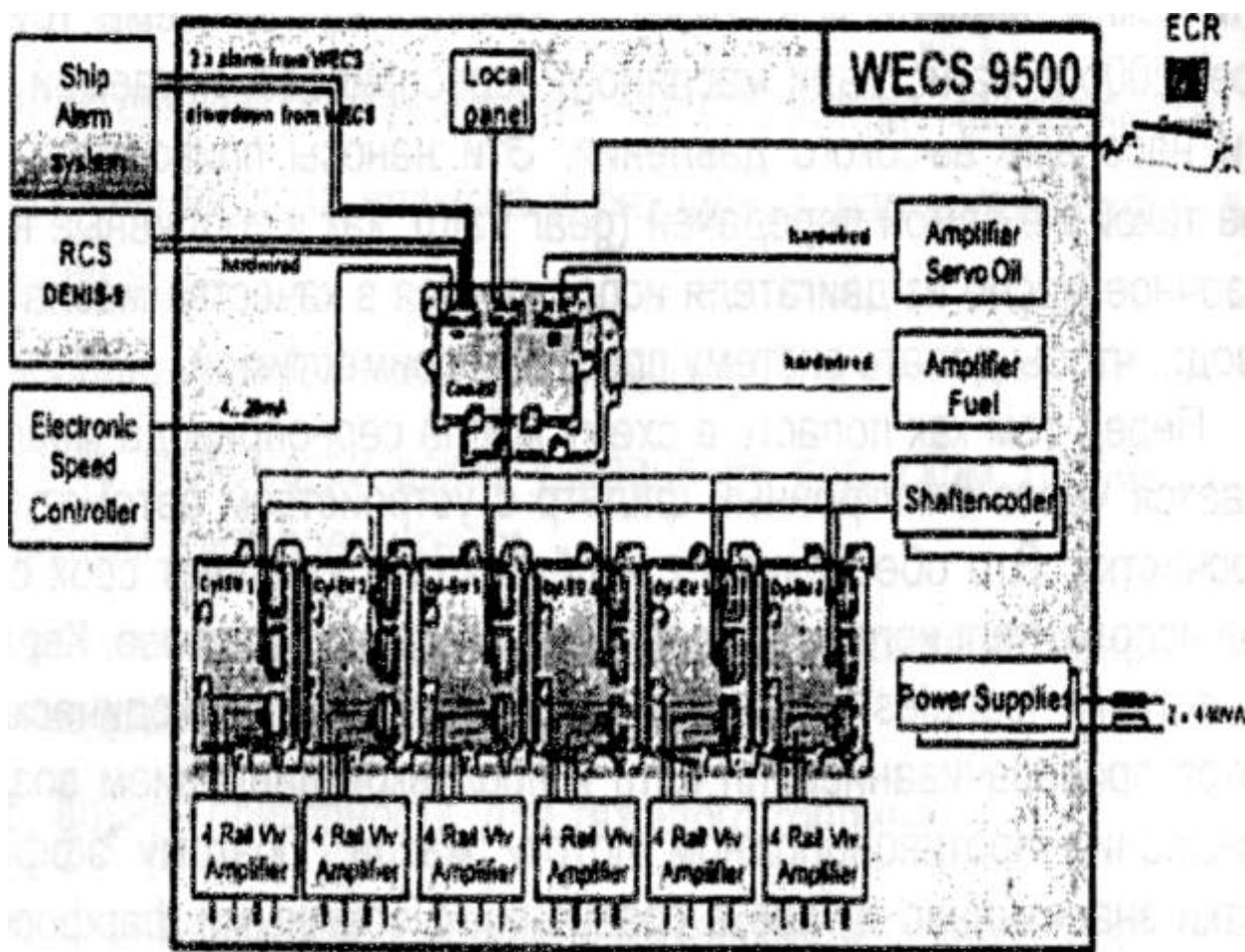


Рис. 11.2 – Система управління Sulzer Common Rail типа WECS 9500

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

Тобто - використання:

- 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 має все програмне забезпечення, необхідне для управління та оптимізації Sulzer Common Rail.

1.5 Характерні особистості та безпека RT-flex:

- безпека (*safety*), гнучкість та доступність (*flex specific availability*);
- головні функції і датчики повинні бути зарезервовані (редундантними); коли функція циліндра порушується, то flex-двигун може залишатися в роботі зі зниженим навантаженням.
- додатково RT-flex має кілька аварійних режимів і в цілому нову особливість, яку називають обслуговуванням на ходу (*on-line maintenance*); це означає, що, наприклад, клапан магістралі можна замінити на працюючому двигуні

Sulzer RT-flex є варіантом ідеально придатним для:

- Адаптації до різних режимів роботи
- Адаптації до різних палив
- Оптимізація навантажувальних характеристик
- Стійкої роботи на знижених оборотах
- Чіткого дотримання правил викидів
- Виграшу за часом між капітальними ремонтами
- Завдяки дії систем гідравлічного та електронного врядування **відпадає**

необхідність в кулачках, і кулачковому механізмі. Це дозволяє скоротити чисту вагу (netto) двигуна і спростити складальні роботи.

- Оптимізація процесу спалювання палива, особливо на часткових навантаженнях

- Зменшення ваги, приблизно 2 тонни на циліндр для 58-го діаметру
- Скорочення механічних і термічних навантажень шляхом врівноваження тисків і температур горіння.

- Баланс (врівноваження) температур вихлопних газів
- Функції узагальненого контролю
- Зниження внутрішніх напружень, моментів і вібрації
- Бездимний режим при уповільненому стіміге (малих ходах)
- Точне регулювання швидкості особливо при повільному плаванні.
- Нижньої порогової швидкістю для 6RT-flex 58T-B є 12 rpm.

1.6. 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 останньому в посту управління.

1 Система управління двигуном WECS- 9500

Виробник WARTSILA Швейцарія.

Можна сказати, що системи WECS є електронної заміною звичайного розподільного валу і розподільника пускового повітря.

Вони забезпечують:

- регулювання моменту початку і тривалості вприскування 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 запро-граммованими в процесі виготовлення системи.

4 *Регулятор швидкості*- 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 головних модуля контролера MCM (main controller modules)
- 1 адаптерний ASM модуль селектора (adapter selector modul ASM)
- 1 міжсітковий інтерфейс (gateway) я інтерфейс до W9A.

Модуль ASM автоматично обирає головний 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, вприскування 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 контролера (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 спрацювання магістральних клапанів (підсилювальний модуль).

Блок - схема системи WECS-9500

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

Модуль COM-EU стикують зовнішні системи, управляють паливні актуатори і масляні насоси.

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

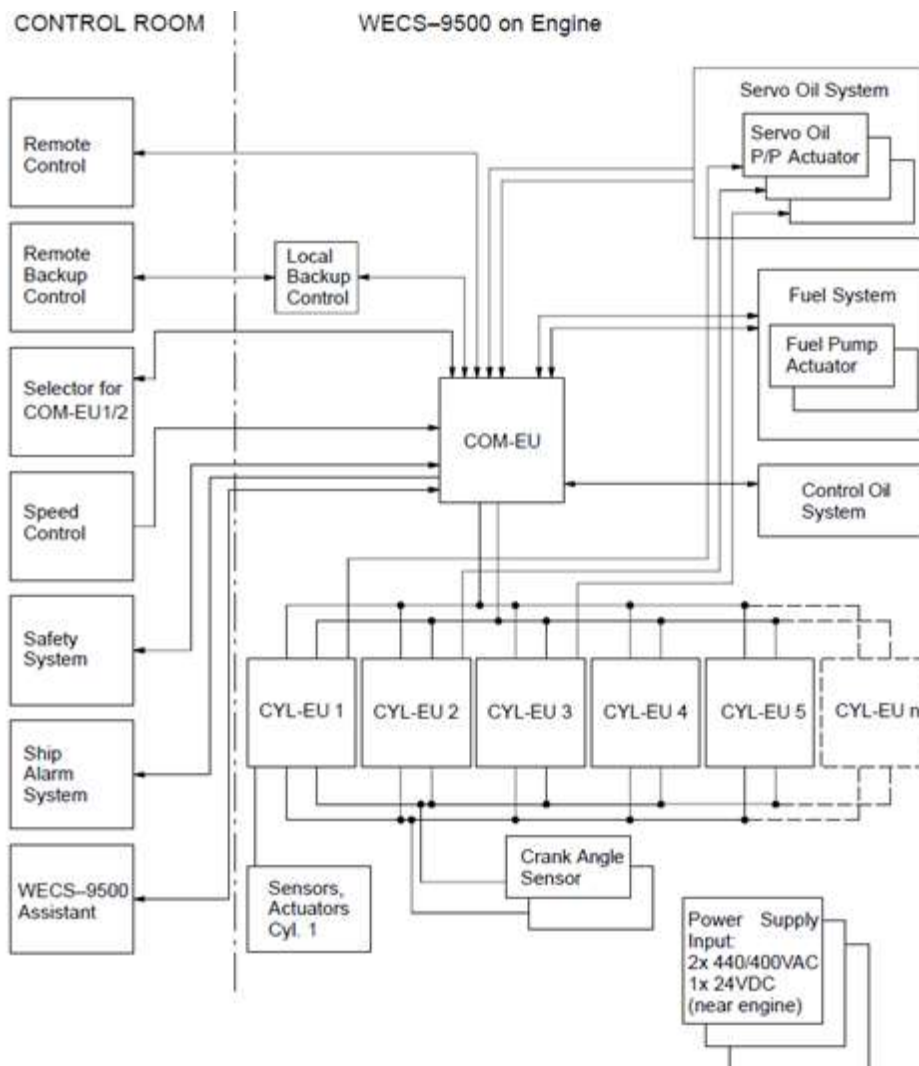


Рис. 11.3 – Блок-схема системи WECS-9500

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 уставки 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 з автоматичним пусковим клапаном.

COMMON ELECTRONIC UNIT (COM-EU)

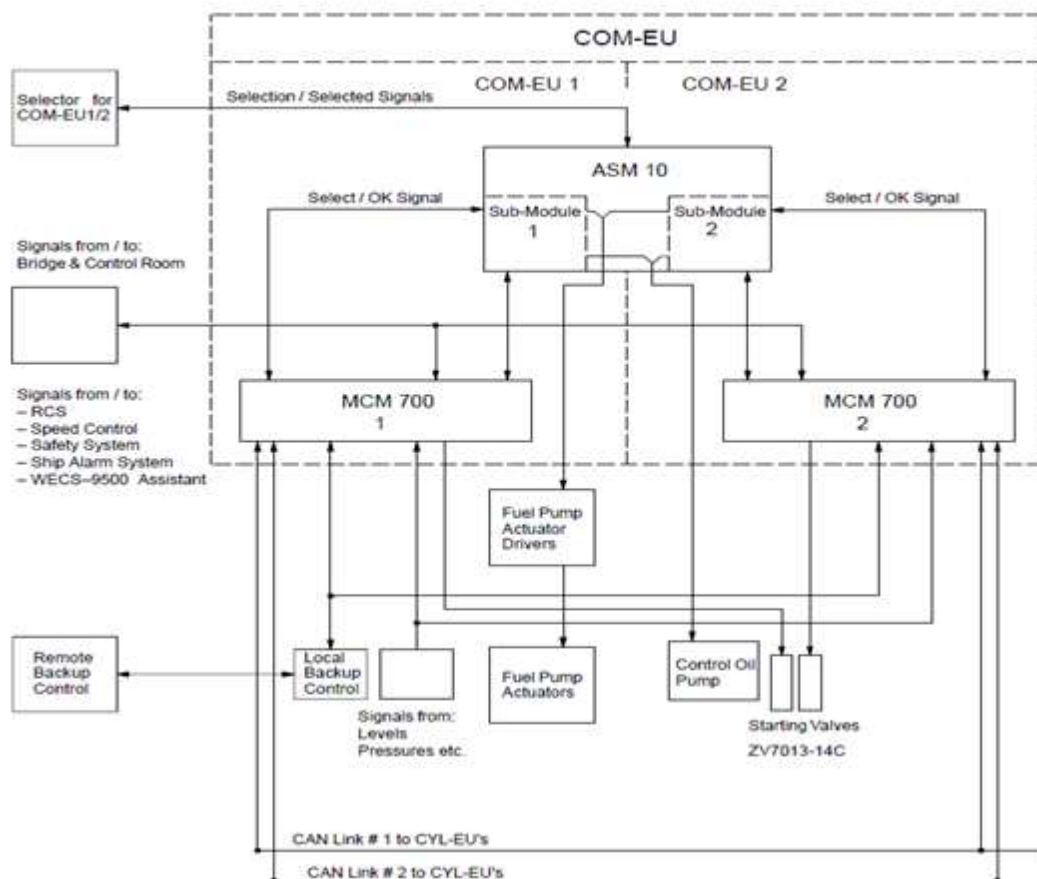


Рис 11.4 – Функціональна схема модуля COM-EU

Функціональна схема електронного блока CYL-EU

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

- CCM зчитують і обробляють інформацію по куту вала в спеціальному 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, змодельованою схемою PWM, на керуючі клапана блоку насосного актуатора.

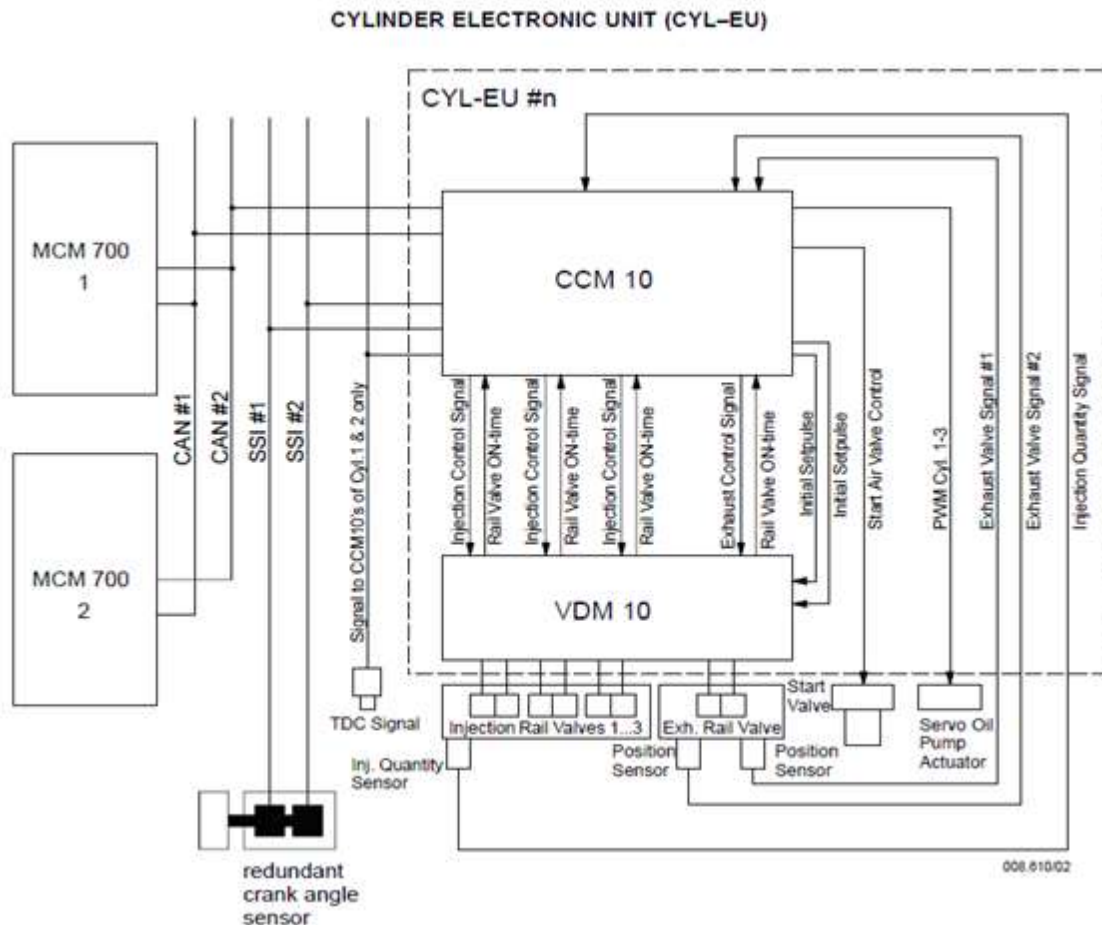


Рис. 11.5 – Функціональна схема електронного блоку CYL-EU

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-952Q така ж, як і у попередньої системи.

1.7 Керування впорском - Volumetric Injection Control

Кожен модуль CCM розраховує для свого циліндра необхідний час впорскування, шляхом обробки сигналу за кутом повороту колінчастого вала і команди навпорскування палива, що надходить з модуля MCM.

Нормальна робота

За кілька градусів до того, як поршень досягне верхньої мертвої точки (ВМТ), модуль CCM (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 упорскування. Час нечутливості вимірюється протягом часу упорскування 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 упорскування і кінець розраховуються модулем **CCM (Cylinder Controller Module)** і реалізується через модуль **VDM (valve deliver module)**.

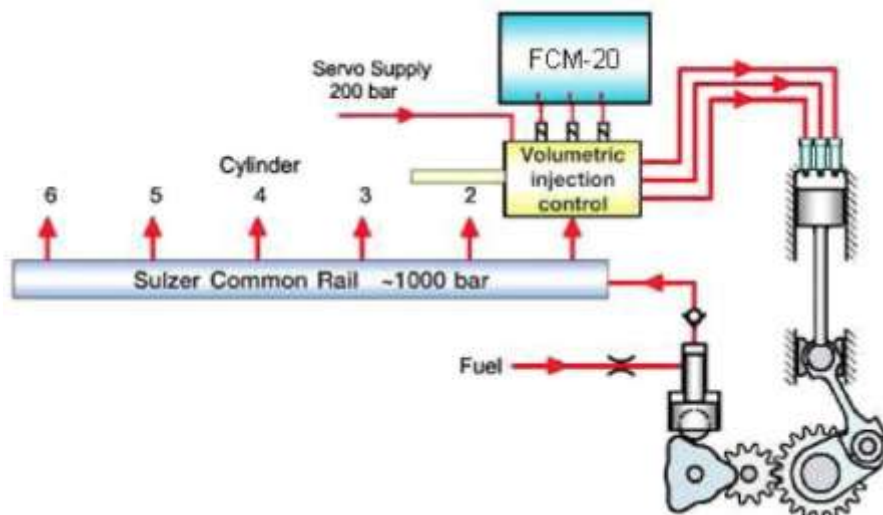


Рис. 11.6 – Схема системи управління впорскуванням

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).

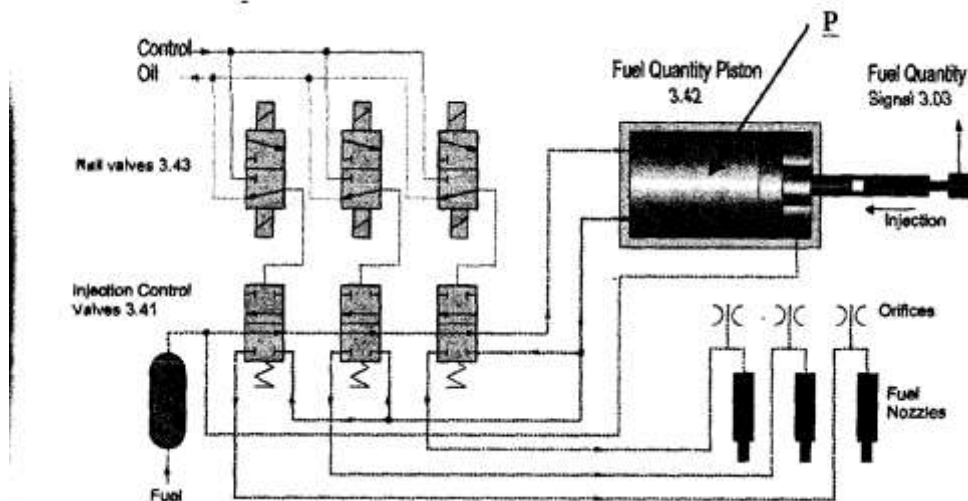
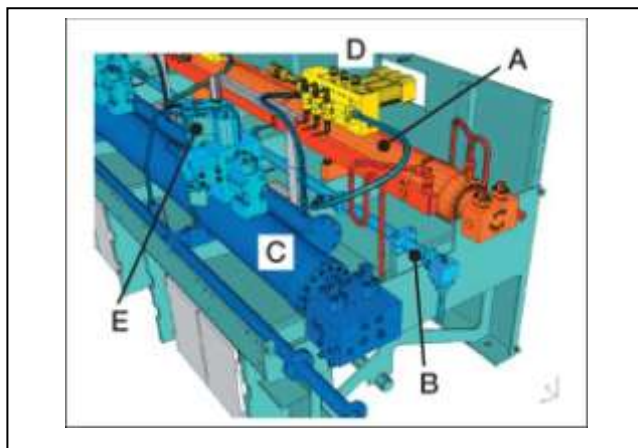


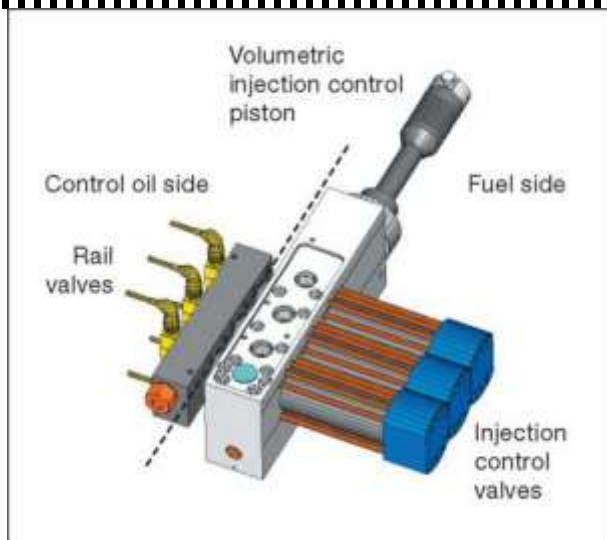
Рис. 11.7 – Схема блока впорскування топлива



На малюнку 9 зліва: Тн-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 впорскування (D) і

Протягом впорскування поршень (fuel quantity piston) переміщається всередині циліндра «Р» і формує аналоговий сигнал зворотнього 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 впорскнуто, модуль ССМ через модуль VDM перемкне магістральні клапана в початкове положення. Негайно клапана управління впорскуванням 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.



Блок управління впорскуванням (ICU) для трьох клапанів впорскування палива одного циліндра. Пунктирна лінія позначає поділ між керуючим маслом і бічними



Робота на малих навантаженнях

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

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

Впорскування через одну форсунку заданої кількості палива здійснюється довше, ніж

через 2 форсунки. Це збільшення часу уприскування дозволяє підтримувати більш постійний тиск впорскування, що покращує розпил і, як наслідок, знижує витрату палива і димність вихлопу.

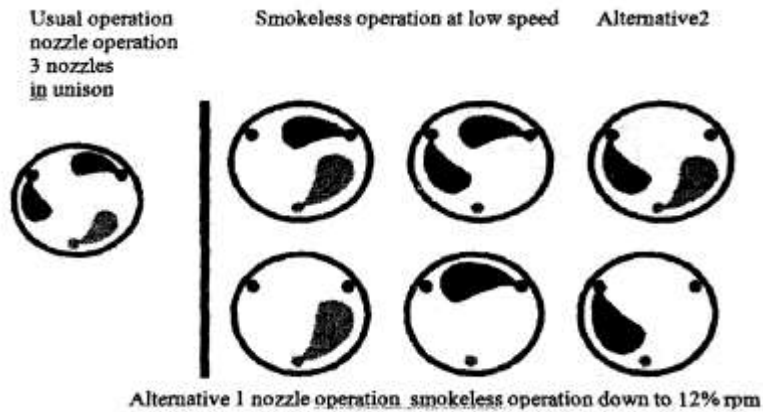
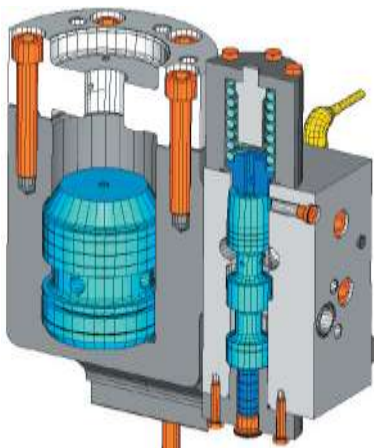


Рис. 11.8 – Робота форсунок на малих навантаженнях

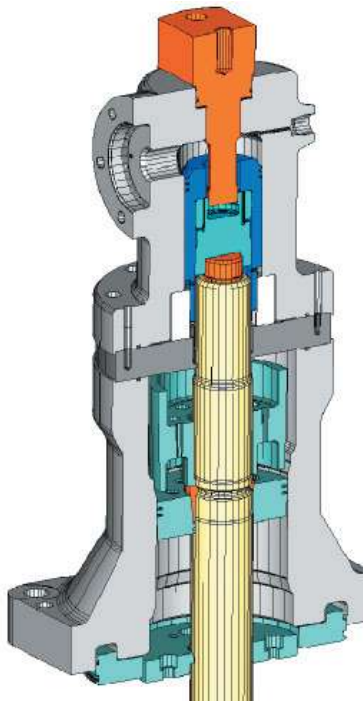
Для розподілу термічного навантаження на циліндричну втулку задіяні форсунки перемикаються кожні 20 хвилин. Циклічність від однієї форсунки до іншої зроблена з 10 секундним інтервалом між кожним циліндром для запобігання димної емісії внаслідок впорскування холодного палива через нову активізовану форсунку.

1.8 Керування випускним клапаном



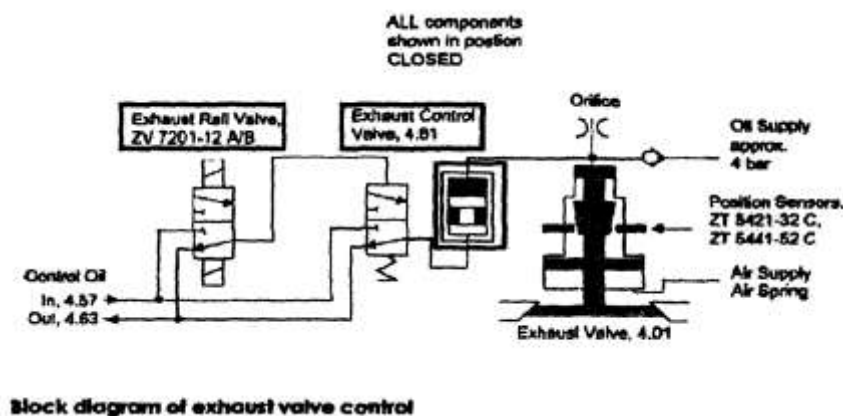
Привід випускного клапана з великим діаметром:

- поршень приводу зліва;
- гідравлічний важіль управління справа



Привід випускного клапана. Зверху випускного клапана шпindel з гiдрaвлiчним цилiндром i пневматичної ресорою. Це два датчики положення (не показані в цьому виді) вимірюють радіальне відстань до конуса для визначення вертикальної осі шпинделя

Рис. 11.9 – Схема системи управління випускними клапанами



Кут повороту колінчастого вала, при якому має відбутися відкриття випускного клапана, розраховується в кожному модулі CCM (cylinder controller module) відповідно виміряним кутом

повороту вала, номінальним кутом відкриття і варіацією кута відкриття VEO (Variable Exhaust Valve Opening) випускного клапана.

Отримавши сигнал, магістральний клапан перемикається в положення «Відкрити». Тиск масла сервоприводу впливає на керуючий поршень усередині роздільного пристрою. Його рух створює тиск масла, що впливає на привід вихлопного клапана. Швидкість відкриття вихлопного клапана регулюється в залежності від навантаження двигуна шляхом зміни тиску в системі сервоприводів.

Вимірюється час між командою на відкриття клапана і початком переміщення шпинделя клапана. Це так зване тимчасове запізнювання відкриття (opening dead time). На наступному обороті ця тимчасова затримка враховується при активації магістрального клапана, подаючи команду на відкриті дещо раніше для компенсації гідравлічних затримок.

Аналогічно вищесказаного модулем CCM визначається і кут закриття випускного клапана (VEC - variable exhaust valve closing).

1.9 Керування випускними клапанами при маневруванні, роботі двигуна на задній хід

При перекладі роботи двигуна на задній хід (ASTERN) кути відкриття і закриття випускних клапанів є дзеркальним відображенням роботи клапанів при ході вперед. Це означає, що передній і задній хід для двигуна RT-flex є однаковими.

Для традиційних двигунів навантаження на задній хід обмежується, що обумовлено різною регулюванням моментів відкриття випускних клапанів, зростанням температур підпоршневу простору. Для двигунів **RT-flex** теоретично можливий повний задній хід зі **100% навантаженням двигуна**.

Завдяки необмеженому діапазону навантаження на задньому ході, можливості забезпечення наднизької швидкості і дуже швидкому виконанню команд реверсування (не більше тимчасових затримок, обумовлених механічним реверсивним механізмом, пневматичними блокуваннями і т.п.) двигун RT-flex забезпечує судно кращими маневреними характеристиками.

Уставка кількості палива і визначення часу впорску

Ці функції відомі і для сучасних двигунів RTA:

- **FQS - Fuel Quantity Setting**, по цій функції призводиться ручна подстройка времені уприскування;
- **VIT - Variable Injection Tinning**, по цій функції виставляється прискорення / уповільнення уприскування відповідно до навантаженням двигуна для оптимізації згорання палива і зниження NOx емісії.
- Відмінність від двигунів RTA полягає в тому, що кути впорскування у двигунів RT-flex більше не пов'язані з часом (випередженням або запізненням), а прив'язані до кута повороту колінчастого вала від 0 до 360°.
- Тому результатом випереджаючого початку уприскування або уставка FQS (при більш високому тиску займання), наприклад + 1 ° для RTA філософії, тепер для RT-flex філософії буде - щодо кута випередження впорскування, тобто замість 3 °, буде 2 ° по колінчастого вала.

.

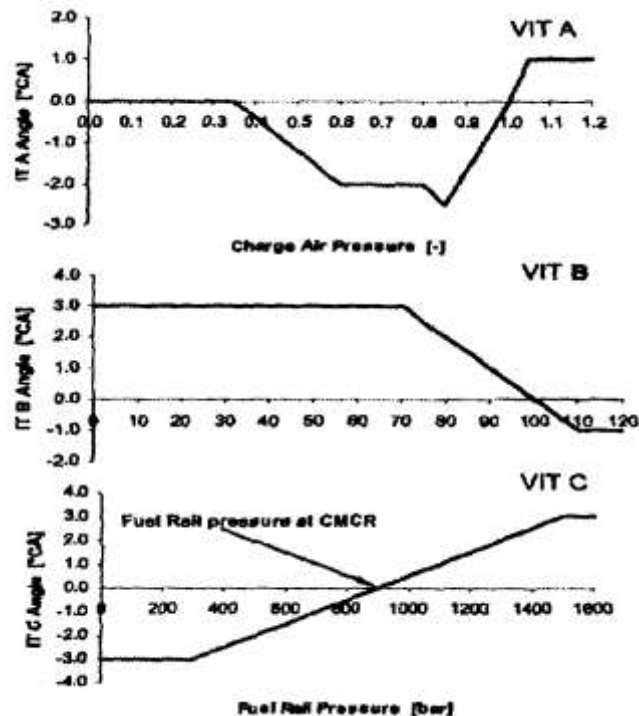


Рис. 11.10 – Діаграми визначення кута впрыску

При розрахуванні **кута впрыску** для RT-flex враховується: кількість обертів, тиск надувачного повітря і (новий) тиск в паливній магістралі.

3-й параметр введений, щоб гарантувати різницю в калібровці часу впрыску при різному тиску в паливній магістралі.

Більш високий тиск палива слугує причиною збільшеного впрыску і підвищення максимального тиску.

Таким чином, початок впрыску по куту, зі зростанням тиску палива буде запізнюватися.

VEC - variable exhaust valve closing - для сучасних двигунів RTA цей параметр відомий, як параметр закриття випускного клапана.

Підбирається тиск сжиму для підтримання параметрів займання ($P_{max}/P_{сomp}$) в допустимому діапазоні під час випереджаючого впрыску.

VEO (Variable Exhaust Valve Opening) - параметр відкриття випускного клапана підтримується постійним тиском випускних газів шляхом більш раннього відкриття клапана при підвищенні швидкості з метою заощадження палива і зменшення відложень на дні поршня.

У RT-flex параметри VEC і VEO розраховуються системою WECS і не можуть змінюватися вручну.

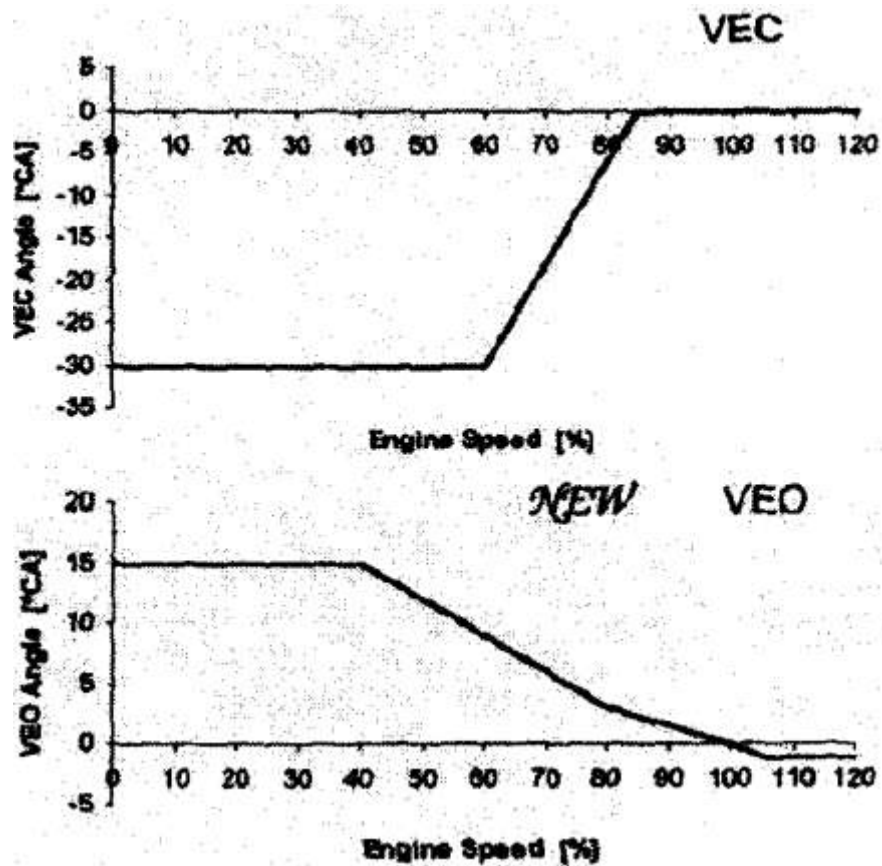
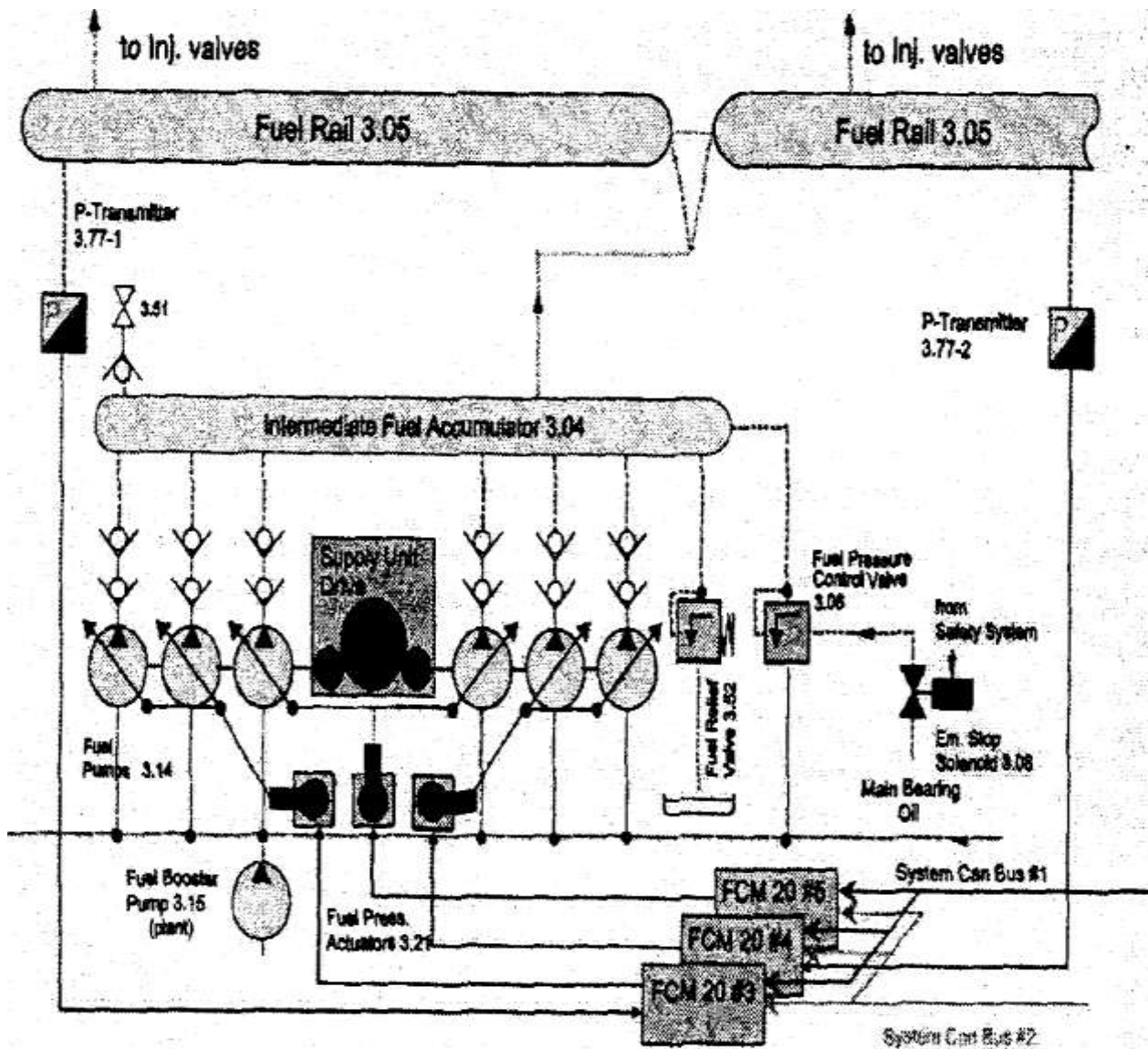


Рис. 11.11 – Діаграми визначення кута відкриття і звкриття випускного клапана

1.10 Керування тиском палива Режим пуску

Перед і під час пуску двигуна, паливні актуатори встановлюються на величину параметрів, які визначаються системою WECS. Зазвичай вихід актуатора становить 95%. Як тільки буде визначено стан «двигун в роботі», тиск в магістралі буде приведено до заданої величині (~700 bar).

Рис. 11.12 – Схема системи управління тиском уприскнення



Модуль головного контролера МСМ (Main Controller Module) отримує від модуля контролю циліндра ССМ параметри його роботи і розраховує необхідний тиск в магістралі палива і вихід на актуатори. Два перетворювача заміряють дійсний тиск у паливній магістралі. Отримане значення від головного МСМ надходить на актуатори паливних насосів у вигляді струмових сигналів 4-20мА. Паливні насоси піднімають тиск у паливній магістр з проміжного паливного акумулятора.

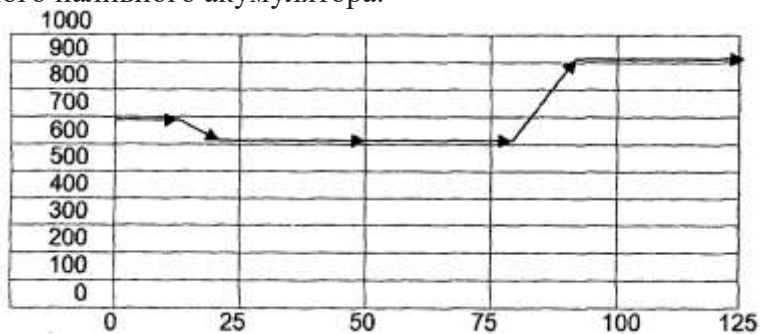


Рис.11.13 – Крива уставок тисків при різних навантаженнях

Вплив тиску впорскування:

1. Високий тиск впорскування при низькому навантаженні дає можливість уникати задимленості.
2. Знижений тиск впорскування при середніх навантаженнях знижує вміст NOx у вихлопних газах.
3. Високий тиск впорскування при підвищених навантаженнях дає оптимальний паливний ККД.

Зупинка

Зупинка по команді від системи безпеки виконується наступним чином:

- система безпеки звільняє паливну магістраль відкриттям клапана зупинки за допомогою стоп - соленоїда.
- система WECS скидає команду на 0 до актуатора паливного насоса, щоб зупинити надходження палива в магістраль.
- з системи WECS надходить команда на зупинку впорскування.

1.11 Керування тиском масла сервопривода

Тиск в магістралі серво масла регулюється в залежності від навантаження двигуна. На часткових навантаженнях тиск масла знижується, що обумовлено переходом на знижений тиск згорання, а також тиск масла сервоприводу має бути відповідно налаштований для регулювання швидкості відкриття випускного клапана.

Модуль головного контролера МСМ використовує паливну команду як завдання на навантаження двигуна для розрахунку необхідного тиску масла сервоприводу. Кожен насос масла сервоприводу контролюється окремим блоком CYL-EU. Токовий сигнал 0-2,5А постійного струму широтно-імпульсного модулювання подається на соленоїди, змонтовані на платі управління насосами. Цей сигнал переміщує регулюючу шайбу насоса і відповідно до цього змінюється подача масла в магістраль.

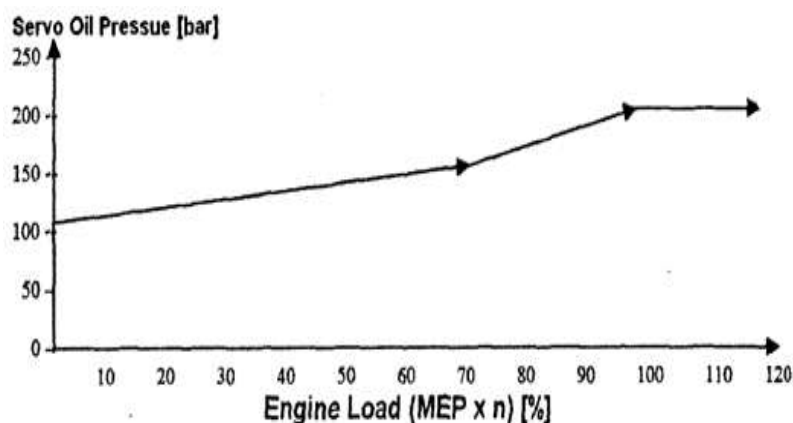


Рис. 11.14 – Залежність тиску масла сервопривода від навантаження дизеля

Якщо двигун стоїть, то система керуючого масла живить магістраль масла сервоприводу приблизно на 50 бар, керуючи клапаном 4.27 рис. 11.15, знижує тиск.

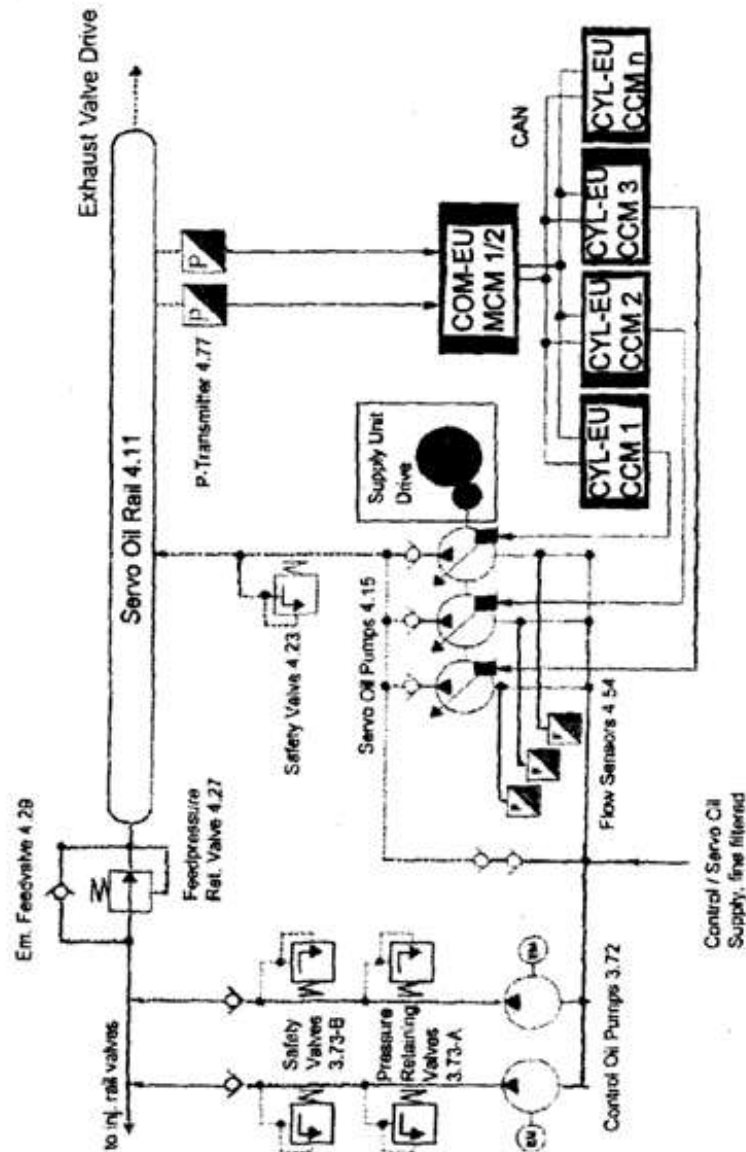


Рис 11.15 – Схема системи масла сервопривода і управління регулювання керуючого тиску масла

Насоси масла управління подають масло тиском 200 бар до оперативних інжекторних магістральних клапанів (operate injection valves) і в головну магістраль масла сервоприводу (при зниженому тиску), коли двигун стоїть. Високий тиск включення інжекторних магістральних клапанів необхідно для швидкого спрацьовування і точного тимчасового інтервалу інжекції, при цьому

- один насос масла управління запуснеться якщо з'явиться тиск масла головного підшипника.

- другий насос запускається якщо тиск впаде нижче 170 бар.

- при кожному запуску двигуна насоси перемикаються (мінімальний час роботи 30 хв), щоб забезпечити однакову напругу в годиннику.

1.12 Керування пусковими клапанами

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

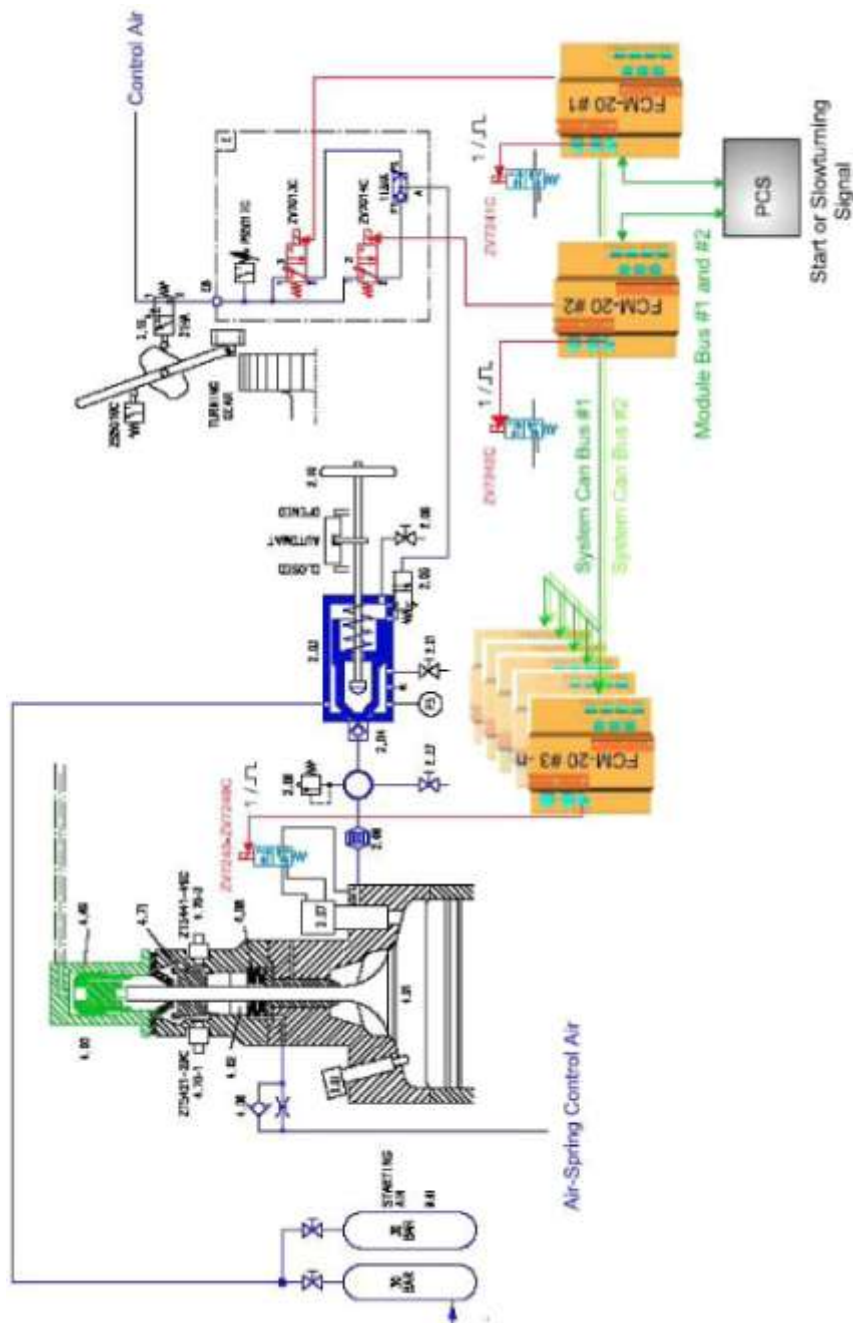


Рис. 11.16 – Схема систем управління пусковими клапанами

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 керується 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.

1.13 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 іншим 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 виходу з ладу датчика кількості палива система WECS розраховує середнє значення впорскування палива за рештою циліндрах, і цей результат використовує для управління тривалістю впорскування вийшовшого 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 циліндром 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 поставити 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.

1.14 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 підмодулю на кожен MCM з двома роздільними джерелами живлення для підмодулів, 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 циліндрів 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 софту системи WECS.

Шина CAN и шина SSI (кут вала).

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

Живлення системи WECS-9500

Всі модулі мають резервування за рахунок подвійного основного і або допоміжного джерела 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.

Особистості комплектації RT-flex з базовою системою 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.

2 СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ВРШ ТИПА KAMEWA *(шведської фірми AB Karlstad Mekaniska Werkstadt)*

2.1 Введення

Система КаМеВа призначена для управління пропульсивною установкою гвинтом регульованого кроку.

Характерною особливістю системи KAMEWA є те, що управління кроком гвинта здійснюється розворотом лопатей гвинта щодо їх власної осі, яка перпендикулярна валу гвинта. Управління може здійснюватися як з містка, так і з машинного відділення. Всі лопаті повертаються одночасно за допомогою гідравлічного механізму, розміщеного в ступиці гвинта.

Система дозволяє в широкому діапазоні зміни кута повороту встановлювати плавно будь-який кут від повної потужності назад без реверсу гребного валу.

Управління кроком ВРШ дозволяє використовувати 100% пропульсивну потужність навіть в тих умовах, де гвинт фіксованого кроку викликає перевантаження головного двигуна, і тому потребують зниження швидкості обертання.

2.2 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 витратити 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,

комбінатор виключається, а при від'єднанні генератора комбінатор 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 комбінаторної кривої, по якій повинно 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 крок 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 протязі роботи.

Системи 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, сприятиме 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).

2.3 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 експлуатаційній частоті обертання в одному напрямку здійснювати маневрування з 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 системою 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 кривою (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".

Одна з переваг системи 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 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 24V 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, "Рапата 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.

2.4 Проходження сигналів

На рис. 12.1 показаний зворотній зв'язок проходження сигналів між компонентами обладнання.

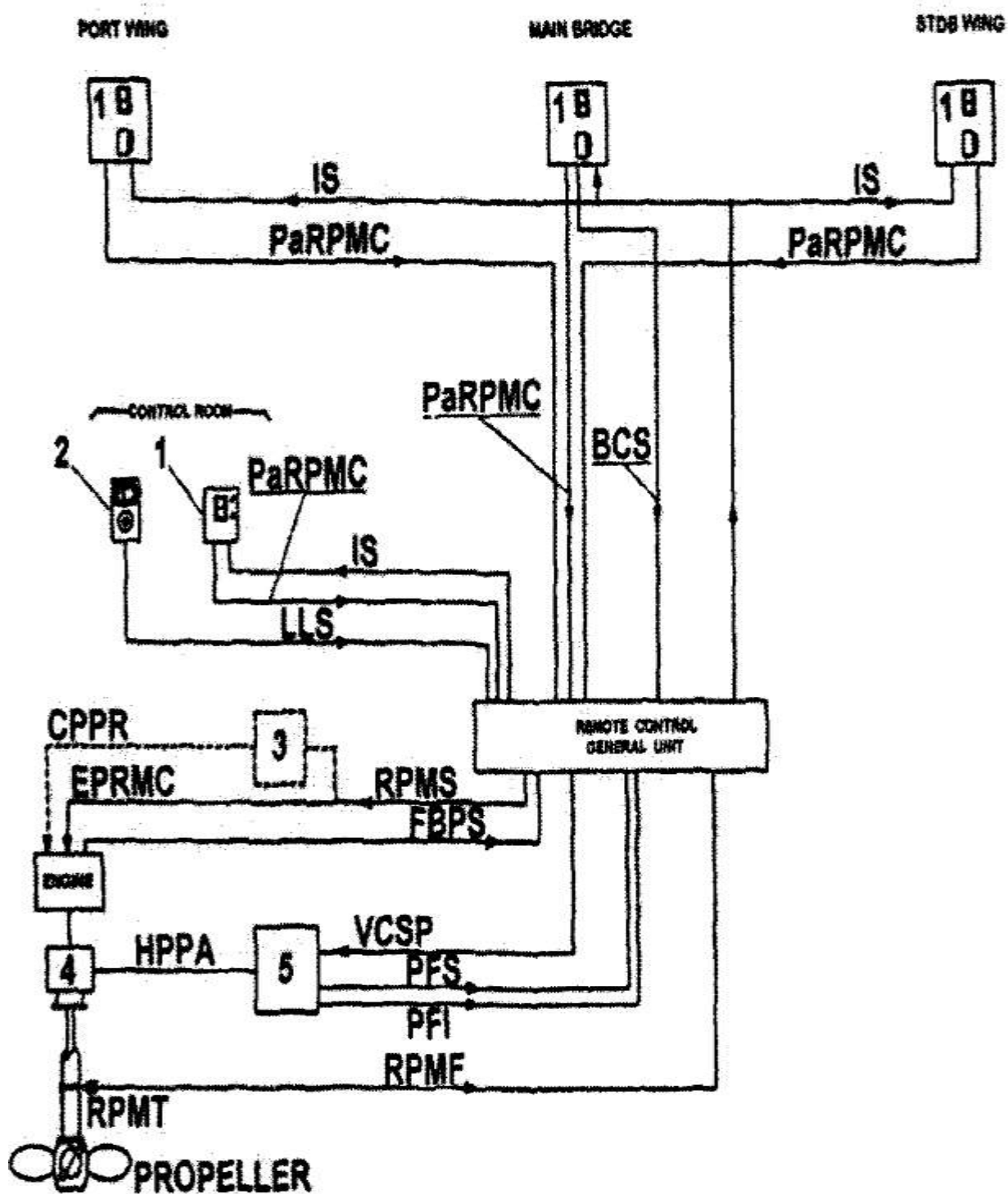


Рис. 12.1 – Зворотній зв'язок і проходження сигналів

На рис. 12.1 : 1 - control panel; 2 - load control panel; 3 - E/P convertor; 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 convertor; 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.

2.5 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 стежить 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 *старішою керуючою системою, яка не входить в систему Kamewa*;
- **Backup mode** - крок задається натисканням кнопок ahead/astern (нестежить 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 стежить управління).

2.6 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**.

2.7 Control room, control station

Видом управління є Pitch control-mode, який реалізується за допомогою кнопок "ahead" і "astern" зі стежить типом зворотнього зв'язку. RPM керується 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 (Remote / 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).

2.8 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.

2.9 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 надходить 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 надходить з системи захисту головного двигуна. При наявності сигналу shut down крок гвинта встановлюється в нульове положення.

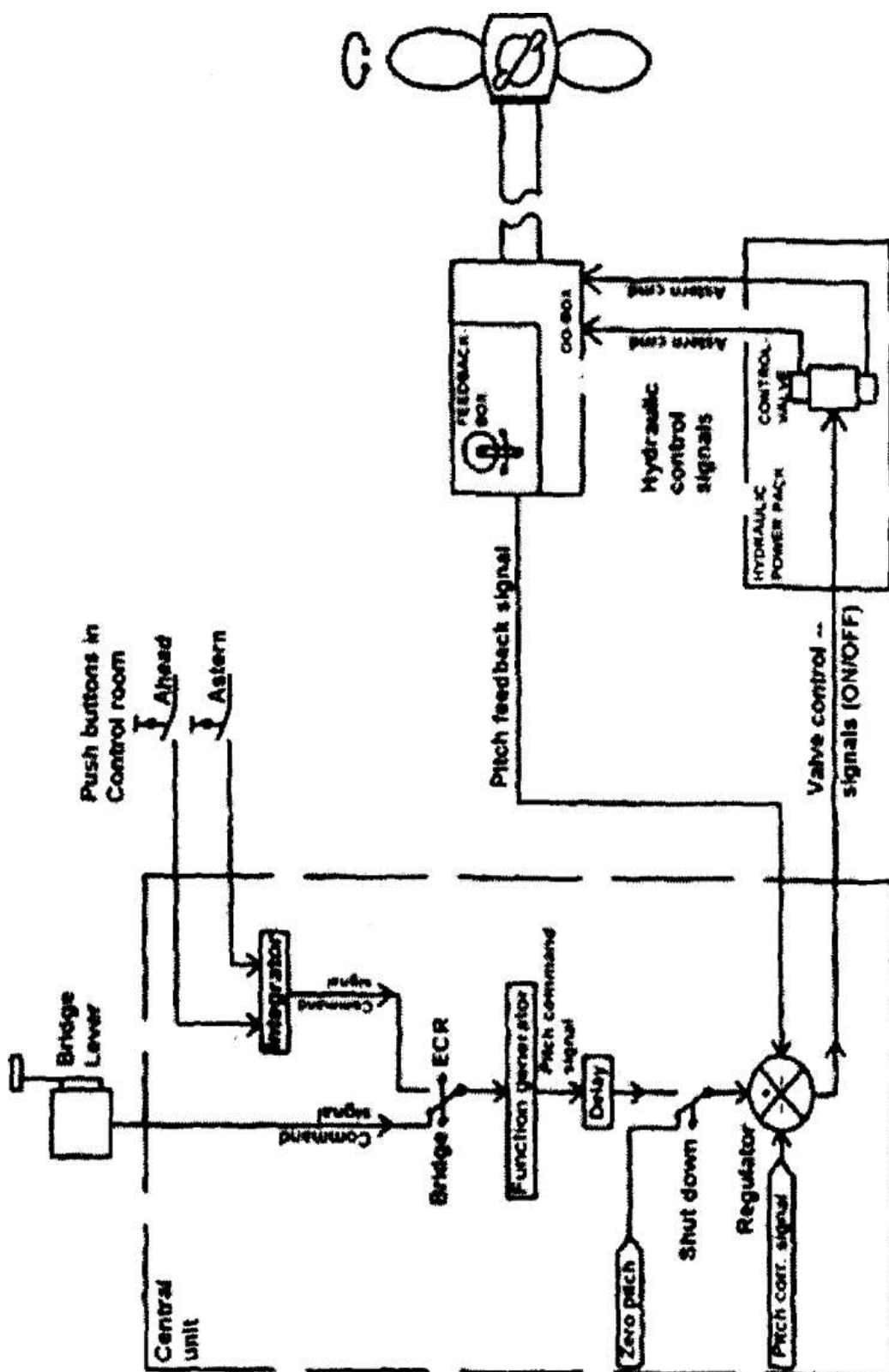


Рис 3.2 Функция "Pitch control"

Рис.12.2 Функція "Pitch control"

2.10 RPM control: "Operation".

Оперативне управління оборотами гвинта

Для реалізації цієї функції є три органи управління:

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

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).

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.

2.11 RPM control: "Function".

Управління оборотами гвинта за оптимальною функції

На рис. 12.3 представлена схема, яка пояснює принцип роботи RPM control, function.

А.) 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).

В.) 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).

С.) 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.

Д.) 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 керується кнопками "ahead" і "astern". Для даного виду управління не можуть бути реалізовані функції slow down і shut down.

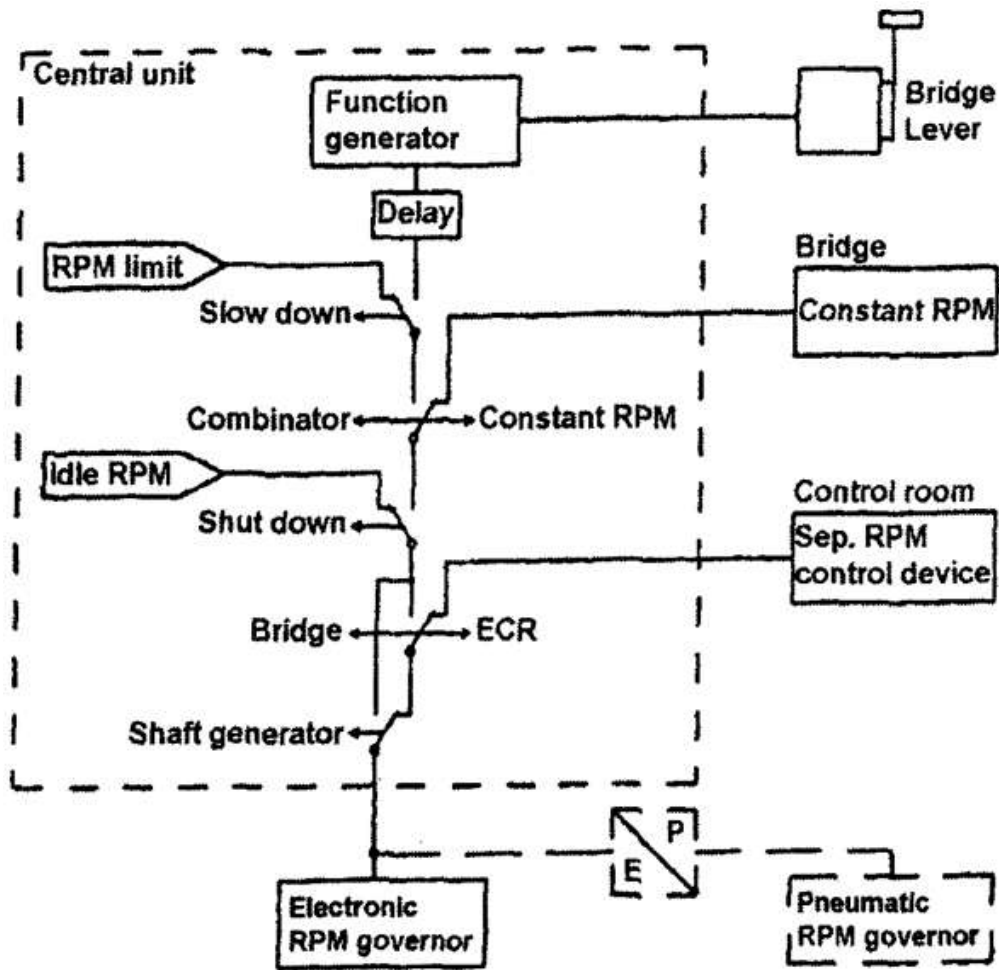


Рис. 12.3 – Принцип роботи RPM control

2.12 Індикація кроку (pitch) і оборотів (RPM) гвинта

Система індикації **кроку** (рис. 12.4) 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.

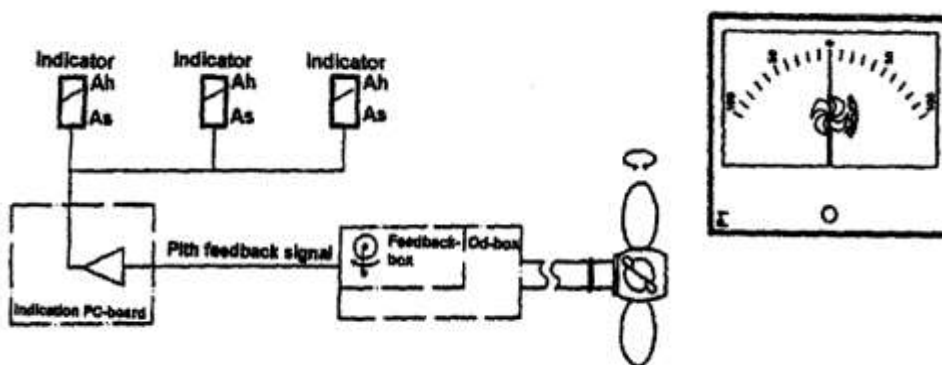


Рис 12.4 – Система індикації кроку

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, кореспондованої 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.

2.13 Функція відповідальності за маневрування, місткі-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 якій пост є командним. Оскільки перемикач "BR / ECR" знаходиться в машинному відділенні, то «майстер-пост» – 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 включається зумер, і горить миготливим світлом лампа " Bridge ", проте управління залишається в ECR до тих пір, поки на місток не буде натиснута кнопку " Bridge accept "

2.14 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.

2.15 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.

2.16 Функція захисту від перенавантаження (overload protection)

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

Сигнал про **перевантаження** (engine overload) використовується для **автоматичного зниження кроку гвинта**, якщо виникає перевантаження.

Захист від перевантаження дубльовано також системою "Engine safety system", яка

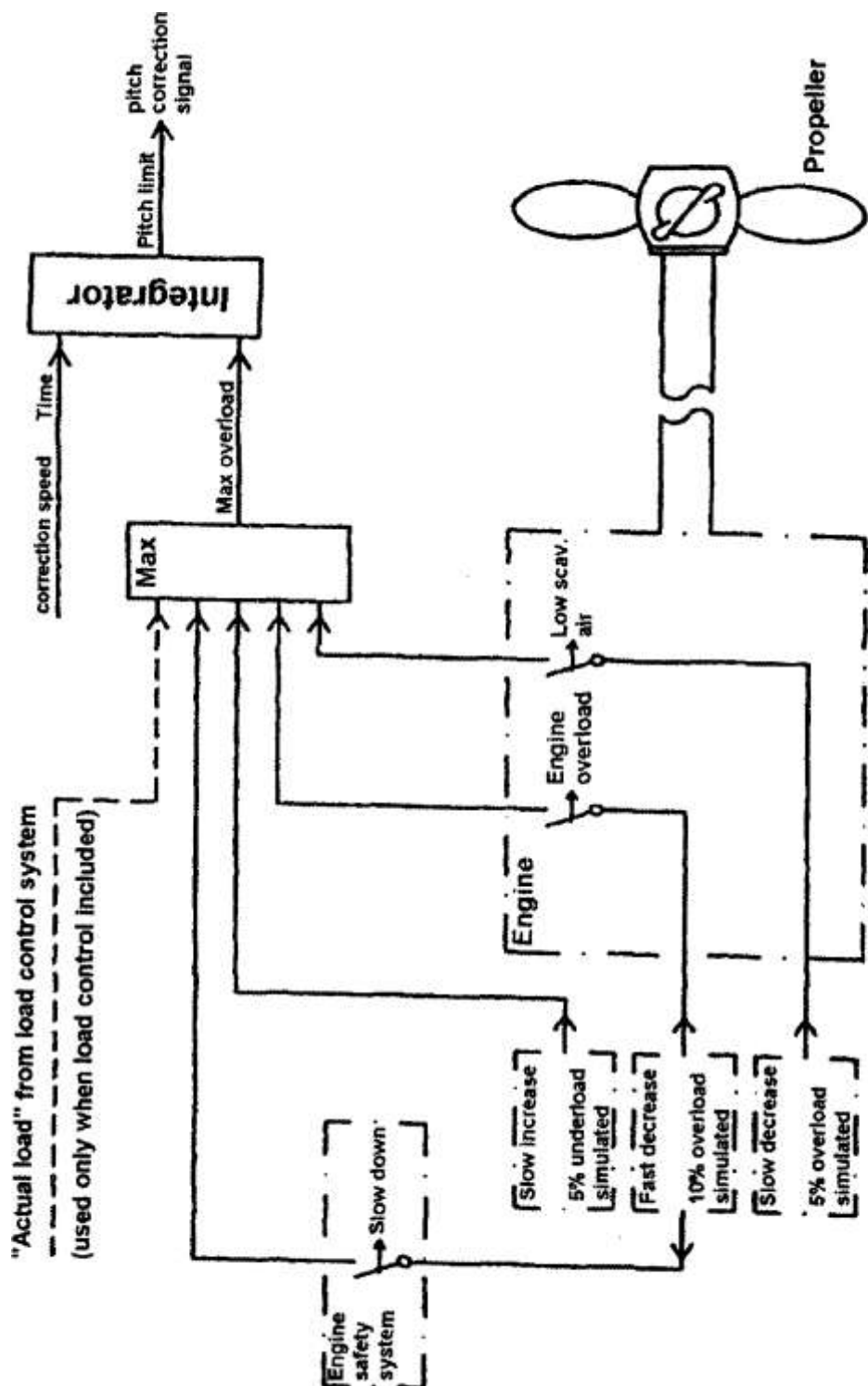


Рис 3.5 Функция защиты от перегрузки

формує сигнал "Slow down" і також діє на зниження кроку гвинта, відповідне **швидкому скиданню** (fast decrease) навантаження на 100%.

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.

2.17 Функція управління навантаженням(load control)

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

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

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

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

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

На рис. 12.6 представлена структура функції Load Control, що забезпечує оптимізацію процесу управління.

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 завищене, то система знизить величину кроку гвинта, що в свою чергу призведе до зниження діючого значення FPS. Якщо з'явиться сигнал "Low scav. air" система почне знижувати крок гвинта (slow decrease), розуміючи це як 5% перевантаження.

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).

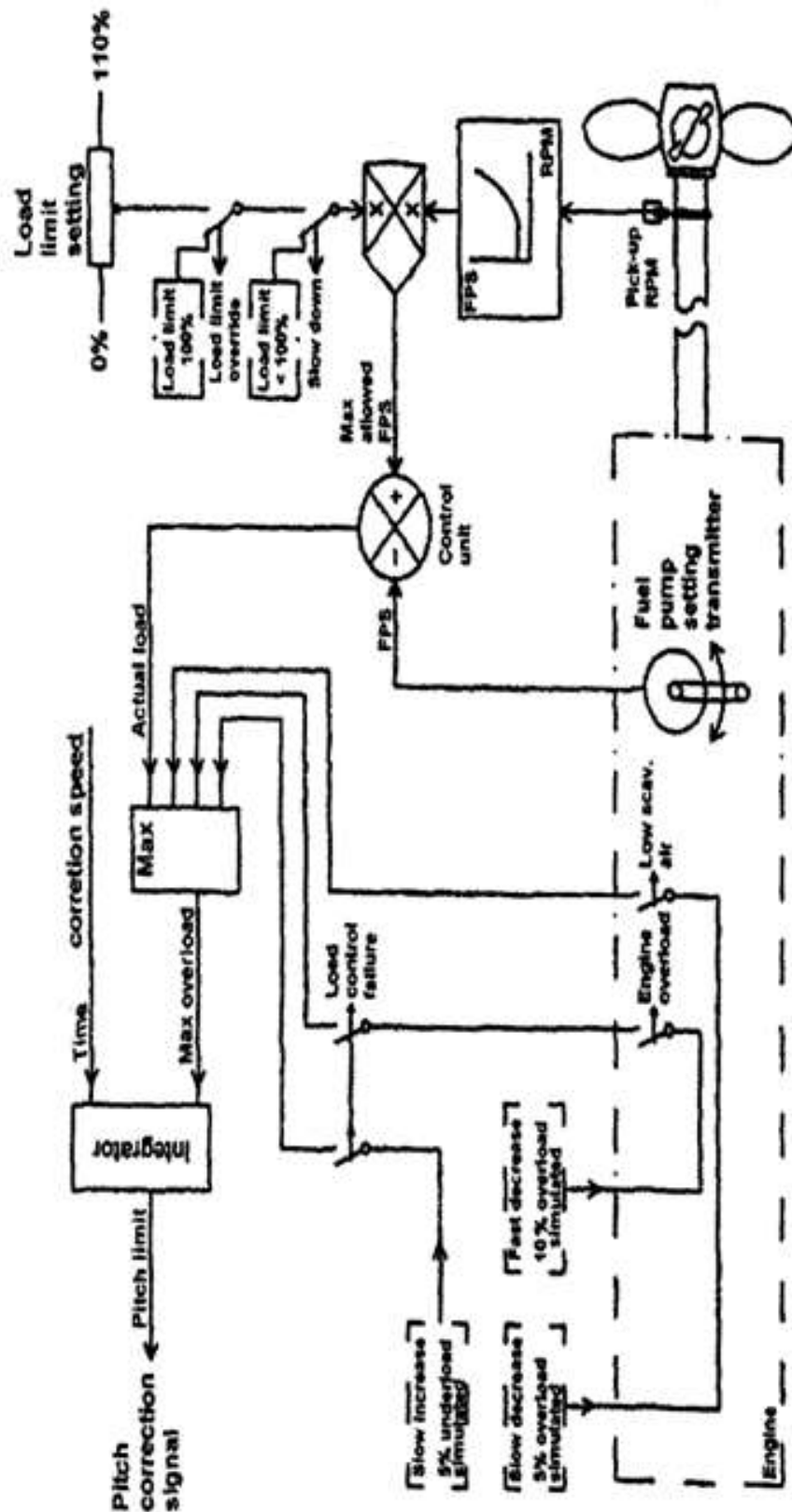


Рис. 12.6

Ступінь обмеження навантаження від 0 - 110% може бути задана за допомогою регулятора "load limit" на панелі управління навантаженням.

Як видно зі схеми, діюче значення навантаження (actual load) отримується як результат порівняння FPS і U свою чергу, max allowed FPS – це результат порівняння FPS із кривої $FPS = f(RPM)$ з заданим обмеженням по навантаженню load limit (0 - 1,1).

На станціях управління містка є можливість зняти сигнал обмеження навантаження за

допомогою кнопки "load limit override". При цьому граничне навантаження, як видно зі схеми, стане рівне 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 перепрограмуємою величиною.

При виникненні несправностей в системі управління навантаження (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".

2.18 Комбінаторне (спільне) управління

Рукоятка ПУ на містку має шкалу з умовними одиницями (-10 – 0 + 10). Вихідний сигнал задає співвідношення між кроком гвинта й оборотами двигуна. Цей сигнал U_{12} подається на два функціональних перетворювачі $FG1$ і $FG2$.

А) Функціональний перетворювач $FG1$ формує сигнал завдання кроку гвинта. Рекомендована залежність напруги U_{13} від напруги представлена лінією 1 на рис. 12.7. На рисунку також наведені осі відповідності напруги U_{13} шаговому відношенню гвинта H/D і положенню H_k допоміжного сервомотора ВС маслораспределительной коробки. *Лінія 1 має характерні точки, показані в табл. 2.*

Б). Функціональний перетворювач $FG2$ плати FV8 формує сигнал завдання частоти обертання ГД у вигляді струму у вихідному ланцзі. (Цей струм I_{19} може бути вимірянний міліамперметром). Його залежність від напруги U_{12} показана лінією 2 на рис. 12.7

Сукупність залежностей 1 і 2 отримала назву комбінаторної діаграми.

Струм I_{19} подається в електропневматичний перетворювач I/P , який виробляє пневматичний сигнал завдання p на регулятор частоти обертання ГД. На рис. 12.7 наведені осі, що показують відповідність струму I_{19} сигналів завдання p_z і частоті обертання ГД – n .

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 редукційного клапану, який повинен бути налаштований на вихідний тиск 576 кПа, відповідний номінальній 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 $FG2$ і підключається функціональний перетворювач, який забезпечує лінійну залежність напруги U_{13} від напруги U_{12} . Ця залежність надана на рис. 12.7 лінією 3, котра збігається з 1 при $U_{12} > 0$.

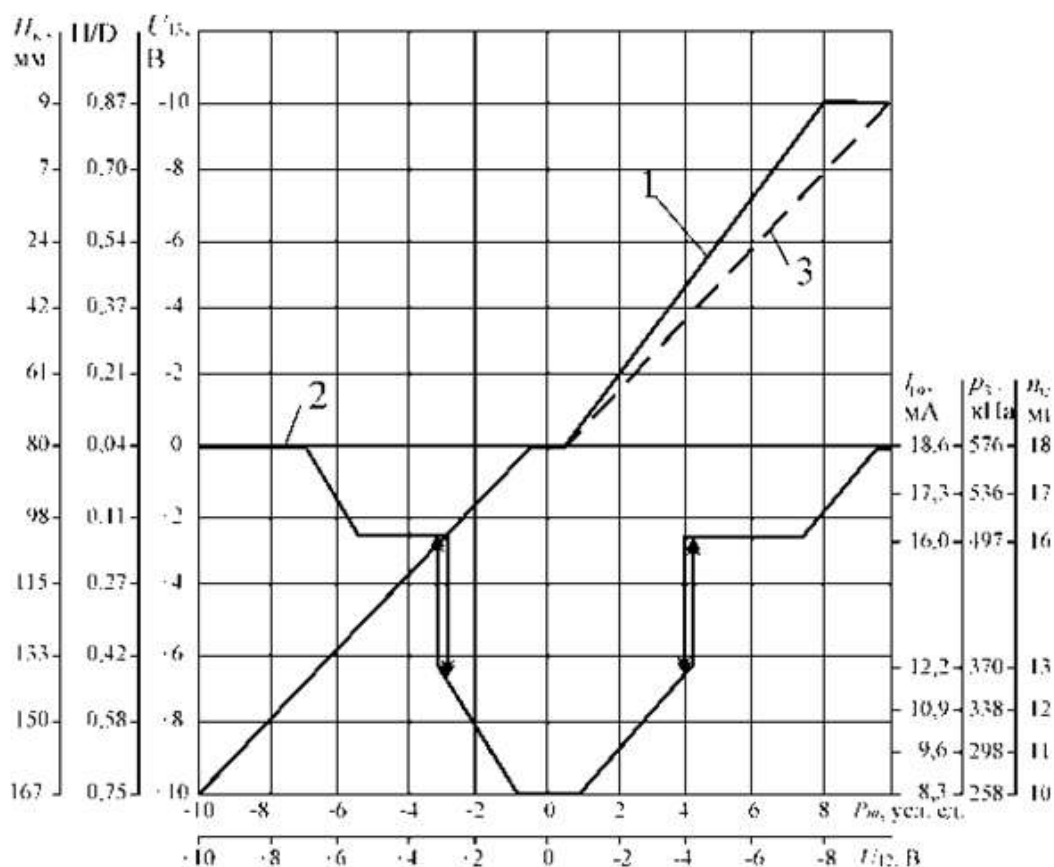


Рис. 12.7 – Комбінаторна діаграма системи ДАУ

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. 12.8 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 рис. показані координати всіх точок перегину кривої).

На рисунку 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 допуск рівню навантаження ГД.

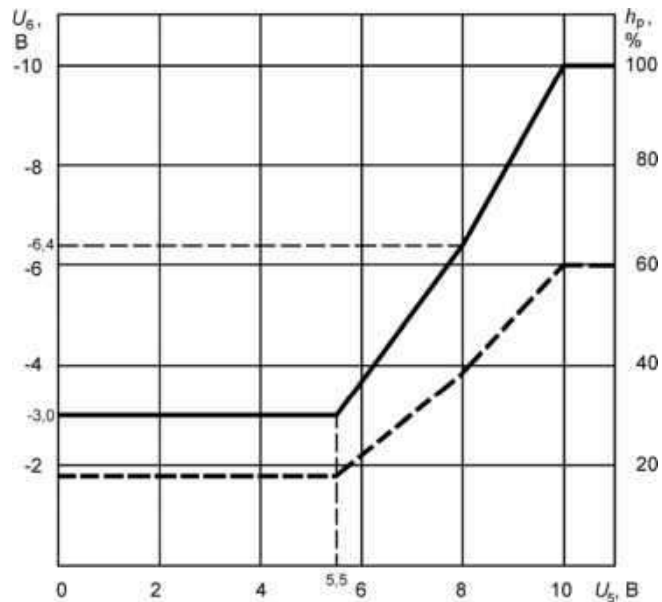


Рис. 12.8 – Програмна залежність обмеження навантаження ГД при положеннях потенціометра обмеження навантаження: 100 %; 60 %

3 СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОВОДОМ КЕРМА ВИРОБНИЦТВА ROLLS – ROYCE

3.1. Загальні відомості

Система управління серії CS *Рульовий механізм – Tenfjord* (Steering Gear – Tenfjord) призначена для електрогідравлічних рульових установок з:1) Соленоїдними керованими клапанами; або
2) з реверсивними насосами.

У першому випадку система містить діючий 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 перекидки буде виконано, клапан зафіксує положення керма.

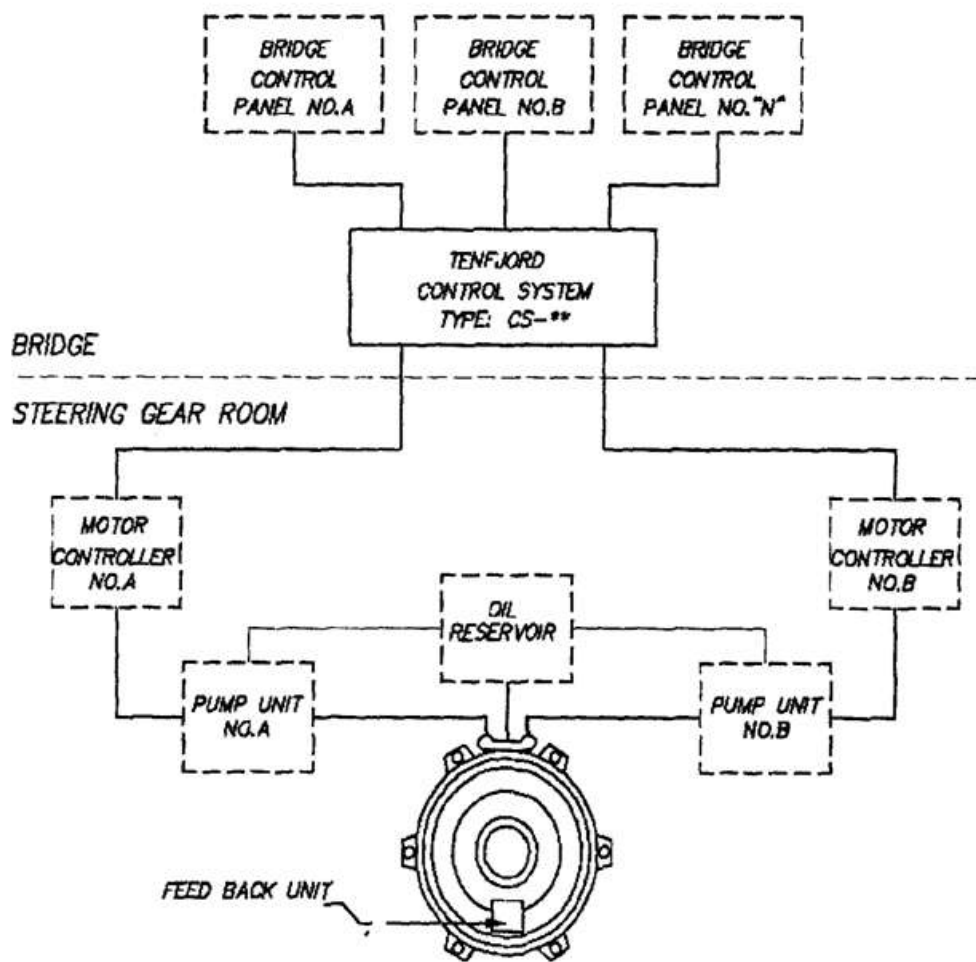


Рис 13.1 – Схема системи управління рульової установкой с соленоїдними клапанами

Актuator зазвичай живиться двома незалежними насосними установками, кожна з яких приводиться в обертання електродвигуном. Контролер електродвигуна для кожної насосної установки має окреме живлення від електроцигтів. 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 рульової 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. 13.2, є **start/stop** кнопки-ламп, 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 перекидки керма є спеціальна функція **Вибір кута перекидки (Rudder angle selection)** рис. 13.3. Зазвичай ця функція інтерфейсно зв'язана з лагом (Log) для автоматичного вибору кута перекидки керма в залежності від швидкості судна. Оператор може **заблокувати (override)** дію лага, задав на пульті високий кут перекидки керма.

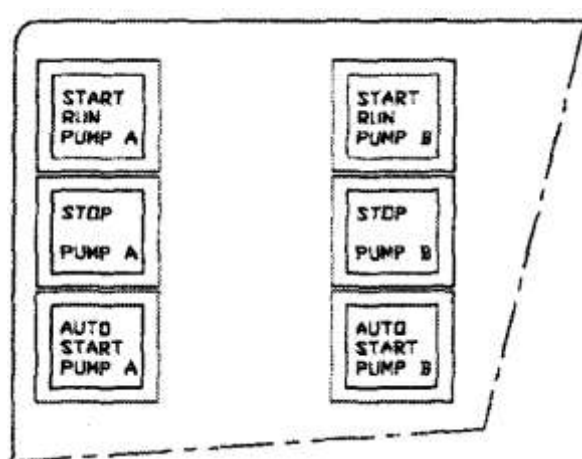


Рис. 4.2 – Панель дистанційного управління насосами

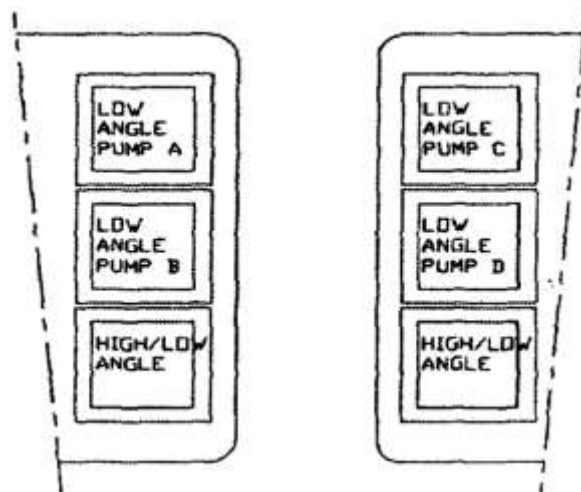


Рис. 13.3 – Панель вибору кута перекладки керма

Для вибору режиму (SYNC, INDP, PILOT, JOYSTIC, DP) роботи рульової установки (Steering mode) є спеціальна функція In command, рис. 13.4.

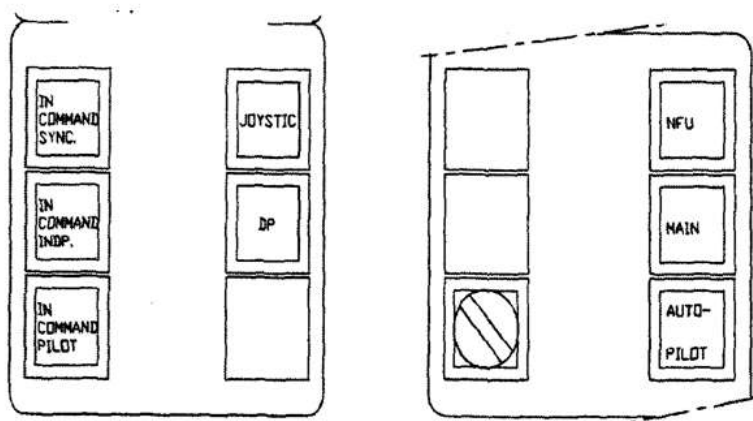


Рис. 13.4 – Панель вибору режиму роботи рульової установки

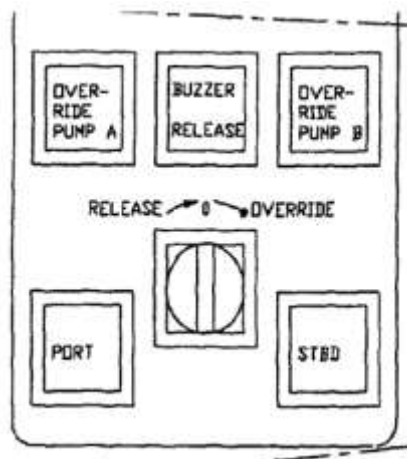


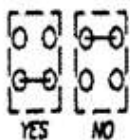
Рис.13.5 – Панель управління вибору виду

Для вибору виду управління (NFU, MAIN, AUTO PILOT) використовується селекторний перемикач, рис. 13.5

Для перманентного відключення всіх видів управління при виборі неслідящего (NFU) управління є спеціальні органи управління, рис. 13.6, а можливість завдання цієї функції здійснюється за допомогою перемичок, розташованих на друкованій платі, згідно зі схемою інструкції:

JUMPER DESCRIPTION.

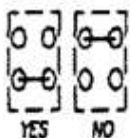
JP1 --> EXTERNAL OVERRIDE.



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.

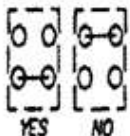
FOR APPLICATION WITH (1*ACTUATOR, 2*PUMPS) THE JUMPER SHALL BE SET TO POSITION "NO"

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. 13.6 – Панель вибора виду керування

На панелі управління, рис. 13.7, 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.

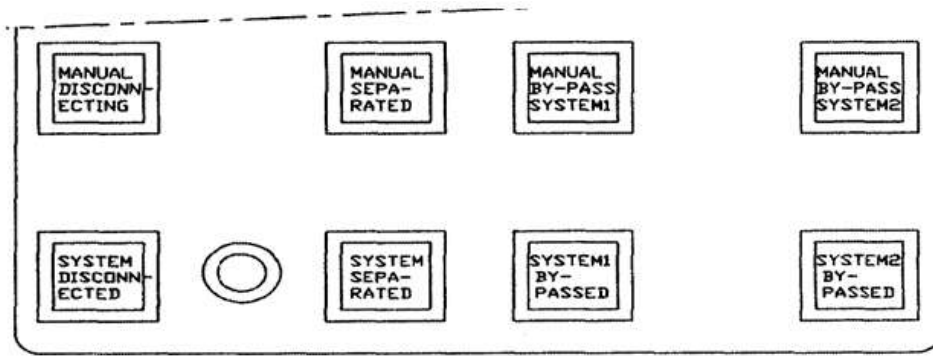


Рис. 13.7 – Панель управління

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. 13.8:

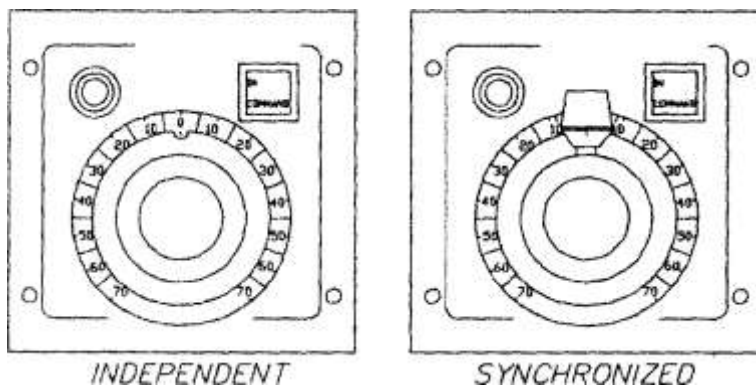


Рис. 13.8 – Рукоятки незалежного і синхронізованого управління двома рулями

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).

3.2. 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 **спостерігаючим (FU)** і **неспостерігаючим (NFU)** управлінні. Узагальнена схема системи управління зображена на рис. 13.9.

Карта **Pump control card** виконує наступні функції: забезпечення інтерфейсу для неслідящего 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 .

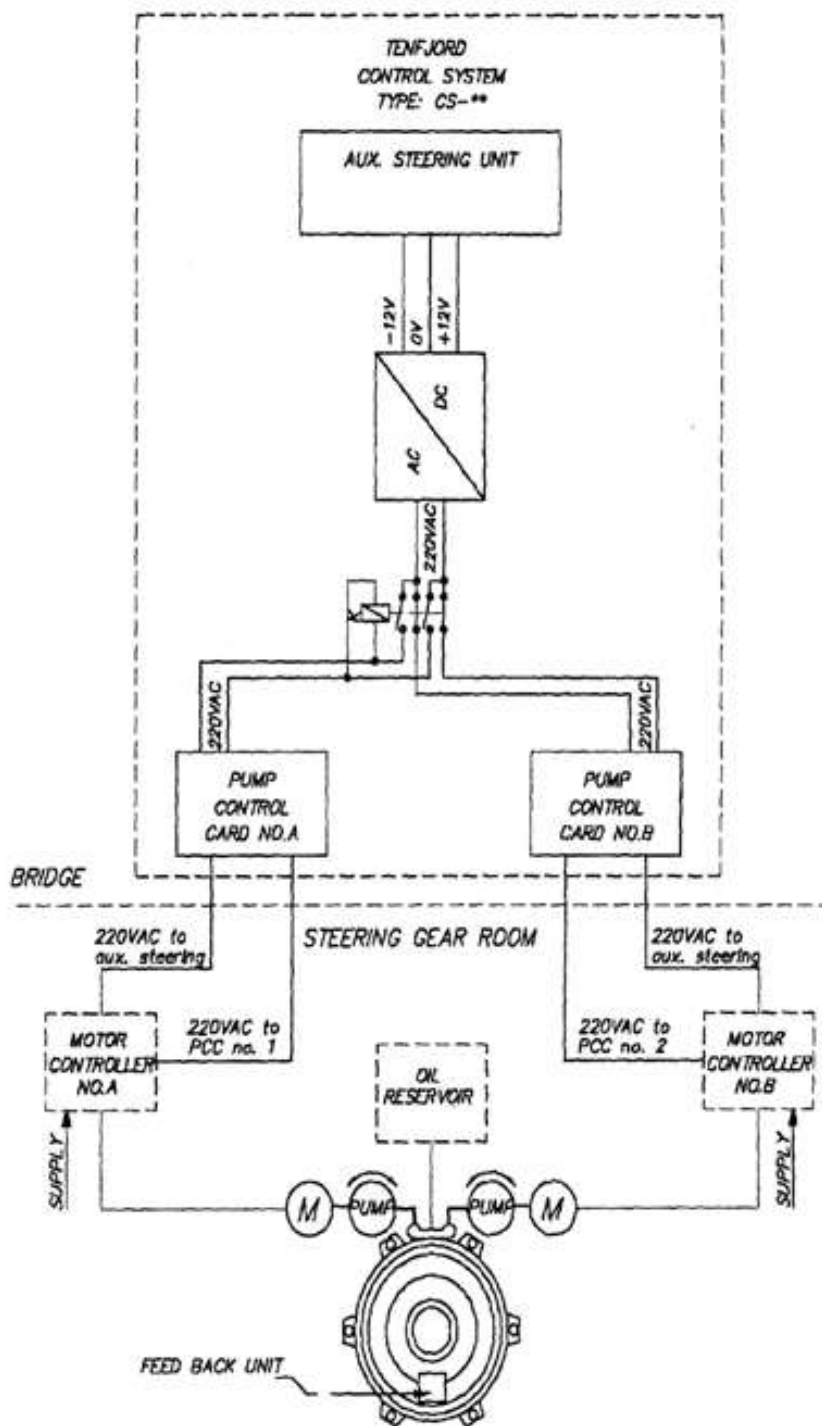


Рис. 4.9 – Узагальнена схема системи управління

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 $\pm$ 20%, 50-60Гц з навантаженнями: світловий сигнал «in command» макс. 100мА; сигнал напрямки перекладки макс. 100мА, 24В і швидкості перекладки макс. $\pm$ 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 $\pm$ 15мА ($\pm$ 10В).

На малюнку 13.10 показана карта (модуль) управління насосом з поясненнями до світлодіодів LED і **перемичках (Jumper)**.

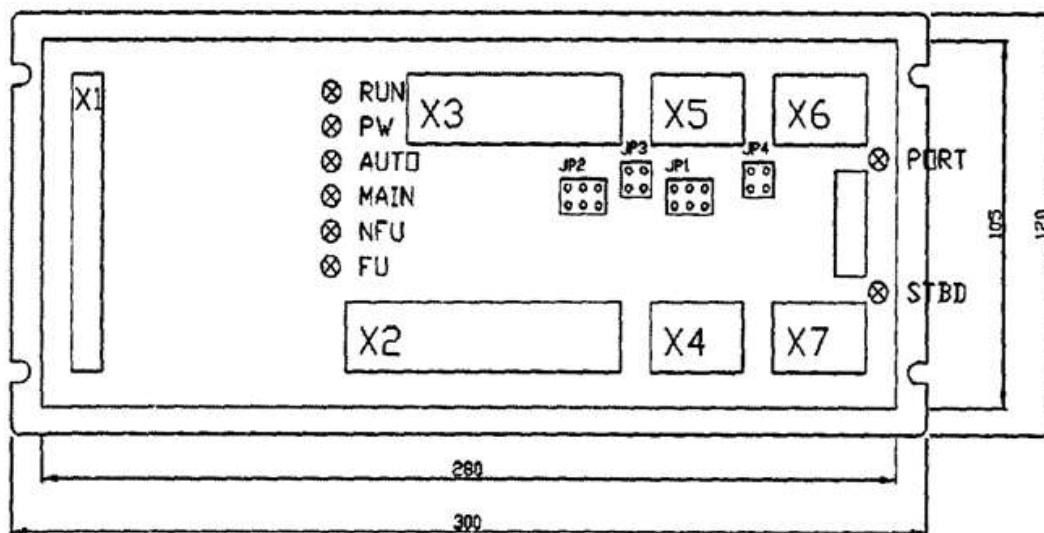


Рис. 13.10 – Карта управління насосом

LED DESCRIPTION

- ⊗ RUN -> PUMP RUN SIGNAL
- ⊗ PW -> INTERNAL POWER
- ⊗ AUTO -> EXTERNAL AUTOSTART SIGNAL
- ⊗ MAIN -> NFU MAIN STEERING SELECTED
- ⊗ NFU -> NFU STEERING SELECTED
- ⊗ FU -> FU FROM AUX. STEERING SELECTED
- ⊗ PORT -> PORT STEERING SIGNAL
- ⊗ STBD -> STBD STEERING SIGNAL

JUMPER DESCRIPTION

JP1/2 -> STEERING SIGN. COMMON + OR -

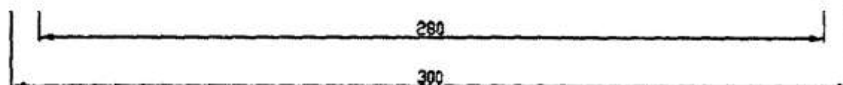
- +

JP3 -> NFU MAIN STEERING OVERRIDE

YES NO

JP4 -> NFU STEERING OVERRIDE

YES NO



На рис. 13.11 показана плата Aux. Steering unit, яка містить селекторні карти (Selector cards), карту підсилювача (Amplifier card) і інтерфейсну карту.

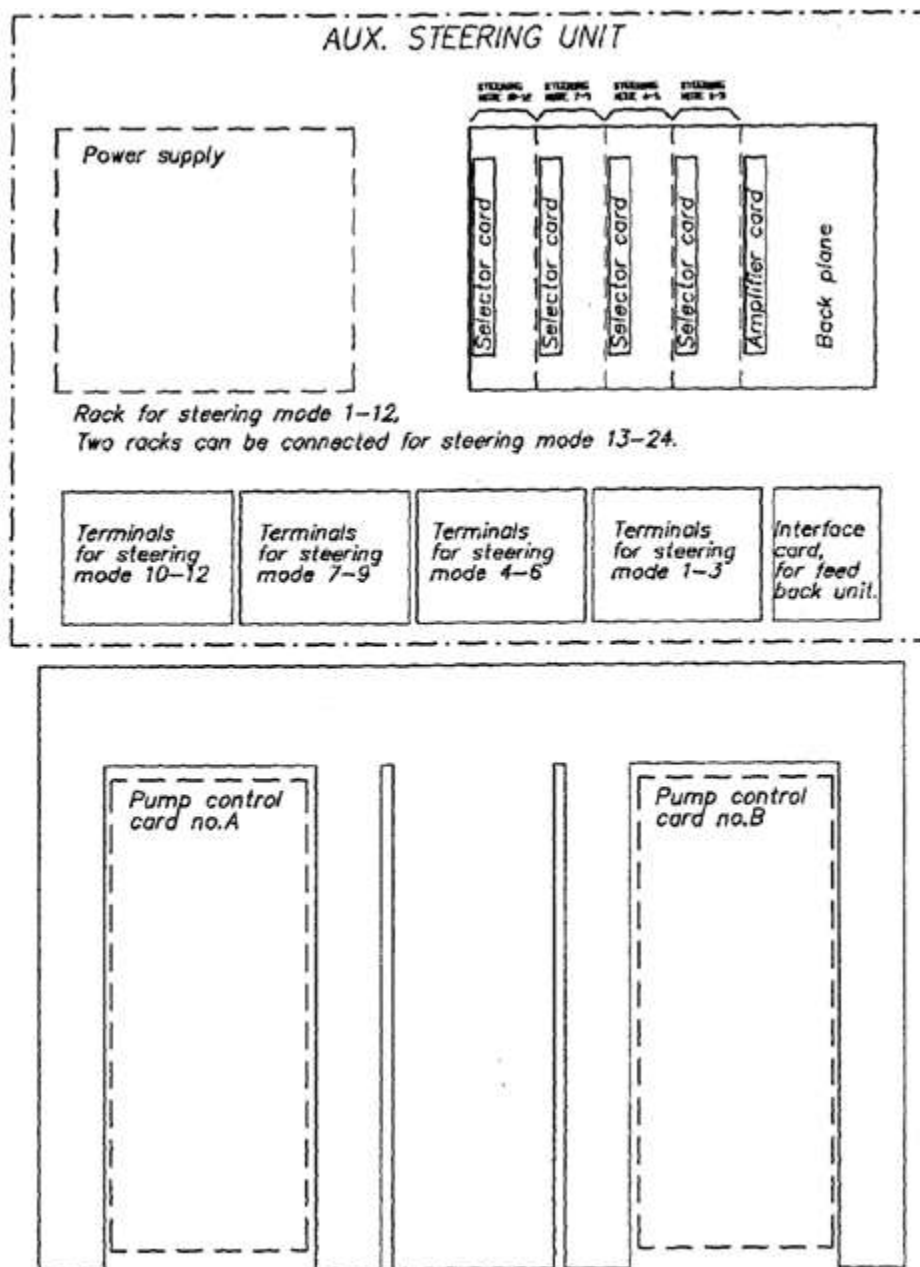
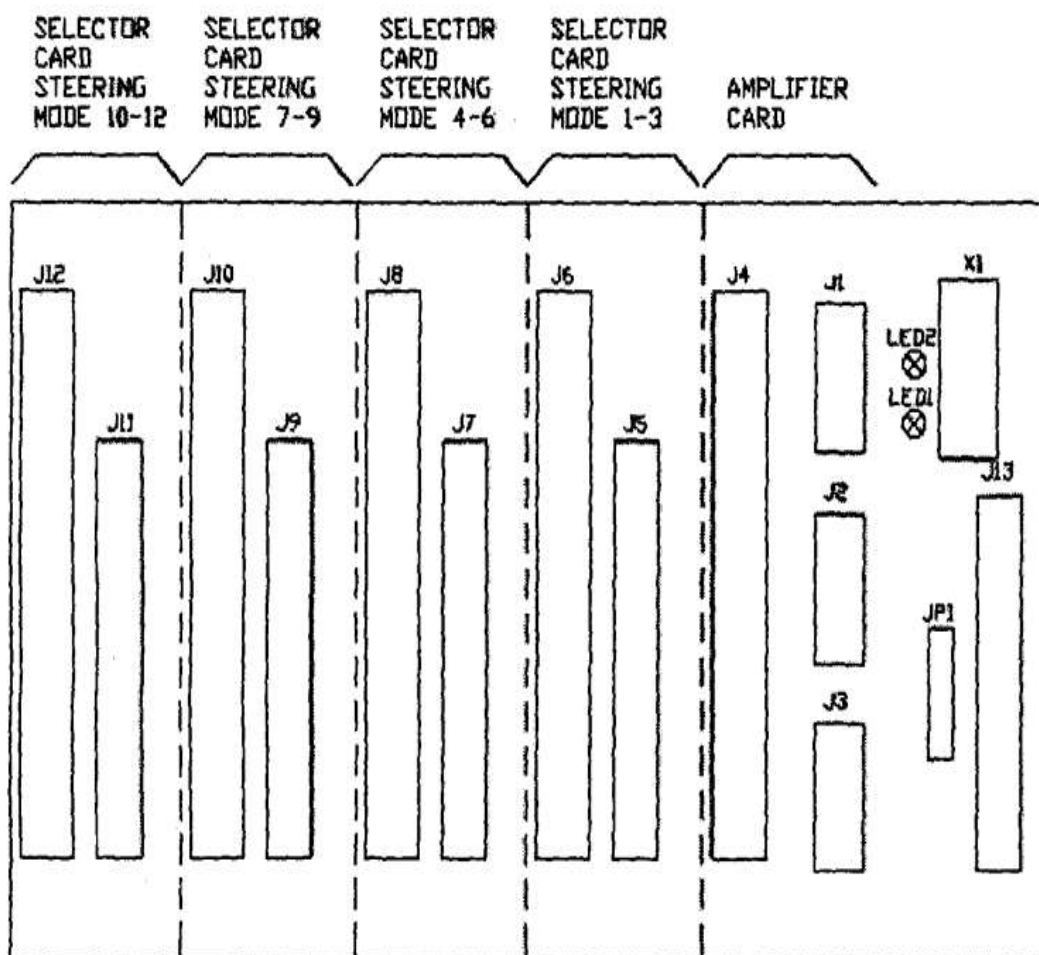


Рис. 13.11 – Плата Aux. Steering unit

Кожна селекторная карта має три селекторних види. Максимальне число селекторних карт, яке може бути встановлено на кожній **об'єднавчій панелі (back plane)** становить 4. Схема об'єднавчої панелі і опис її компонентів мають вигляд, рис. 13.12:

Рис.
13.12 –
Схема



LED DESCRIPTION

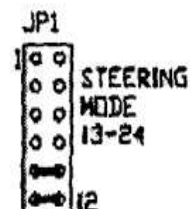
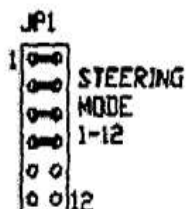
LED 1 -> +12VDC
LED 2 -> -12VDC

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



До функцій об'єднавчої панелі і опис її компонентів об'єднавчої панелі (Back plane) відноситься:

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 види 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 алармів; підключення до інтерфейсної карти 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. Ця функція використовується для вибору бажаного виду **steering mode**; захисту від короткого замикання сигналу “in command”; сигнал “in command” до зовнішнього обладнання. При натисканні 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 агрегати. 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. 13.13 має наступні функції: вхід сигналу керма від селекторних карт; живлення +/-5В для сигналу команди на кермо та блоку зворотнього зв'язку; вихід зорового сигналу до двох карт управління насосами.

На карті підсилювача виконують заводські регулювання пам'яті Р30 (установка нуля) и Р31 (регулювання коефіцієнта), а також системні регулювання Р20 (передавальний коефіцієнт) і Р60 (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 +/-1мВ).

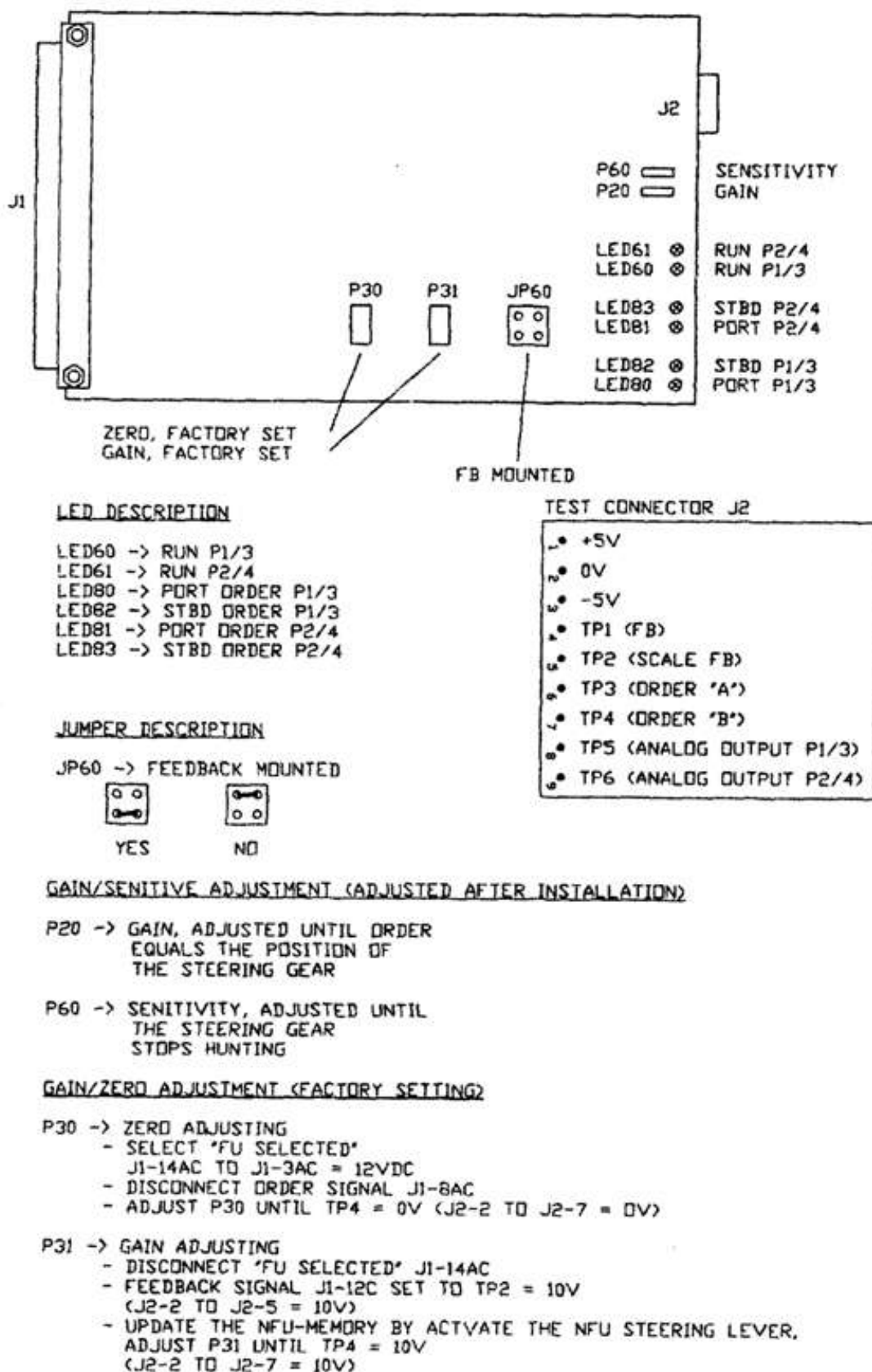


Рис. 13.13 – Підсилююча карта Amplifier card

Інтерфейсна карта (Interface card) має наступні функції: інтерфейс для сигналу зворотного зв'язку по положенню керма; визначення несправності сигналу положення керма. Якщо сигнал зворотного зв'язку відключений, то ця функція може бути скасована; формування

вихідного аварійного сигналу несправності по положенню керма; фіксація положення керма при несправності сигналу положення керма; формування зовнішнього сигналу блокування автоматичного виду управління (override); аналоговий сигнал команди на кермо +/- 10В; сигнал про вибір FU виду управління.

3.3 Узалнені функції контролерів

Контролер двигуна, стійки якого розміщуються в приміщенні рульового приводу, виконує наступні основні функції.

Дистанційне управління

Контролери запускаються і зупиняються дистанційно з містка. Для роботи актуатора повинен бути запущений мінімум один насос. Дистанційне керування неможливо, якщо перемикач видів управління на стійці знаходиться в положенні Local або Stop.

Обработка сигналів і обслуговування інтерфейсної карти аварійних сигналів

Контролер двигуна має інтерфейсну карту для блоку аварійних сигналів, таких як: температура масла, перевантаження насоса, фазова несправність на електродвигуні насоса, несправність силового живлення ел. двигуна, несправність рульової системи, низький рівень масла, блокування гідравліки (hydraulic lock), засмічення фільтра, висока температура масла, несправність Aux. Steering і зворотного зв'язку.

Рульова машина, керована соленоидом

Контролер двигуна виконує такі основні функції: пуск / зупинка двигуна насоса; живлення рульової системи; передача (контакти / ланцюга) аварійних сигналів в систему алармів.

Рульова машина з частотним контролером

Для рульової машини з частотним контролером здійснюється виконання наступних основних функцій: зміна напрямку і частоти обертання насоса; силове живлення до системи управління; передача сигналу тривоги в систему алармів; неслідящее аварійне NFU управління.

3.4. Інші компоненти системи

Драйвер соленоїда

Драйвер, рис. 13.14, встановлюється щоб уникнути проблем, пов'язаних з перемиканнями високоіндуктивних струмів соленоїда.

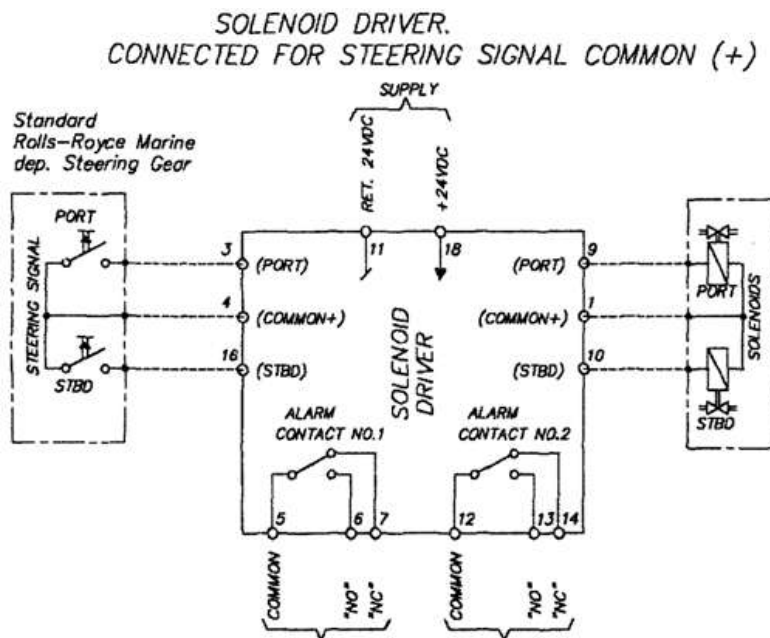


Рис. 13.14 – Драйвер соленоїда

Драйвер це подвійне електронне силовое реле, володіє наступними характеристиками: низький вхідний струм 24В при 24В з опором входу 1КП (цей струм є досить високим для забезпечення надійного контакту ланцюга, і досить низьким, щоб уникнути зносу і приварювання контактів, крім того, струм є повністю активним); хороша фільтрація вхідного сигналу за допомогою низькочастотного RC фільтра; контроль граничної величини напруги вхідного сигналу (не нижче 15В) за допомогою стабілітрона для блокування фальшивих сигналів; захист стабілітроном вихідного транзистора від кидків напруги, викликаних комутацією соленоїда. Максимальний струм драйвера становить 4А, струм спокою 25мА, максимальний тривалий струм 2А.

Індикатор положення пера керма

До індикатора підходять три дроти +12В, -12В та сигнал керма, котрий рівний 0В, коли кермо в середньому положенні. Кожен вказівник може бути відрегульований окремо для передавального коефіцієнта і нульового положення. Встановлений показник керма може мати клас точності 1,5 (т.е. $\pm 1,5^\circ$ для положення керма до 50° та $\pm 1-2, V$ для 70°). Налаштування виконується на заводі. Нульова точка перевіряється зняттям живлення з приладу. Інші положення виставляються за максимальною шкалою 7,5 В за допомогою потенціометра.

Аварійний сигнал несинхронної роботи керма (Rudder synch failure alarm)

Метою сигналу є вимір неузгодженості між двома рулями, якщо система працює в режимі синхронізації. При неузгодженості більше $2,5^\circ$ формується звуковий та візуальний сигнал аварії. Технічно це завдання вирішується за допомогою потенціометра в блоці зворотного зв'язку кожної рульової машини. Обидва сигнали підключаються потім до реле аналогового компаратора, який формує гальванічно розв'язаний вихідний сигнал, що надходить на інтерфейсну карту алармів.

Аварійний сигнал «Hydraulic lock alarm» збоя гидравлики

Гідрозатвор може статися в гідравлічній системі, влаштованій так, що помилкові

спрацьовування (наприклад, клапанів напрямки) можуть привести до роботи силових установок по замкнутому ланцюзі замість того, щоб рідина надійшла на актуатор керма. Технічним рішенням для формування такого аварійного сигналу є установка індукційного датчика на кінець кожного клапана маневрування, щоб визначати напрямок руху золотника (spool) - право або ліво на борт. Таке пристосування має встановлюватися на кожному з двох насосів.

Аварійний рульовий привід

Для аварійного управління з містка використовуються кнопки NFU, при маніпуляції якими інші види управління відключаються.

При аварійному управлінні з рульового приміщення для установок з соленоїдним управлінням насосами маніпулюють керуючими (maneuvering) клапанами за допомогою аварійного пристрою на соленоїдах.

Рульова установка з частотним керуванням насосами може управлятися вручну за допомогою аварійних кнопок на лицьовій панелі стартера. При цьому селекторні перемикачі на контролері двигуна повинні бути встановлені в положення **«локальне (місце) управління» “Local control”**. У цьому випадку управління з містка відключається, а контролер двигуна буде живитися від схеми електродвигуна.

Система індикації положення керма

Кожен рульовий привід має дві системи індикації, кожна з яких містить індикатор кута перекладки керма, підсилювач та блок зворотного зв'язку. Завдяки підсилювача можуть бути підключені до 5 показників на кожен пристрій. До пристрою підключається прецизійний потенціометр в колі зворотнього зв'язку.

Система алармів

Основним компонентом системи є карти інтерфейсу, панель на містку і в ЦПУ. Карти обладнані клемами для датчиків, і розташовані в контролерах двигуна кожного насоса. Стандартними функціями АЛАРМ є: перевантаження насоса №; втрата фази насоса №; втрата живлення системи управління; низький рівень масла в резервуарі; гідравлічний затвор насоса №; втрата живлення допоміжного рульового приводу (Aux. Steering). Крім цих, можуть бути додані також наступні функції: засмічення фільтра насоса №, якщо встановлений датчик на фільтрі; висока температура масла насоса №, поставляється разом з маслоохладжувачем; несправність заземлення насоса №, коли електродвигун не в роботі; Несинхронна робота рулів, якщо встановлено два керма.

Підсилювач рульового показника

Підсилювач розташований на друкованій платі РСВ, рис. 13.15, зі своїми електронними компонентами та контактними з'єднаннями.

Основною функцією підсилювача є: інтерфейс для системи рульового показника; регулятор напруги; інтерфейс для блоку зворотнього зв'язку; регулювання нуля сигналу зворотнього зв'язку; регулювання коефіцієнта рульових показників; регулювання нуля сигналу зворотнього зв'язку

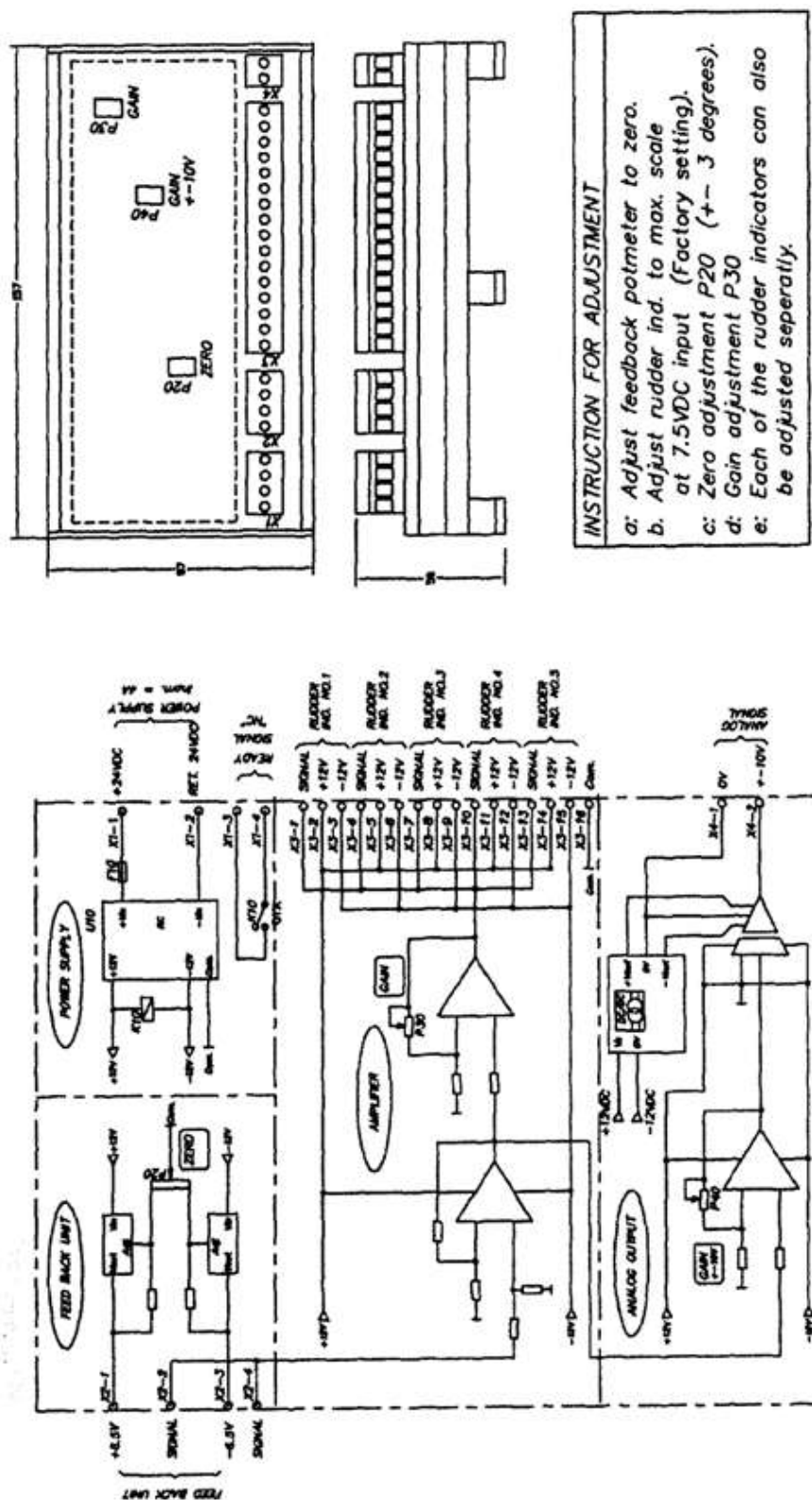


Рис.13.15 – Схема підсилювача рульового показника

3.5 Введення в дію системи і її компонентів

Введення в дію рульової установки з соленоїдним/частотним керуванням

Перевірити силове живлення і правильність підключення кожного електродвигуна. Включити розділовий вимикач: *зазвичай розташований всередині рухового контролера. Ознайомитися з правилами по видаленню повітря з системи гідравліки.* Повітря повинно бути видалене повністю. Перевірити вихід аварійного сигналу перевантаження від реле перевантаження (для соленоїдного управління) або від частотного конвертора при частотном управлінні, відрегульованого за повному струму електродвигуна (заводська установка). Встановити селекторний перемикач в контролері двигуна в положення 3 «**місцеве управління**» «**Local control**». Перевірити по стрілці на фланці двигуна правильність напрямку обертання силового насоса. Поставити селекторний перемикач в положення 1 «**дистанційне керування**» «**Remote control**», якщо необхідно управління з містка. Поставити селекторний перемикач в положення 2 «Stop», якщо необхідно виконати технічне обслуговування системи рульового приводу

Введення в дію блоку зворотного зв'язку

Блок має вимикачі границі кута перекладки; трансмітер системи рульового показчика; трансмітер для системи керування. Блок змонтований зверху актуатора. Поводом ротора блоку може бути або важільна, чи ремінна чи ланцюгова передача. Передача ланцюг / ремінь має пружинний натяг для усунення коливання. Границі кута перекладки повинні бути відкалібровані так, щоб вимикаючі кулачки прирвали сигнал на 1-2 градуси раніше механічної зупинки.

Калібровка трансмітерів системи рульового показчика і системи керування відбувається в наступному порядку: перевірити, щоб руль та механічний показчик руля на актуатори були в нуловому положенні; силове живлення на систему кутового показчика руля повинно бути вимкнене; від'єднати центральний провід потенціометрів зворотної залежності; виміряти опір і опір плеч потенціометра (повне приблизно 5кОм, а опір плеч між середньою точкою і кожним кінцем потенціометра повинен бути рівним), при необхідності відрегулювати плечі; якщо показчики руля рухаються в неправильному напрямку, то поміняти місцями кінці на потенціометрі.

Введення в дію системи рульового показчика

Для введення в дію системи необхідно: перевірити, щоб всі показчики показували 0° в знеструмленому стані (заводська установка); включити живлення і перевірити, щоб кермо і механічний показчик над актуаторами були в нуловому положенні; якщо показчики керма не в нуловому положенні, то регулювання (+/- 2 °) може бути виконана (P20) на підсилювачі рульового показчика; виконувати перекладку положення керма 35 ° вправо. Регулювати передавальний коефіцієнт (РБО) на підсилювачі керма доти, поки кермові показчики не покажуть 35° правого борта. При необхідності можуть бути відрегульовані кермові показчики кожен окремо; відрегулювати гальванічну розв'язку +/- 10В сигналу; встановити кермо на 5° перед тим, як рульовий привід досягне механічної зупинки і регулювати (P40) до тих пір, поки сигнал положення керма не стане рівним 9В.

Введення в дію систем управління CS..

Ознайомитися з інструкцією **системи управління кермом і системи управління (rudder control system and control system);** живлення має надходити від контролера двигуна, тому роз'єднувальний перемикач на

контролері повинен бути включений. Далі повинні бути виконані наступні дії: запустити один насос з містка, включити перемикач, рис. 13.6, **override (блокування автоматичного управління)** для блокування усіх інших видів управління кермом. Функція **override** відображається світловим сигналом на кожному насосі, а якщо потрібно, то і звуковим. Користуючись кнопками override перевірити дію переключки керма.

Введення в дію неслідкуючого NFU управління рульовою рукояткою

Запустити насос, вибрати вид **рульового управління (steering mode)** натисненням кнопки «in-command», рис. 13.4. І перевірити роботу рульового приводу зворотною рукояткою. Якщо є в системі опція NFU memory, то положення рульового приводу буде зберігатися в пам'яті і використовуватися як сигнал команди на кермо, якщо рукоятка NFU не використовується. Ця функція може служити перевіркою роботи головної рульової установки при NFU.

Введення в дію стежить FU управління рульовою рукояткою

При натисканні на кнопку «in command» система зробить так, щоб сигнал команди на кермо відповідав положенню керма перед тим, як буде діяти актуальний режим управління. В іншому випадку лампа «in command» буде блимати, показуючи, що оператор повинен змінити сигнал команди на кермо протягом часу 6-7 сек. Якщо пост управління (steering stand) почне діяти, то лампа буде горіти постійно. Далі відрегулювати «O-point» FU-контролера; встановити сигнал команди на кермо від FU-контролера на 8B (50 °) або 10B (70 °). Регулювання виконується потенціометром, встановленим на кожному контролері.

Регулювання на карті підсилювача системи управління

Вибрати FU-управління. Пересунути FU-контролер «in command» в положення приблизно 5 ° до механічної зупинки рульового приводу і регулювати P20 (коефіцієнт на карті підсилювача) до тих пір, поки положення керма не буде відповідати команді. Запустити обидва насоса на кожен кермо. Відрегулювати P60 (чутливість, на карті підсилювача) за годинниковою стрілкою так, щоб в системі follow-up виникли коливання і перерегулювання при русі контролера. Це можна спостерігати по світлодіоду 4 LED на лицьовій стороні картки підсилювача (сигнал команди port / stbd для кожного насоса). Пересунути P60 проти годинникової стрілки на півоберта, і рушити знову контролер, щоб перевірити припинення коливань. В іншому випадку виконувати регулювання до припинення коливань.

Регулювання зовнішнього аналогового обладнання (Авторульовий, джостик, DP)

Вибрати режим (steering mode) для аналогового обладнання. Встановити сигнал команди на кермо від аналогового обладнання рівним +10. Регулювати потенціометр передавального коефіцієнта до тих пір, поки положення керма не складе 1-2 ° до досягнення механічної зупинки (електричні граничні вимикачі). Нижче на малюнках наведено приклади інтерфейсної зв'язку рульової системи управління з авторульовим, джостик і редандантної DP системою.

INTERFACE FOR AUTOPILOT Example (1 * Rudder actuator, NFU, 2* pump)

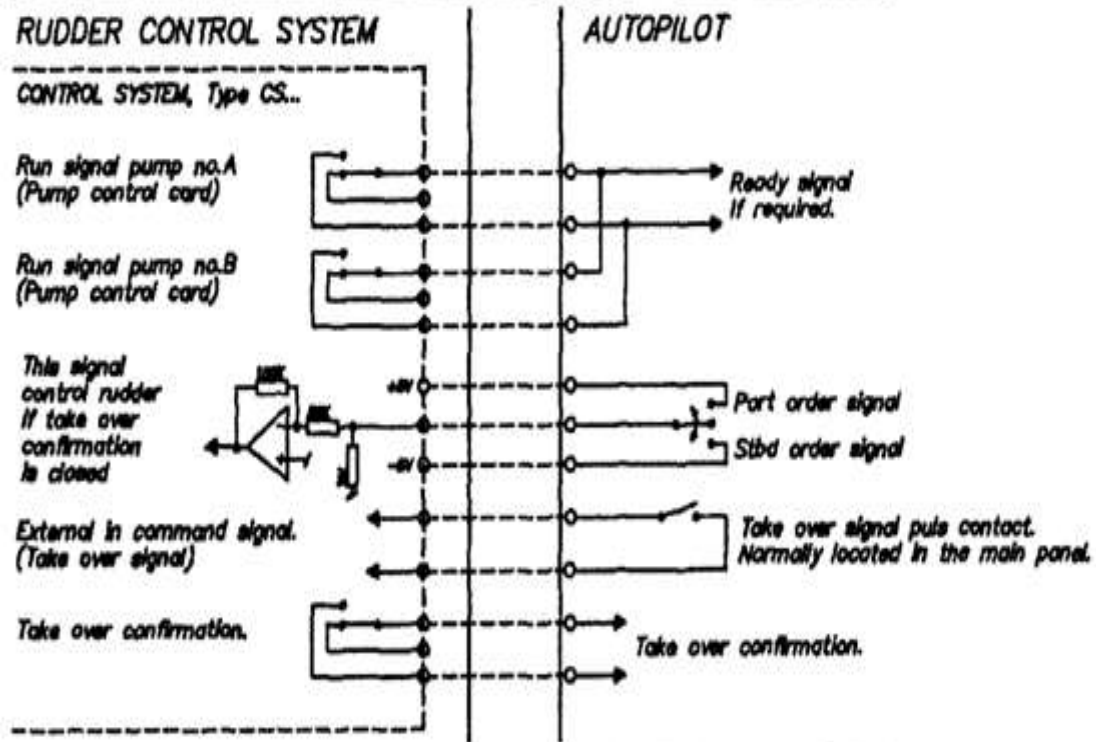


Рис.13.16 – Інтерфейс системи керування рульовою установкою з аторульовим

INTERFACE FOR JOYSTICK Example (1 * Rudder actuator, FU, 2* pump)

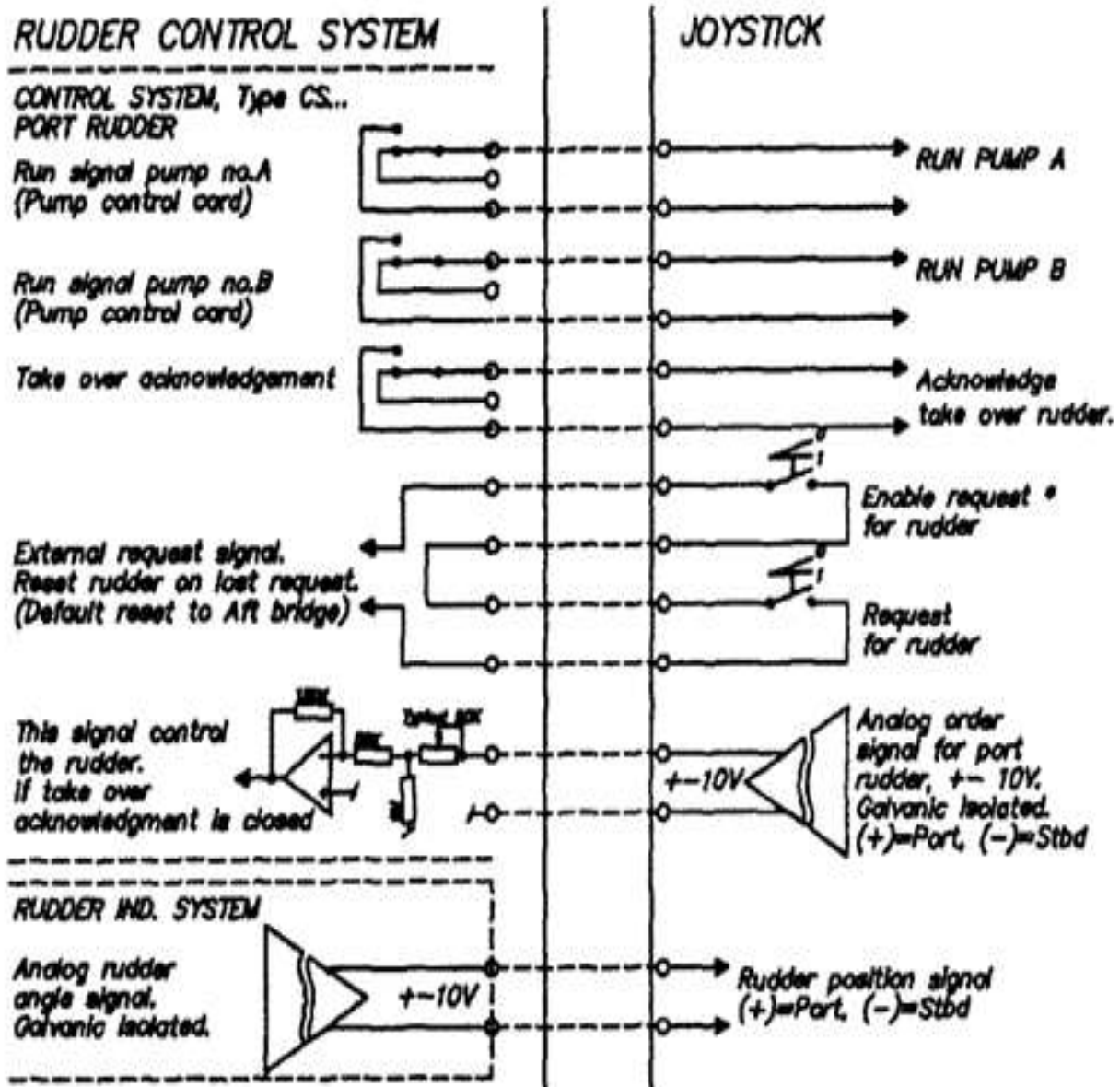


Рис. 13.17 – Інтерфейс системи управління рульової установкою з джойстиком

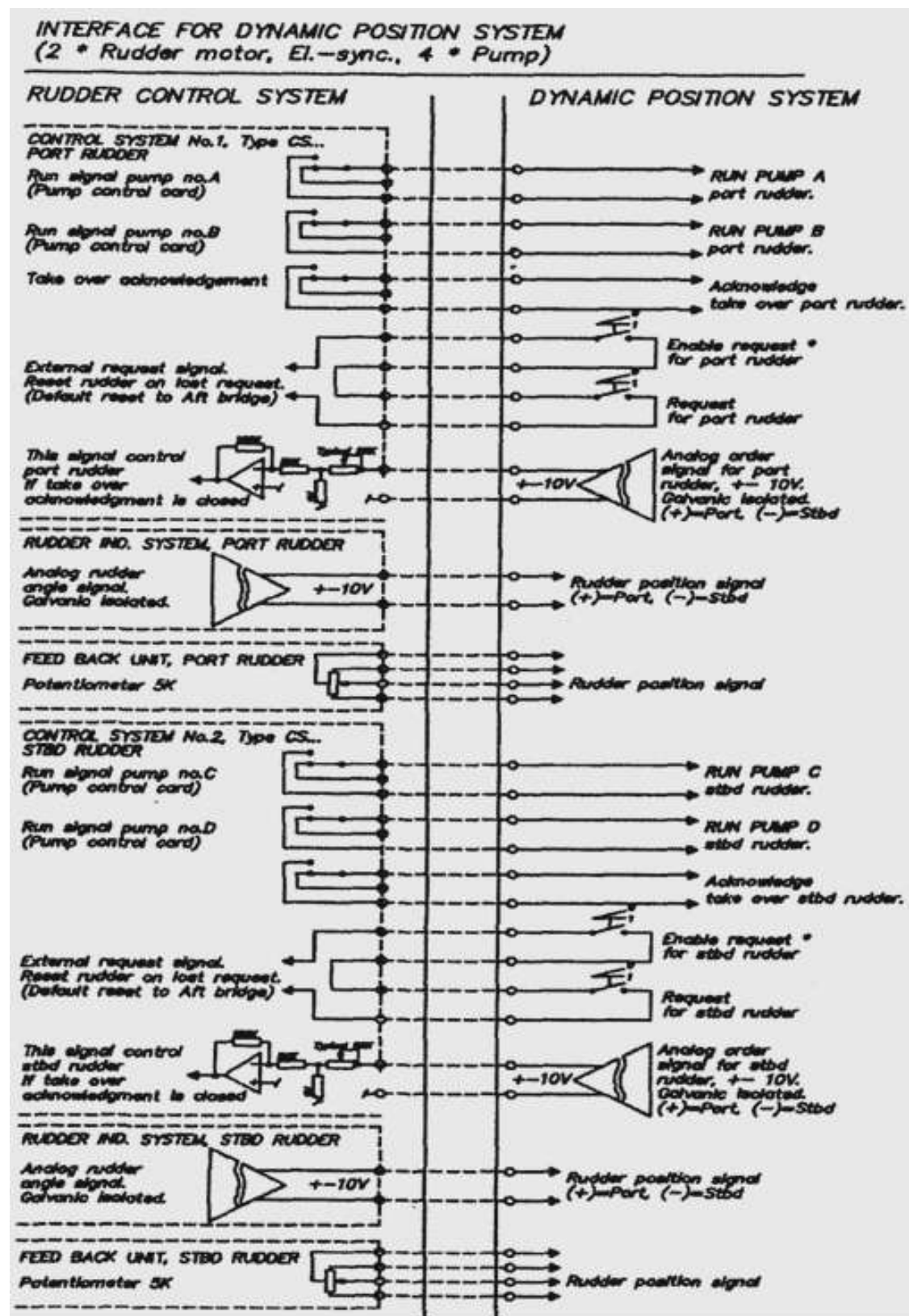


Рис. 13.18 – Інтерфейс системи управління рульової установки з ДР системою

4. АВТОМАТИЗОВАНІТ СИСТЕМИ РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ СУДОВИХ СИНХРОННІЙ ГЕНЕРАТОРІВ

4.1 Система збудження і автоматичного регулювання напруги strömberg

Система є уніфікованою замкнутою і являє собою імпульсно-фазове управління тиристорами по відхиленню напруги вертикальним способом. Склад (рис. 4.1):

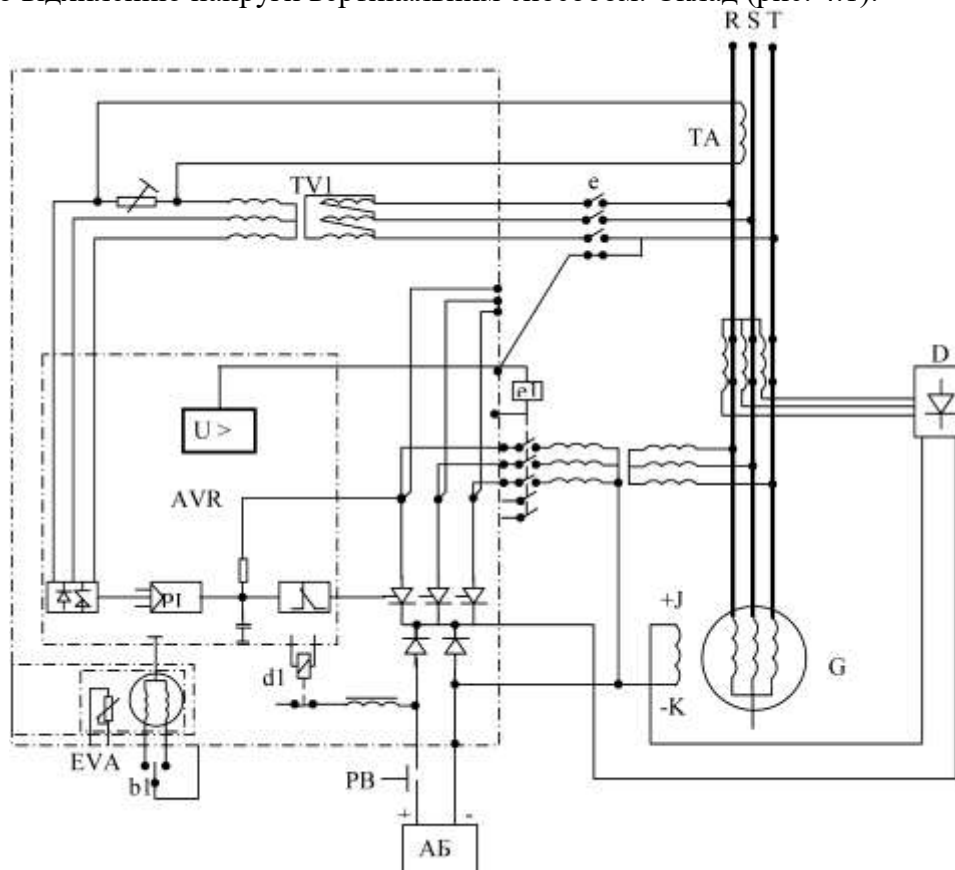


Рис. 4.5

- G - синхронний генератор; JK - обмотка збудження СГ;
- TA - трансформатор струму;
- D - трифазний випрямляч з трансформатором напруги TV2;
- e1 - вимикач захисту ланцюга збудження від надструму;
- d1 - контактор включення початкового збудження;
- TV1 - трифазний трансформатор живлення АРН;
- b1 - кнопка моторного реостата EVA;
- PB - кнопка початкового збудження від акумулятора АБ;
- EVA - зовнішній реостат заданої напруги генератора АРН;
- AVR - автоматичний регулятор напруги.

У свою чергу АРН (рис. 4.6) складається з:

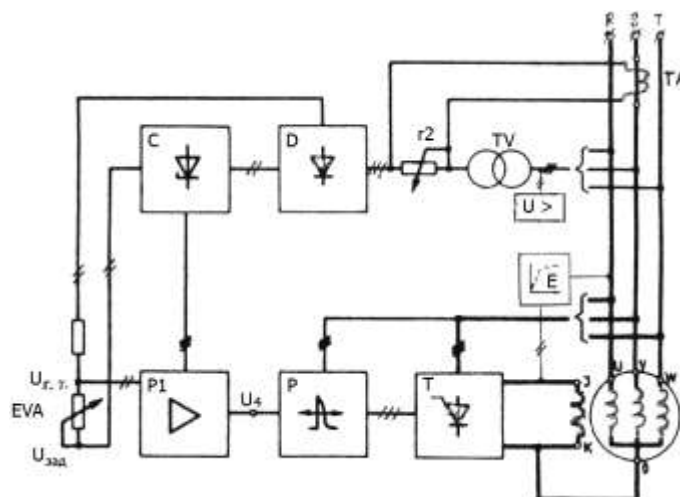


Рис. 4.6 – Блок-схема регулювання напруги

- r_2 - потенціометр зворотного зв'язку;
- D - трифазний випрямляючий міст;
- C - ланцюги стабілізованого живлення блоків $APN \pm 12$ В;
- PI - компаратор-підсилювач;
- P - ланцюги імпульсного управління тиристорами;
- T - тиристорного блоку;
- U> - пристрої захисту генератора від перенапруги;
- E - ланцюги початкового збудження.

Робота системи:

Задана напруга генератора $U_{зад}$, регульоване реостатом EVA, і поточна напруга генератора $U_{тек}$ надходять на компаратор-підсилювача P1, де порівнюються, і визначається $\Delta U = U_{тек} - U_{зад}$

Величина ΔU невелика - 1-8 В. Тому вона посилюється і надходить на P-ланцюг імпульсного управління тиристорами. Залежно від величини посиленого ΔU змінюється кут відкриття тиристорів.

Коли включається навантаження на генератор, його поточна напруга $U_{тек}$ пропорційно зменшується. Напруга $U_{зад}$ буде підтримуватися постійним, завдяки уставці і стабілізатора напруги C.

Напруга виходу підсилювача $\Delta U'$ починає підвищуватися. Якщо це триває значний час, то тиристорний блок збільшує напругу збудження (отже, і струм), що в загальному випадку призводить до підвищення напруги генератора. Таким чином, вихідна напруга підсилювального блоку при різних навантаженнях регулює струм збудження в таких межах, щоб напруга генератора підтримувалася на заданому значенні.

На рис. 4.7 показані криві впливу вихідної напруги ΔU підсилювача на напругу конденсатора, K9 - U5 і на кут запалювання тиристора. Мінімальна напруга підсилювача - 10 В. Якщо генератор працює на холостому ході, напруга підсилювача буде 8 В. Якщо генератор працює на номінальному навантаженні, напруга підсилювача - 5 В. (в залежності від типу регулятора).

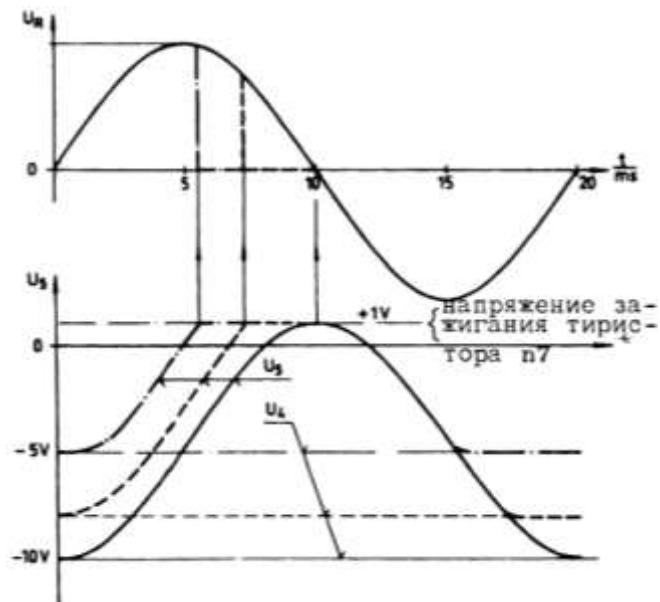


Рис. 4.7 – Графічне визначення кута відкриття тиристора

На рис. 4.8 показана залежність напруги збудження від напруги підсилювача ΔU : по вертикалі - напруга збудження, по горизонталі - напруга підсилювача.

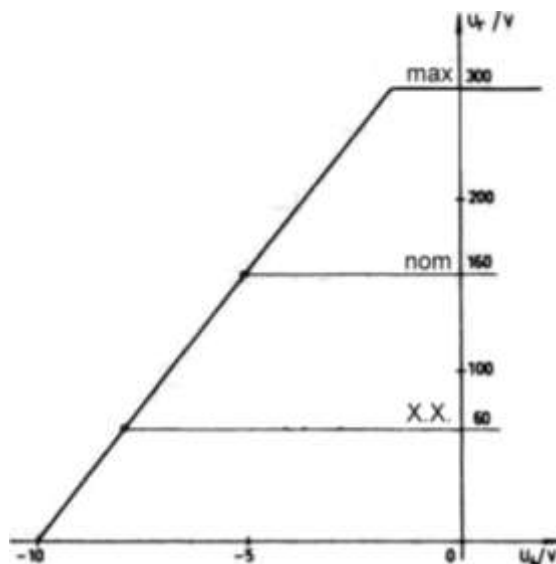


Рис. 4.8 – Діаграма залежності напруги збудження від напруги підсилювача ΔU

Дія тиристорного блоку.

Ланцюг запалювання тиристора, використовувана в регуляторі, відповідає принциповій схемі, наведеній на рис. 4.9 (еквівалентна схема вказана для однієї фази (R) тиристорного мосту).

Коли напруга R-фази починає збільшуватися, конденсатор $k9$ заряджається через опір r_{13} і по досягненню значення, відповідного напрузі запалювання тиристора, конденсатор розряджається і тиристор відкривається. Регулюванням опору r_{13} можна встановити будь-який необхідний момент включення тиристора. Зазвичай r_{13} фіксується в певному положенні, а запалювання тиристора виконується в залежності від вихідної напруги підсилювача.

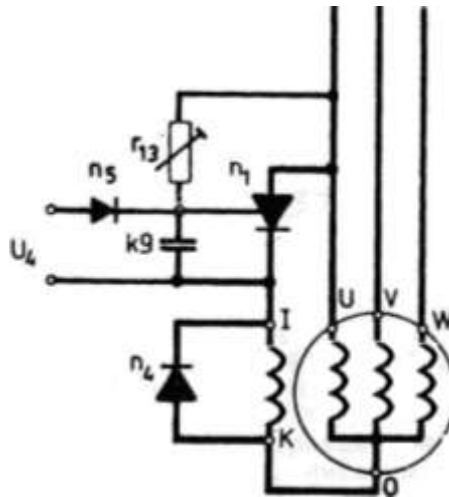


Рис. 4.9 – Ланцюг запалювання тиристора

Силовий тиристор n_1 (рис. 4.10) керується малопотужним допоміжним тиристором n_7 , які має значно менший струм управління. Вихідна напруга підсилювача знаходиться в межах від -10 В до $+10$ В. Один кінець конденсатора k_9 з'єднаний з живильною напругою -12 В. Діод n_5 є захисним від зарядки конденсатора через опір r_{15} і r_{16} в разі негативної вихідної напруги ΔU підсилювача. Відходять кінці підсилювача з'єднані з ланцюгами запалювання тиристорів через діоди n_5 . Резистори r_{13} регулюються так, щоб кути запалювання всіх тиристорів були однакові при тому ж вихідній напруги ΔU підсилювача.

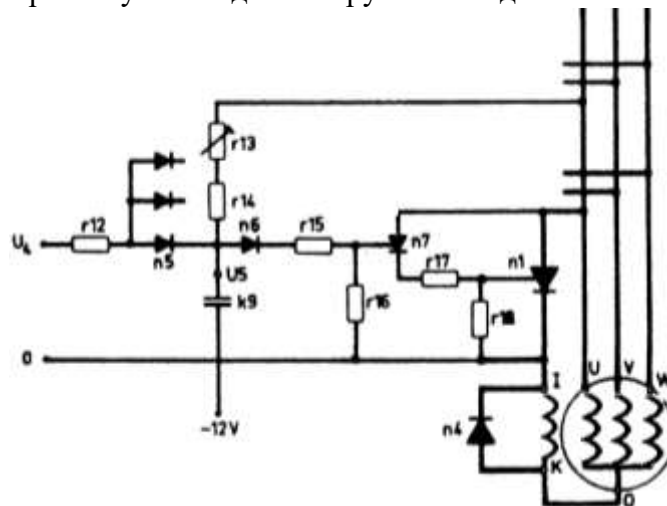


Рис. 4.10 – Принципова схема блоку підсилювача

Робота РІ - інтегрального підсилювача

РІ - інтегральний підсилювач (рис. 4.10). Основне призначення підсилювача полягає в тому, щоб порівнювати поточну напругу генератора $U_{тек}$ і задану $U_{зад}$ з нульовим потенціалом 0 В.

Коли збільшується позитивне значення $U_{зад}$ щодо нульового потенціалу, вихідна напруга ΔU стає негативною, в результаті чого кути відкриття тиристорів і середнє значення струму збудження зменшуються. Відповідно, коли падає напруга генератора, значення $U_{зад}$ стає негативним по відношенню до поточної напруги, а вихідна ΔU - позитивною, напруга збудження підвищується. Діапазон зміни напруги виходу ΔU залежить від величини зворотного зв'язку підсилювача.

Вузол зворотного зв'язку складається з конденсатора K_2 , ряду резисторів $r_9 - r_{11}$ і конденсаторів K_3-K_5 з різними варіантами включення.

Керуюча напруга регулятора постійного струму

Керуюча напруга регулятора постійного струму пропорційна поточній напрузі генератора, знімається з блоку «трифазний трансформатор m_1 - випрямляючий міст n_{01} (рис. 4.11). Напруга живлення ± 12 В підсилювача підтримується стабілітронами n_2, n_3 . Загальна точка стабілітронів, поєднана з тиристорним мостом і виводом J обмотки збудження генератора, використовується як нульовий і еталонний потенціали.

Складова напруги від реактивної потужності генератора підсумовується з напругою трансформатора m_1 (включаючи струмовий компенсаційний трансформатор f_1 і опір r_2 .) Опору r_1 і r_2 вузла стабілізації напруги налаштовані таким чином, що підсилювач має на виході повну напругу при 50% напрузі генератора. Конденсатори $K1, K6, K7$ (останні два не показані), є захисними для апаратури при різних пошкодженнях сполучних кабелів генератора, серводвигуна і др.

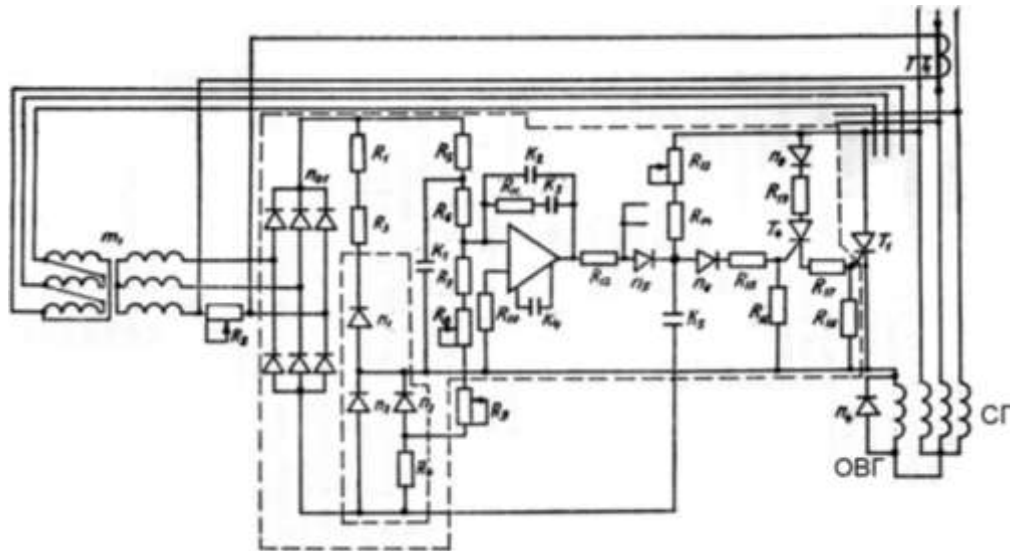


Рис. 4.11 – Принципова схема регулятора напруги типу SMUJ (фаза R)

Початкове збудження генератора

Початкове збудження генератора. В регуляторах типу SMUJ вузол початкового збудження (рис. 4.12) складається з трансформатора m_3 , діода n_5 і реле d_1 . Коли напруга обмотки статора досягне 50% величини від номінального, воно стає цілком достатньою для нормального функціонування регулятора. Кожен тиристор відкритий на 120° до тих пір, поки напруга генератора не досягне номінального значення.

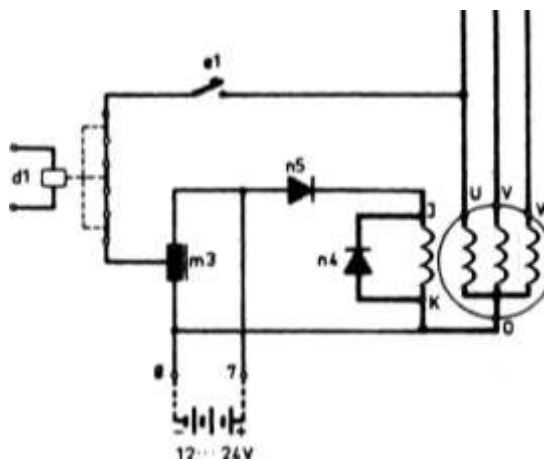


Рис. 4.12 – Ланцюг початкового збудження

Коли допоміжна напруга досягає величини більше 150 В, необхідність в блоці початкового збудження відпадає і реле d_1 відключає ланцюг трансформатора m_3 .

На рис. 4.13 показаний трансформатор m_2 , який живить також ланцюг захисту від

перенапруги. Напруга постійного струму 48В від трансформатора m_2 після випрямляча n_{16} , необхідне для спрацювання реле d_1 , стабілізується ланцюгом: стабілітрони n_{17} , n_{18} і транзистори p_3 і p_4 . Безпосереднє включення реле здійснюється тиристором n_{20} , який відкривається, коли напруга вихідного діодного моста n_{16} досягає необхідного значення, що визначається резистором r_{31} і r_{35} . Для поліпшення стабільності роботи послідовно з керуючим електродом тиристора n_{20} , включений стабілітрон n_2 .

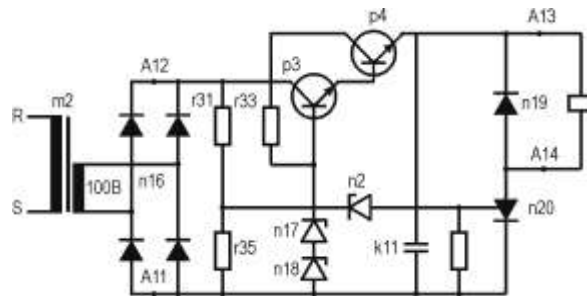


Рис 4.13 – Схема відключення початкового збудження

В загальному випадку, резистори r_{31} і r_{35} підбираються так, щоб включення тиристора вироблялося при напрузі генератора близько 200В. Для початкового збудження може бути використана акумуляторна батарея 12 - 24 В або будь-яке інше джерело, яке підключається до клем 7, 8 АРН. Акумулятори підключаються до регулятора згідно зі схемою рис. 4.14.

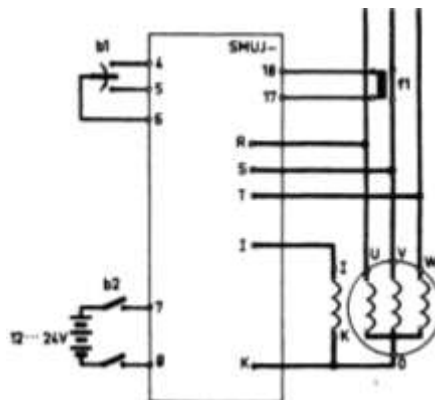


Рис. 4.14 – Схема підключення акумулятора початкового збудження до регулятора

Блок компенсації АРН

При паралельній роботі збільшення струму збудження тягне за собою збільшення реактивної потужності, внаслідок чого струм статора може перевищити номінальне значення. При відсутності вузла компенсації реактивна потужність не може рівномірно розподілятися між генераторами. Нестійкого розподілу реактивних потужностей можна уникнути забезпеченням похилого типу характеристики регуляторів. Практично це здійснюється додаванням до напруги зворотнього зв'язку компонента, що залежить від струму навантаження.

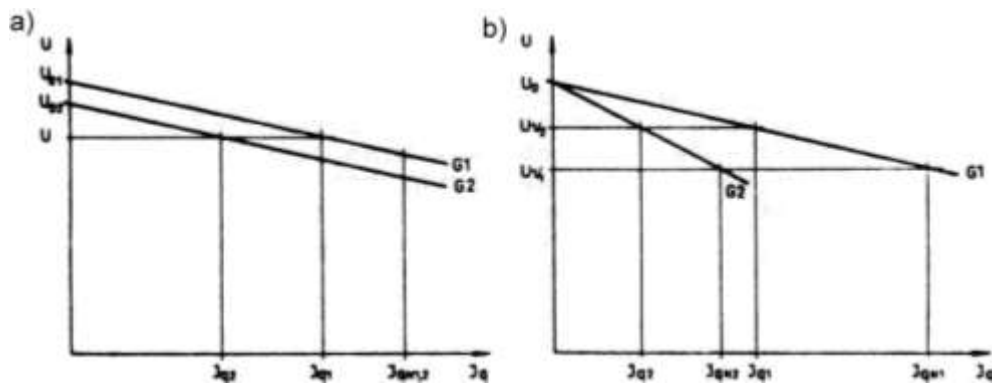


Рис. 4.15 – Розподіл реактивної потужності в залежності від навантажувальних характеристик генераторів і їх потужностей:

а - генератори однакової потужності; б - генератори різної потужності

На малюнку показані зміни напруг двох паралельно працюючих генераторів в залежності від реактивного струму навантаження і при наявності струмової компенсації. Схильність характеристики регуляторів однакова (рис. 4.15, а). При певному навантаженні загальне напруга дорівнює U . Точки перетину горизонтальної, що зображає напругу U , і характеристики генераторів відповідають реактивним струмів генераторів.

Шляхом уставки напруги холостого ходу U_{01} і U_{02} і нахилів характеристик на однакове значення, реактивні струми генераторів будуть однакові. При різних потужностях генераторів, кожний генератор віддає реактивну потужність, пропорційну його номінальній потужності. З теорії відомо, що падіння напруги на резисторі r_2 є активною складовою головного струму незначно впливає на величину напруги регулятора.

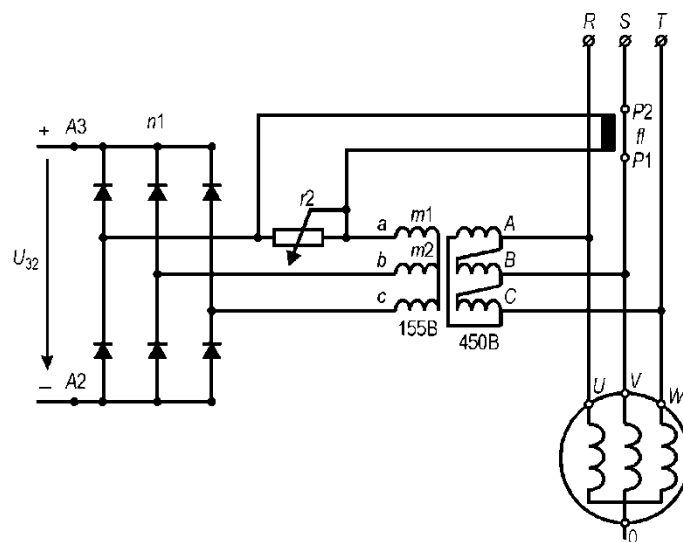


Рис. 4.16 – Схема струмової стабілізації регулятора типу SMUJ

На схемі (рис. 4.16) видно, що струм генератора фази "S" від трансформатора f_1 надходить на r_2 . Падіння напруги на цьому відрізку додається до напруги U_{an} вторинної обмотки однієї фази трансформатора m_1 . Напруги зворотного зв'язку U_{32} знімається з моста $n1$ через відповідний дільник напруги.

Так як реактивна складова головного струму фази S проходить паралельно з відрізком напруги U_{TR} , а вектор активної складової - перпендикулярний йому, то додаткова напруга, яке додається до U_{an} , залежить тільки від реактивної складової струму (рис. 4.17).

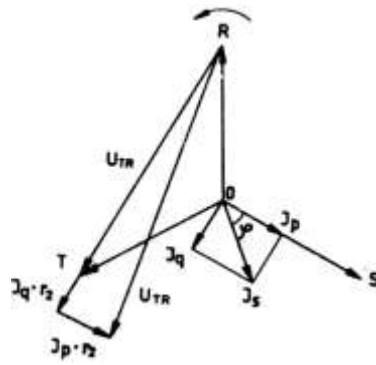


Рис. 4.17 – Векторне керування

Рівняння для вихідної напруги моста n_1 має вигляд:

$$U_{32} = 1,35 \cdot \left(\sqrt{3} \cdot \frac{155}{450} \cdot U + \frac{1}{\mu i} \cdot I_{qs} \cdot R_s \right)$$

де: μi – коефіцієнт трансформації трансформатора f_1 (200/1 А – 2000/1 А);

I_{qs} – реактивний струм фази S;

R_s – уставка опору r_2 (загальний опір 25 Ом, шкала 0 – 10);

U – напруга генератора.

Відповідно рівняння для струмової стабілізації може бути виражено:

$$S = \frac{1}{3} \cdot \left(\frac{\mu i \cdot R_s \cdot I_n \cdot \sin \varphi_n}{\frac{155}{450} \cdot U_n \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}} \cdot 100\% \right)$$

де: $U_n, I_n, \sin \varphi_n$ – паспортні дані генератора.

Таким чином, при бажанні отримати необхідну паспортну компенсацію правильну уставку опору r_2 можна розрахувати з цієї формули.

Струмова стабілізація для синхронних машин встановлюється в межах 0,5-5%. Рекомендується потенціометр r_2 встановлювати в положення "5", що буде відповідати 2–3% струмової стабілізації, залежною від трансформатора f_1 .

Захист від перенапруги

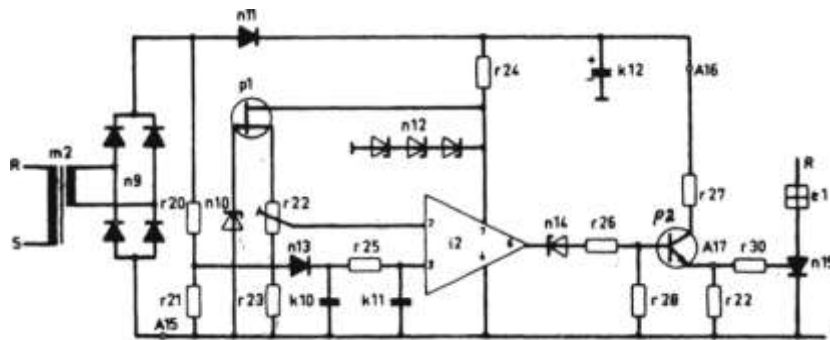


Рис. 4.18 – Схема захисту від перенапруги.

Блок захисту від перенапруг (рис. 4.18) представляє окремий електронний ланцюг на загальній карті регулятора. Захист може бути налаштований в межах 0,8 – 1,5 U_n і призначений для відключення генератора при перевищенні напруги генератора або окремих ланцюгів регулятора.

Живильна напруга надходить від трансформатора m_2 , випрямляч p_9 і стабілізується групою стабілітронів p_{12} , а напруга зворотного зв'язку - від випрямляча через дільник r_{20} , r_{21} . Напруга порівняння для підсилювача надходить по ланцюгу: польовий транзистор $P1$ з каналом N - типу і стабілітрон p_{10} . Ця напруга може бути відрегульована потенціометром r_{22} .

Підсилювач I_2 порівнює напруга зворотного зв'язку з еталонним. У ланцюг зворотної напруги включений фільтр $k_{10} - r_{25} - k_{11}$, який забезпечує витримку часу близько 600 мс.

Якщо зворотна напруга на клеми 3 підсилювача по відношенню до потенціалу A_{15} більша, ніж напруга порівняння на клеми 2, напруга підсилювача зростає приблизно до ± 10 В і струм починає проходити через стабілітрон p_{14} , відкриваючи транзистор p_2 і сигнал надходить на керуючий електрод тиристора p_{15} .

Допоміжна котушка вимикача, e_1 отримує живлення і регулятор відключається від генератора. Контакти цього вимикача в той же час подають живлення на автоматичний вимикач генератора і він відключається від мережі.

Під час пуску і розгону ДГ регулятор підтримує максимальне збудження до тих пір, поки напруга статора не перевищить (в пропорційному відношенні) встановлену величину еталонної напруги. Після цього збудження зменшується за рахунок скорочення часу включення тиристорів.

Час коливань напруги знаходиться в межах 0,3 – 0,5 с. Що виникає перенапруження в період пуску коливається від 1,1 - 1,3 U_n і залежить від генератора і його двигуна.

Фільтр $k_{10} - r_{25} - k_{11}$ є демпфером для спрацьовування захисту від перенапруг. Компоненти фільтра підбираються так, щоб в кожному окремому випадку міг бути забезпечений нормальний пуск ДГ без спрацьовування захисту. Відповідні коливання напруги відбуваються і при відключенні від генератора навантаження. В даному випадку піки напруги залежать тільки від конструкції генератора і не можуть бути усунені будь-яким регулятором.

Величина піків напруги при скиданні навантаження коливається в межах 1,1 - 1,2 U_n .

АРН виготовляються в наступних модифікаціях: SMUJ 75 K3 і SMUJ 200 K1 на струми збудження 75 А і 200 А, відповідно, при напрузі збудження 145 - 175 В. Точність підтримки напруги становить $\pm 1,5\%$, час відновлення 0,2 с (регульоване в межах 0,1 – 0,5 с). Напруга регулюється за допомогою потенціометра $EVA \pm 10\% U_{пот}$.

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 індукуює напругу в обмотці статора генератора. Частина цієї енергії, що генерується шунтується до ОБВ завдяки тиристорам, проходячи через систему збудження. Схема, що представляє збудження, утворює замкнутий контур

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

3:

G1 - синхронного генератора;

G2 - збудника - зверненої синхронної машини, у якій індуктор нерухомий, а обмотка змінного струму обертається. Синхронний збудник являє собою електричну машину з

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 - $U_{ТЕК}$. Через клеми 20, 21 на вхід компаратора поступає сигнал, пропорційний заданому значенню напруги генератора - $U_{зад}$. Результуючий сигнал від двох напруг $U_{ТЕК}$ 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 $U_{ТЕК}$; 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 EVA (роз'єми X2 / 1, X2 / 3) і більш точно регулюється потенціометром U. Ці два постійних напруг надходять на компаратор C, де вони посилюються, і вихідний сигнал у вигляді пилоподібної напруги надходить на вхід підсилювача A

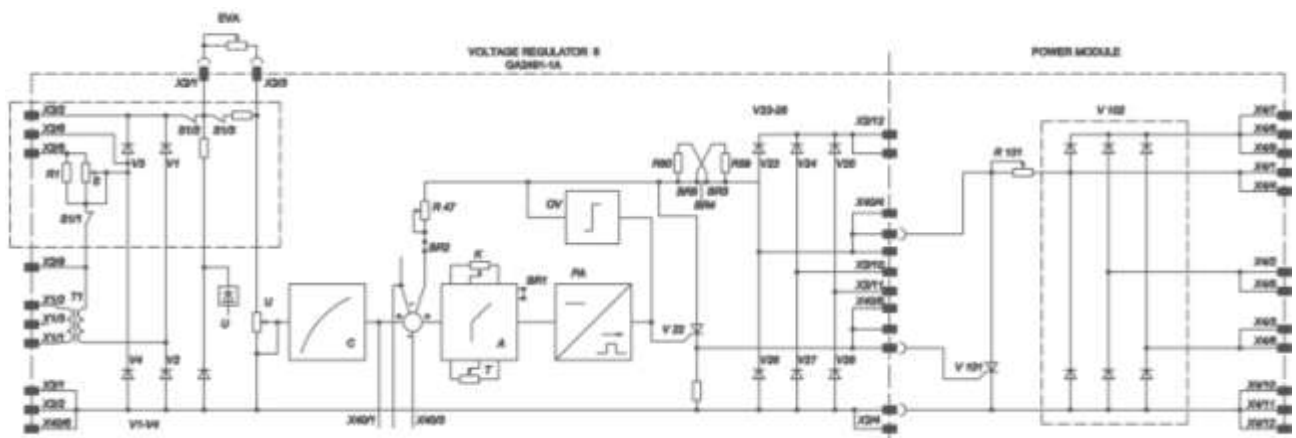


Рис. 4.20 – Тиристорний регулятор напруги

Потенціометр K використовується для регулювання коефіцієнта посилення контролера, а потенціометр T - 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 РА (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, K, T, R47 і S. Номінальна напруга генератора регулюється потенціометром U, а динамічний режим - потенціометрами K, T і R47.

На холостому ході 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 $U_{ген}$ і $U_{set\ sup p}$ приблизно наступне:

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

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.

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

де δ - статизм; U_H - 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.

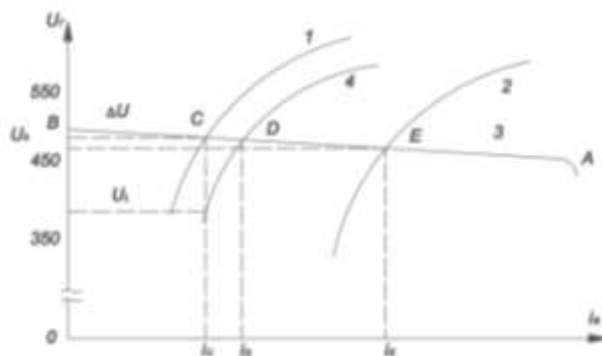


Рис. 4.21 – Зовнішні характеристики генератора і AVR

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%.

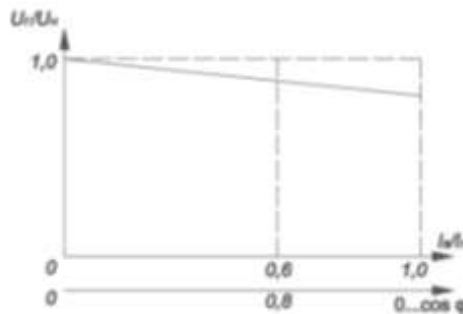


Рис. 4.22 – Діаграма визначення статизму регулятора напруги

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 C і E . 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 AB . 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 AB .

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 $1 \div 2\%$ $U_{ном}$;
- ас 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;

Ехс - 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;

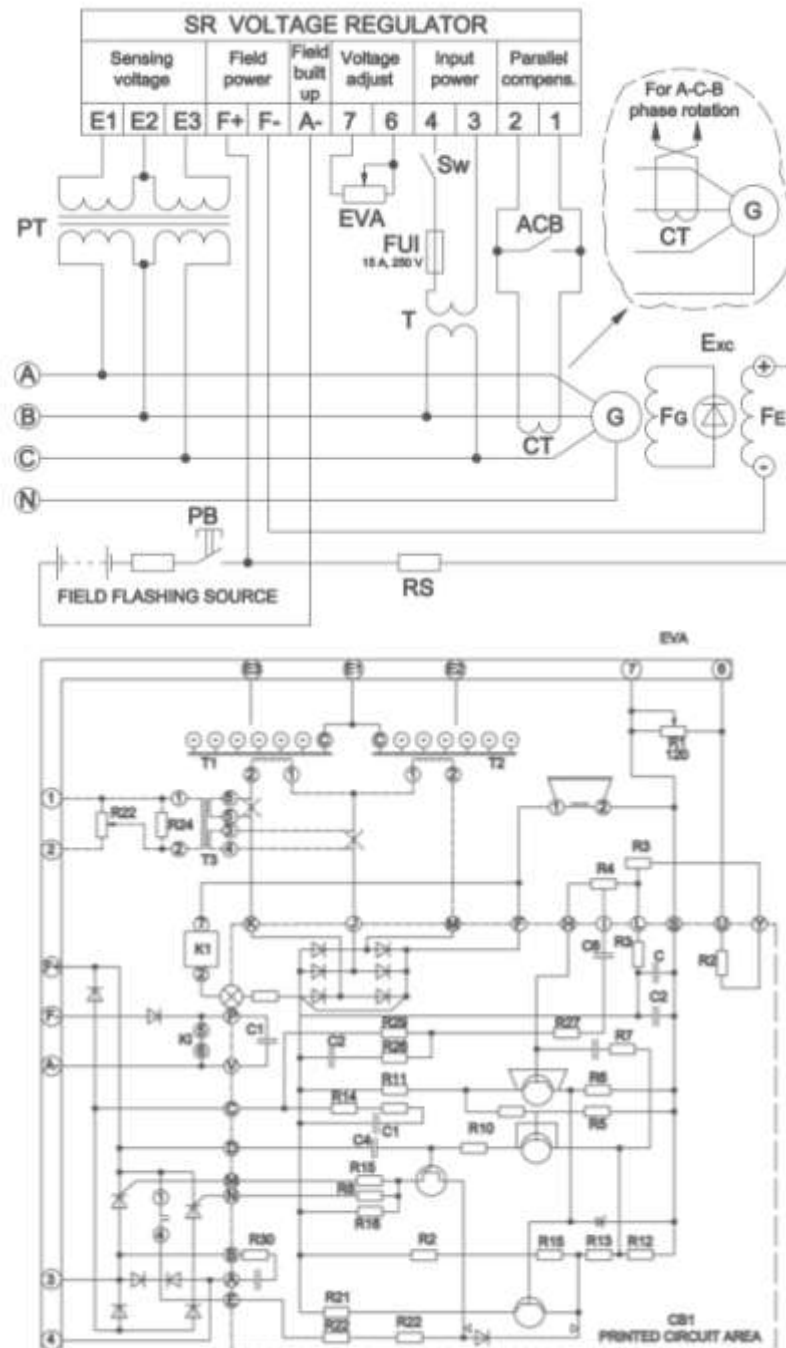


Рис. 4.25 – Схема з'єднань (а) і Арн (б) типу SR-4A, BASLER Electric
 EVA - зовнішнього підлаштування реостата заданої напруги генератора;
 CT - трансформатора струму навантаження генератора з нормально-закритим контактом генераторного автомата ACB;

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-R25, R4);
- силового ланцюга (SCR11, SCR12, CR13, R14)



Рис. 4.26 – Блокова схема РН

Робота. Ланцюг вимірювання напруги генератора СГ, що складається з трансформаторів Т1, Т2, трифазного випрямного моста CR1 - CR6, конденсаторів C1, C2 і дросельного фільтра L1 призначена для вимірювання, випрямлення, згладжування і фільтрації зниженого напруги генератора U_g . 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_T , 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 другій 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 $0,8U_n$ реле K1 спрацьовує і нормально-замкнутий контакт включає ланцюга SCR11 і SCR12, стабілізуючи U_g .

Для надійного самозбудження досить напруги, рівного $0,03 U_n$. Якщо залишкова напруга генератора менше 3%, необхідно використовувати акумуляторну батарею, в ланцюзі обмотки збудження, шляхом натискання на кнопку PB (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) - клема 1, 2, регулятора напруги - складається з:

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

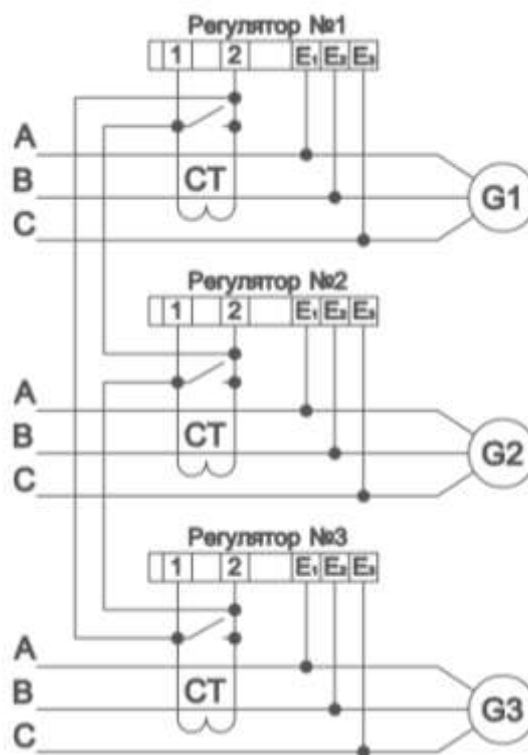


Рис. 4.27 – Ланцюг паралельної роботи

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 (клемы 1 і 2). Напруга, що надходить до випрямного мосту з трансформатора струму СТ, невелике. Напруги регулятора (клемы E1 і E3) і компенсаційної обмотки (клемы 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 вимірюваної 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.

4.3 Система збудження і автоматичного регулювання напруги типу STAMFORD

Технічні дані:

- напруга ланцюга управління - 190 - 264 В;
- частота струму - 50/60 Гц;
- зовнішнє регулювання напруги - $\pm 10\%$;
- перевантаження по напрузі регулятора - 300 В;
- допустима вібрація - $20 \div 100$ мм / с;
- допустимі коливання температури від -40°C до $+70^{\circ}\text{C}$;
- точність підтримки напруги генератора $\pm 1\%$ УН;
- відносна вологість - до 95%;
- максимальна чутливість - 0,22А при статизм 5%.

Склад (рис. 13.1):

Безщітковий синхронний генератор;

MX341 - автоматичний регулятор напруги;

HAND TRIMMER (EVA) - зовнішній потенціометр уставки заданої напруги;

DROOP - додаткова заспокоїлива статорна обмотка СГ (опція).

Автоматичний регулятор напруги MX321 призначений для управління струмом

збудження безщіткових синхронних генераторів. Початкове збудження надходить від трифазного призбуджуючого генератора PMG. При цьому керуючі ланцюги АРН відключаються від ефектів нелінійних навантажень і зменшується вплив частоти на напругу генератора. Таким чином, PMG використовується для найкращого збудження БСГ.

AVR вимірює напругу генератора і управляє порушенням для підтримки напруги на заданому рівні, компенсуючи зміну навантаження, частоту обертання, температуру і $\cos \phi$ генератора.

Вимірювання частоти електричного кола і частоти обертання валу генератора забезпечує захист від зниженої частоти системи збудження зниженням вихідної напруги генератора пропорційно встановленій частоті обертання. АРН.

Цей стан зберігається до повної зупинки генератора.

АРН включає захист від перенапруги з відключенням вихідного пристрою регулятора і можливості відключення АСВ в разі різних неполадок при оптимальному порушенні. Пристрій забезпечує можливість дистанційного керування АРН, дозволяючи оператору оптимально регулювати вихідну напругу генератора.

Для забезпечення паралельної роботи генераторів рівній потужності АРН має відповідний ланцюг.

Автоматичний регулятор напруги складається з (рис. 13.2, а):

- PDR (Potential Divider & Rectifier) - подільника напруги і випрямляча;
- DCM (DC Mixer) - аналогового змішувача;
- R (3 Phase Rectifier) - трифазного випрямляча вихідного сигналу трансформатора струму генератора;
- A (Amplifier) - підсилювача-компаратора;
- StC (Stability Circuit) - ланцюг стабілізації;
- PS (Power Supply) - блок живлення;
- SyC (Synchronizing circuit) - синхронізуюча ланцюг;
- PSD (Power Control Devices) - харчування ланцюгів управління;
- ACB (Circuit Breaker) - генераторний автомат;
- OED (Over Excitation Detector) - захист від перезбудження генератора;
- OVD (Over Voltage Detector) - захист від перевищення напруги генератора.

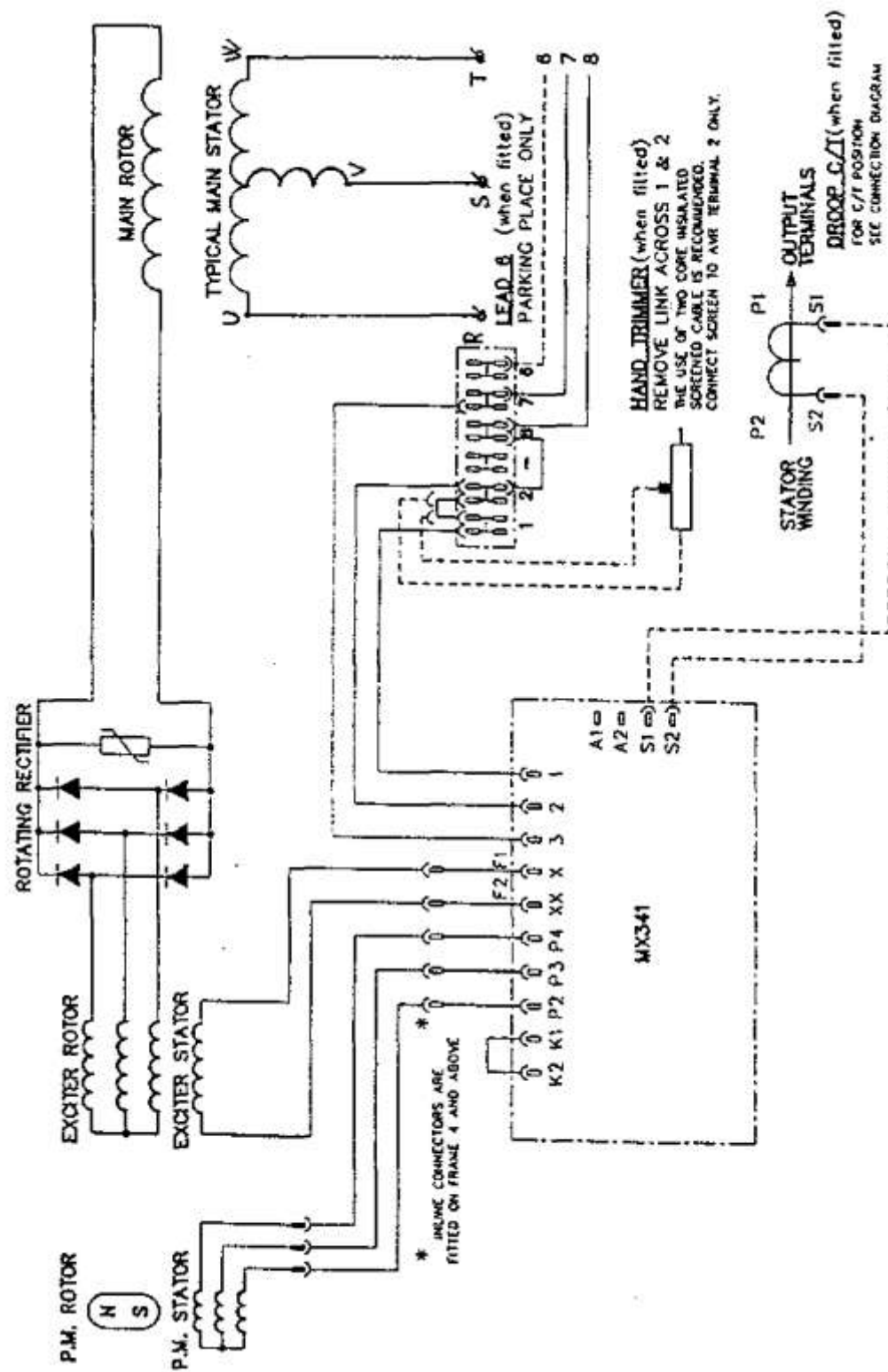
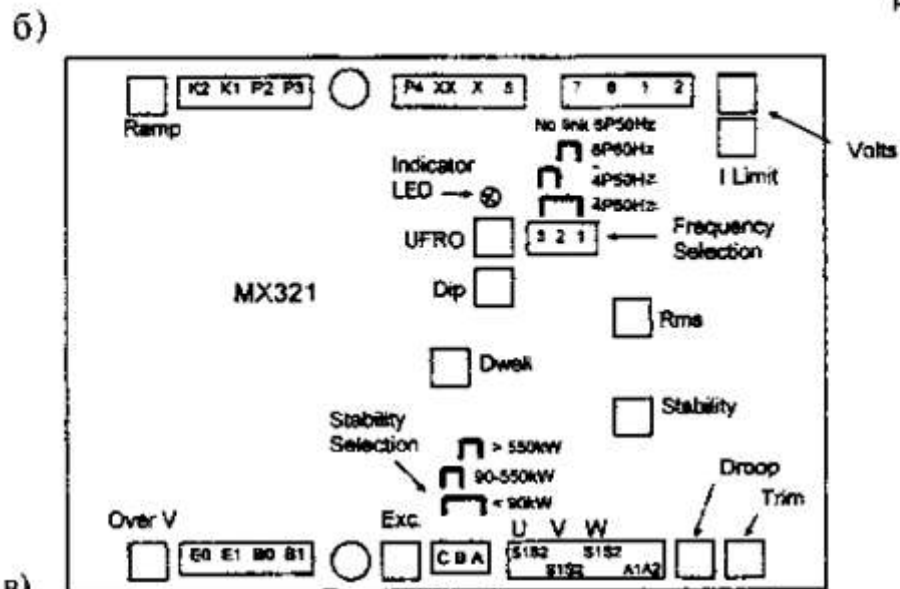
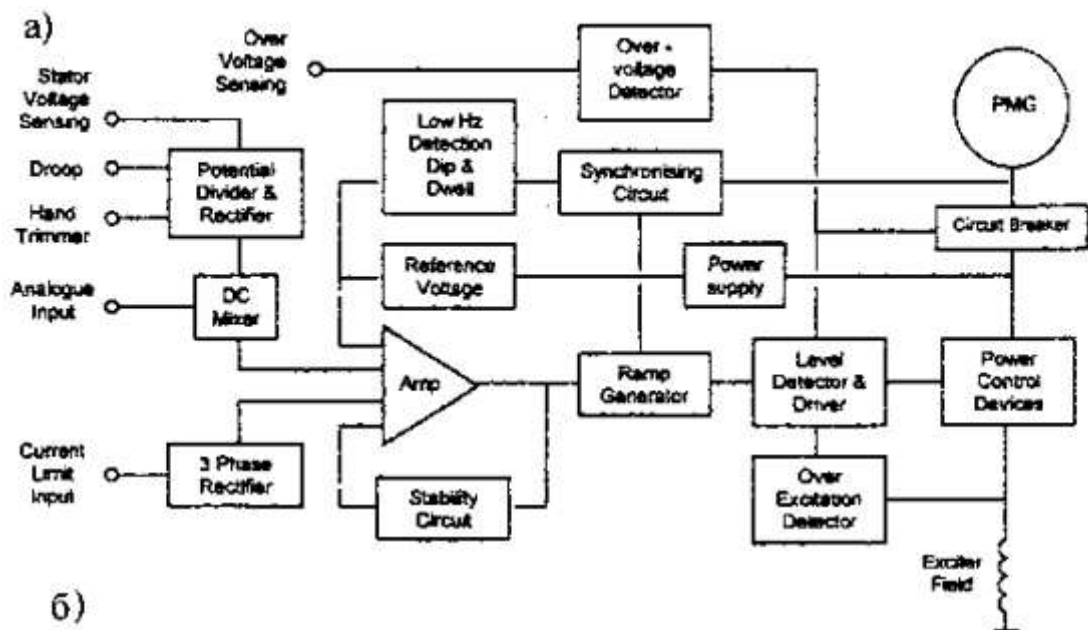


Рис. 4.28 – Схема з'єднань системи збудження і автоматичного регулювання напруги STAMFO



B)

SUMMARY OF AVR CONTROLS		
CONTROL	FUNCTION	DIRECTION
VOLTS	TO ADJUST GENERATOR OUTPUT VOLTAGE	CLOCKWISE INCREASES OUTPUT VOLTAGE
STABILITY	TO PREVENT VOLTAGE HUNTING	CLOCKWISE INCREASE THE DAMPING EFFECT
UFRO	TO SET THE UFRO KNEE POINT	CLOCKWISE REDUCES THE KNEE POINT FREQUENCY
DROOP	TO SET THE GENERATOR DROOP TO 5% AT OFF	CLOCKWISE INCREASES THE DROOP
TRIM	TO OPTIMISE ANALOGUE INPUT SENSITIVITY	CLOCKWISE INCREASES THE GAIN OR SENSITIVITY
EXC	TO SET THE OVER EXCITATION TRIP LEVEL	CLOCKWISE INCREASES THE TRIP LEVEL
DIP	TO SET THE HZ RELATED VOLTAGE DIP	CLOCKWISE INCREASES THE DIP
OWELL	TO SET THE HZ RELATED RECOVERY TIME	CLOCKWISE INCREASES THE RECOVERY TIME
I LIMIT	TO SET THE STATOR CURRENT LIMIT	CLOCKWISE INCREASES THE CURRENT LIMIT
OVER V	TO SET THE OVER VOLTAGE TRIP LEVEL	CLOCKWISE INCREASES THE TRIP LEVEL
RAMP	TO SET THE NO LOAD VOLTAGE RAMP UP TIME	CLOCKWISE INCREASES THE VOLTAGE RAMP TIME

Рис. 4.29 – Функціональна схема AVR типу STAMFORD (а), панель налаштування (б) і таблиця регулювання (в) Функції Арн

PD & R (Potential Divider & Rectifier) - дільник напруги - випрямляч бере зайву

частину вихідної напруги генератора, яке регулюється потенціометром і зовнішнім ручним реостатом при необхідності. Сюди приходить і сигнал від ЦПР. Випрямляч перетворює змінний вихідний сигнал у відповідний сигнал постійного струму;

DCM (D.C. Mixer) - додає аналоговий сигнал напруги генератора;

3PR (3 Phase Rectifier) - перетворює вихідний сигнал обмежувача трансформатора струму СТ в відповідний сигнал постійного струму напруги генератора;

Amp (Amplifier) - порівнює поточну напругу генератора або струмовий сигнал з заданою напругою і різницю ΔU підсилює для забезпечення регулюючого сигналу Арн; Ramp Generator, Level detector & Driver - управляє часом відкриття тиристорів силового ланцюга, забезпечуючи збудження необхідної величини для підтримки напруги генератора в необхідних межах;

StC (Stability Circuit) - ланцюг стабілізації забезпечує регулювання негативного зворотного зв'язку з метою досягнення стійкої стабільності в перехідних режимах;

PS (Power Supply) - забезпечує живлення всіх ланцюгів Арн;

LHzD (Low Hz Detector) - захист від зниженої частоти; вимірює період кожного електричного циклу і регулює напругу генератора для зменшення лінійної апроксимації від частоти обертання. Горіння світлодіода попереджає про зниження частоти обертання дизель-генератора;

PCD (Power Control Devices) - змінює величину струму збудження відповідно до диференціала підсилювача;

ACB (Automatic Circuit Breaker) - автоматичний генераторний вимикач; відключає систему управління і генератор в разі спрацювання захистів генератора;

OED (Over Excitation Detector) - захист від перезбудження генератора; послідовно вимірює струм збудження і зменшує його, якщо поточне значення більше, ніж в сталому режимі. Цей сигнал також забезпечує відключення - EXCTRIIP;

OVD (Over Voltage Detector) - захист від перенапруги; послідовно вимірює напругу генератора і зменшує його, якщо поточне значення більше, ніж в сталому режимі. Цей сигнал супроводжується відключенням ACB і регулюється OVER / V - уставкой;

Dip і Dwell-ланцюга забезпечують регулювання часу відновлення напруги. Синхронізуюча ланцюг використовується для утримання RAMP Generator і LHzD бездіяльними на період роботи PMG.

Регулювання (рис. 4.29, б).

Вихідна напруга генератора встановлюється на заводі-виробнику, проте його можна змінювати за допомогою потенціометра «VOLT» на регулювальній панелі AVR або зовнішнім реостатом уставки EVA. Клеми 1 і 2 AVR можна закортити, якщо немає необхідності в ручному регулюванні.

Увага. Не підвищуйте їх вище номінального і не заземлюючих ручні термінали регулювання напруги.

Після заміни Арн необхідно зробити наступне:

- повернути потенціометр VOLT в крайнє ліве положення проти годинникової стрілки, потім встановити його в середнє положення;
- встановити потенціометр STABILITY в середнє положення;
- під'єднати вольтметр зі шкалою 0 ÷ 300 В змінного струму між фазою і нейтраллю генератора;
- запустити генератор без навантаження з частотою 60 ÷ 63 Гц;
- якщо загориться червоний індикатор LED, звернутися до регулювання UFRO (Under Frequency Roll OFF);
- повернути потенціометр VOLT за годинниковою стрілкою до досягнення значення напруги $U_{ном}$;

- якщо номінальне значення U підтримується нестабільно - звернутися до регулювання стійкості або повторити регулювання напруги.

Налаштування стійкості або демпінг виконується за допомогою переключень відповідного кола для різної потужності генераторів (90 кВт, 90-550 кВт або більше 550 кВт) як показано на рис. 4.29. Подальша регулювання проводиться без навантаження генератора.

UFRO або регулювання від зниженої частоти здійснюється за допомогою перемичок «Frequency Selection» з відповідними полюсами і частотою генераторів (4P60 Гц, 4P50 Гц, 6P60 Гц) як показано на рис. 4.29, б. Червоний індикатор (LED) горить, коли ланцюг UFRO працює, тобто частота знижена і знаходиться в зоні 57-60 Гц (або 47-50 Гц).

Регулювання статизму здійснюється потенціометром DROOP і становить близько 5%: обертаючи за годинниковою стрілкою, збільшуємо сигнал трансформатора струму СГ з одночасним зменшенням $\cos \phi$. В крайньому лівому положенні проти годинникової стрілки статизм $\delta = 0$.

Регулювання аналогової величини чутливості Арн проводиться за допомогою потенціометра TRIM. Обертаючи його за годинниковою стрілкою, збільшуємо чутливість. Величина сигналу становить $\pm 5V$ і надходить на вхідні клеми A1, A2 (внизу регулювальної панелі);

Увага! Сигнал чутливості повинен бути гальванічно ізольованим від корпусу, щоб уникнути виходу з ладу пристрою.

Сигнал постійного струму додає чутливість Арн. Клема A1 з'єднується з «0» напруги, а позитивне з A2 і збільшує збудження, негативне - зменшує. В крайньому лівому положенні немає чутливості Арн і навпаки.

Регулювання перезбудження здійснюється потенціометром «EXC.» (Внизу посередині); червона лампа горить при наявності перезбудження - в цьому випадку генератор зупиняється по захисту від перезбудження.

DIP-регулювання широко використовується з дизель-генератором, забезпеченим турбонаддувом і блоком, що обмежує навантаження генератора. Вона працює при збільшеному нахилі характеристики V / Hz для того, щоб підвищити роль вихідної напруги генератора в порівнянні з його частотою обертання. З DIP- регулюванням напруги генератора, обертаючи потенціометр в напрямку проти годинникової стрілки характеристика залежності V / Hz при частоті обертання нижче номінальної досягається лінійної. Обертанням рукоятки DIP за годинниковою стрілкою, $U_{ген}$ збільшується.

DWELL забезпечує затримку відновлення частоти обертання і $U_{ген}$ і дозволяє більше регулювати DIP-уставку, враховуючи стабільність системи. Обертаючи ручку проти годинникової стрілки, підвищуємо лінійність відносини V / Hz і збільшуємо затримку часу відновлення частоти обертання і напруги генератора, обертаючи ручку за годинниковою стрілкою.

«I / LIMIT» - обмеження струму, широко використовується для обмеження струму к.з. або пускового струму електродвигуна. Для цього необхідно з'єднати клеми S1 і S2 на регулювальної панелі Арн або відрегулювати «I / LIMIT» уставкою.

RAMP - регулювання включає плавне збільшення напруги генератора на старті (протягом 3 с). Регулювання аналогічна (див. Таблицю).

Підсумовуючи, можна сказати, що всі регулювання за годинниковою стрілкою забезпечують збільшення регульованого параметра і навпаки (рис. 4.29, в)

Контрольні питання

- Склад системи збудження Stamford.
- Регулювання Арн.
- Функції терміналів Арн.

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.

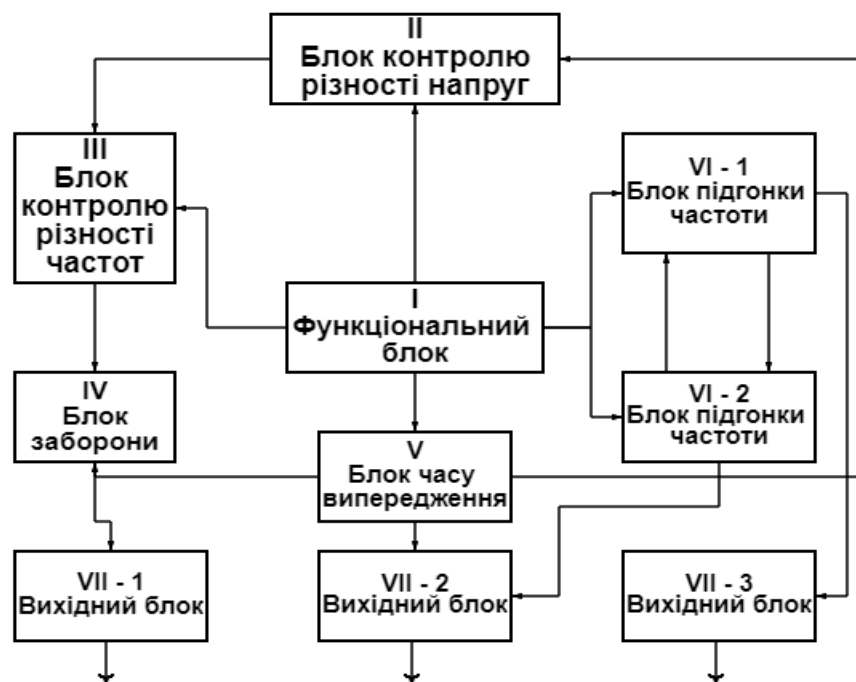


Рис.6.1 Функціональна схема пристрою синхронізації

Функціональний блок I забезпечує пристрій напругою живлення і всіма сигналами, необхідними для роботи інших елементів схеми. Він видає в схему напруги, пропорційні лінійним напруженням генераторів, напруги биття і їх похідні. Значення напруги і частота биття визначаються відповідно різницею фаз і частот (ковзанням) синхронізуються напружень в будь-який момент часу.

Елементи блоку II контролю різниці напруги задають уставку по різниці значень, синхронізують напруги і впливають на елементи блоку III контролю різниці частот, які спрацьовують при значеннях напруги генераторів і ковзання, відповідних уставці.

Елементи блоків контролю різниці частот III і часу випередження V, впливаючи спільно на елементи блоку заборони IV, викликають спрацьовування вихідного блоку VI-1. Тим самим досягається включення генератора в вузлі напруги биття, що характеризує собою момент збігу напруги генератора і мережі по фазі, за умови допустимих значень різниці напруги і частот генератора і мережі.

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.

Розглянемо схему УСГ-1П, наведену на рис. 6.2.

Функціональний блок. Схема функціонального блоку I включає трансформатори лінійної напруги TV1, TV3 і TV4, трансформатор напруги биття TV2, напівпровідникові випрямлячі, що згладжують фільтри, а також диференціюють контури, стабілітрони і резистори.

Трансформатори TV1 ... TV 4 - понижуючі, багатообмоточні. Випрямлячі VD1 ... VD4 зібрані але схемою однопівперіодного випрямлення з середньою точкою, яка виведена з кожної з вторинних обмоток трансформаторів. Кожна з груп випрямлячів VD18 ... VD21, VD22 ... VD25 складена по бруківці схемою однопівперіодного випрямлення. Випрямлячами VD15 ... VD17 здійснюється однопівперіодного випрямлення вторинних трансформаторів.

Конденсатори C3 ... C6, C8, C10 ... C12 з опорами навантаження утворюють активно-ємнісні фільтри і зменшують пульсації вихідної напруги. Колекторні напруги стабілізовані стабілітронами VD1 і VD2, що володіють великим зворотним опором порядку сотень мОм при зворотних напругах до порогового значення. Зі збільшенням напруги понад порогового зворотне опір стабілітронів зменшується, а зворотний струм, що протікає через них, збільшується.

Значення напруги живлення вибирається дещо більшим порогового напруги кожного з стабілітронів. При змінах напруги живлення виникають різкі коливання струмів, що проходять через стабілітрон. В результаті падіння напруги на резисторах R2 і $R \cdot 2$ змінюється в бік відновлення напруги живлення.

Харчування вихідних блоків здійснюється від окремого трансформатора TV4 з випрямлячами і фільтрами. Напруги биття знімаються з трансформатора TV2, а також з послідовно з'єднаних між собою вторинних обмоток трансформаторів TV1 і TV3.

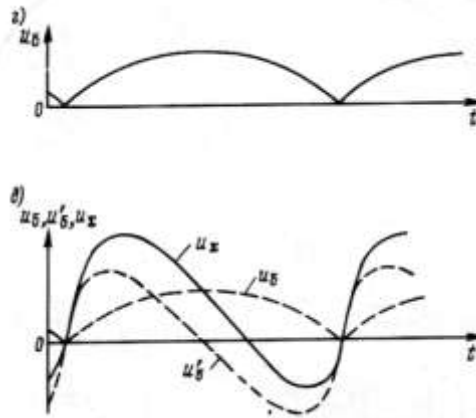


Рис.6.3 – Діаграма напруги биття і керуючих сигналів: а - синхронізуються напруги u_1 і u_2 ; б - напруга биття u_s ; в - випрямлена напруга биття U_{SB} ; г - випрямлена напруга після фільтра (напруга обвідної биття $U_б$); д - напруга обвідної биття $U_б$ і сумарна напруга u_{Σ} .

Блоки контролю різниці напруги

Схема блоку контролю різниці напруги II складається з вимірювального моста на резисторах R13..R16, транзистора VT1, включеного за схемою з загальним емітером, і тригранна двох транзисторах VT25, VT26.

До діагоналям цього моста з блоку I подаються напруги, пропорційні лінійним напруженням генераторів. Їх піврізниця створює результуюче падіння напруги на резисторі R16. У разі рівного розподілу напружень генераторів на виході вимірювального моста створюється нульова напруга, і він буде збалансований. Випрямлення вихідної напруги здійснюється випрямлячами VD8...VD37. Конденсатор C25 служить для згладжування пульсацій випрямленої напруги.

Положення робочої точки транзистора VT1 визначається значенням опору резистора R*17. При значеннях різниці напруги генераторів, відповідних уставці, цей транзистор відкритий (пропускає струм колектор) позитивним напругою в ланцюзі бази, поданим з зазначеного резистора. При цьому падіння напруги на опорі навантаження практично дорівнює напрузі харчування.

Зі збільшенням вихідної напруги моста VD34. ..VD37 До значень, що перевищують уставку, позитивне напруга в ланцюзі бази зменшується, і транзистор VT1 закривається. Одночасно спрацьовує блок контролю різниці напруги і видає в схему сигнал, який визначається падінням напруги на даному транзисторі.

Для захисту вхідного ланцюга транзистора VT1 від перенапруги служить ланцюг з стабілітрона VD2 і резистора R91, шунтуючих вхід транзистора VT1.

Тригер на двох транзисторах VT25, VT26 видає в схему сигнал, що виключає спрацьовування пристрою при короткочасних змінах напруги генераторів. Він має два стану стійкої рівноваги, при яких один з транзисторів (VT25 або VT26) відкритий, а інший - закритий. Стан -транзисторів визначається імпульсами, які надходять до пускових затискачів тригера. Так, якщо в ланцюг бази транзистора VT25 буде подано позитивне напруга, то він буде повністю відкритий, а транзистор VT26 - закритий. Схема приходить в один зі станів стійкої рівноваги, при якому видається вихідний сигнал. Навпаки, негативний імпульс, поданий в ланцюг бази транзистора VT25, змінює положення тригера; в цьому випадку транзистор VT25 виявляється закритим, а транзистор VT26 відкритим. Це буде другим стійким становищем тригера з нульовим напругою на виході.

Стан транзисторів "відкрито" і "закрито" настає стрибкоподібно, а не плавно, т. Е. Схема працює як перемикач.

Блок контролю різниці частот

Для контролю різниці частот застосовується блок III, в якому вимірювальна частина схеми включена таким чином, щоб вона реагувала на різницю частот $f_1 - f_2$.

Елементи блоку контролю різниці частот становлять одну схему тригера на двох транзисторах VT2, VT3. На відміну від тригера VT25, VT26 він має статки стійкої рівноваги і являє собою двокаскадний підсилювач постійного струму з позитивним зворотним зв'язком, що здійснюється загальним резистором R23 в ланцюзі емітерів.

При відсутності керуючого сигналу в ланцюзі бази транзистора VT2 транзистор VT3 відкритий позитивним напругою, поданим в ланцюг його бази через ділник, що складається з резисторів R22 і R24.

Падіння напруги на резисторі R22, викликане струмом колектора транзистора VT3, закриває транзистор VT2. Зі збільшенням керуючого позитивного сигналу в ланцюзі бази транзистора VT2 падіння напруги на резисторі R23 зменшується. В результаті струм колектора цього транзистора збільшується, а падіння напруги на ньому зменшується. Зміна напруги передається в базу транзистора VT3 і зменшує позитивне напруга в її ланцюга. Тригер лавиноподібна переходить в другий стан, при якому транзистор VT2 відкритий, а транзистор VT3 закритий.

Стан транзисторів визначається сигналом обвідної напруга биття, поданим в ланцюг бази транзистора VT2 через випрямляч VD28 і стабілітрон VD3. Останній застосовується для різких змін рівня напруги, що управляє при плавній зміні напруги обвідної биття. Якщо значення ковзання перевищують уставку, то пульсації випрямленої напруги обвідної биття на резисторі $R \cdot 3$ будуть великі і транзистор VT2 відкриється постійної складової сигналу напруги обвідної биття. Зі зменшенням ковзання до значень, близьких до уставки, постійна складова сигналу зменшується і стан транзисторів тригера визначається миттєвими значеннями обвідної напруги биття (рис.6.4).

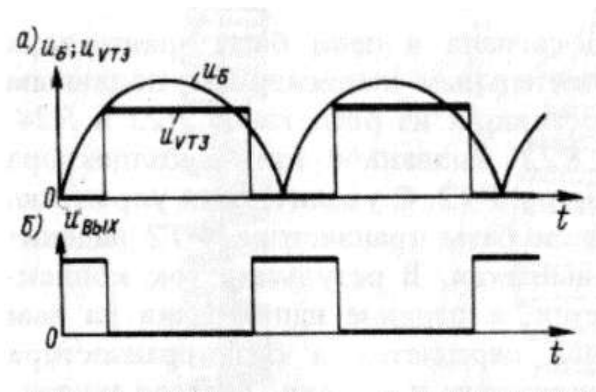


Рис.6.4 – Діаграми основних сигналів:

Зі збільшенням значення напруги обвідної биття понад порогового напруги стабілітрона VD3 транзистор VT2 відкривається, а транзистор VT3 закривається. Зі зменшенням напруги обвідної биття тригер повертається до стійкого рівноваги і положення транзисторів тригера відповідно змінюється.

У відкритому стані транзистора VT3 елементи контролю різниці частот видають в схему вихідний сигнал, який визначається падінням напруги на резисторі навантаження R25.

Конденсатор C13 застосований для виключення помилкових спрацьовувань при включених пристрою в роботу. У момент включення транзистор VT2 відкривається позитивною напругою, поданим в ланцюг бази через конденсатор C13.

Блок заборони

Схема блоку заборони IV містить тригер на двох транзисторах VT4, VT5 і

транзистор VT6, включений за схемою з загальним емітером. Тригер VT4, VT5 за принципом дії аналогічний тригеру VT25, VT26 блоку контролю різниці напруги. При подачі з елементів блоку контролю різниці частот тригер VT4, VT5 завжди встановлюється в одному положенні, при якому транзистор VT5 відкритий, а VT4 закритий.

Негативний імпульс, поданий в ланцюг бази транзистора VT5 з елементів блоку випередження, змінює стан тригера: транзистор VT6 відкривається і схема формує вихідний сигнал. Транзистор VT6 застосований для зміни фази сигналу, що викликається умовами роботи вихідних елементів, в схемі яких використані транзистори іншого типу провідності.

Конденсатор C15 служить для зменшення пульсації сумарного сигналу.

Блок часу випередження

Живлення блоку V здійснюється від функціонального блоку I. Схема блоку часу випередження V виконана на двох транзисторах VT7, VT8 за схемою загальним емітером і містить формувач імпульсів. Транзистори VT7, VT8 включені на загальне навантаження, складену послідовним з'єднанням резистора R35 і термо-резистора R-35. Конденсатор C27 застосований для зменшення пульсацій напруги на транзисторах. Пристрій для формування імпульсів являє собою тригер на двох транзисторах VT9, VT10, до виходу якого підключений диференціює конденсатор C16. За принципом дії тригер VT9, VT10 аналогічний Тригеру VT2, VT3 елементів контролю різниці частот. Випрямлячами VD42, VD40 забезпечується однопровідність меж елементних зв'язків схеми пристрою.

Стан транзисторів VT1 і VT8 визначається полярністю сигналів, що надходять на їх входи з функціональних елементів.

У першій половині періоду биття транзистор VT8 закритий негативним напругою сумарного сигналу, транзистор VT9 відкритий, транзистор VT10 закритий. Конденсатор C16 заряджений через резистор R41. У момент, близький до моменту нульового значення керуючого сигналу, транзистор VT7 відкривається позитивною напругою, поданим в ланцюг бази з резистора позитивного зсуву R34. В результаті транзистор VT9 закривається, транзистор VT10 відкривається і конденсатор C16, розряджаючись, видає в схему імпульс струму, відповідний часу випередження (рис.6.5).

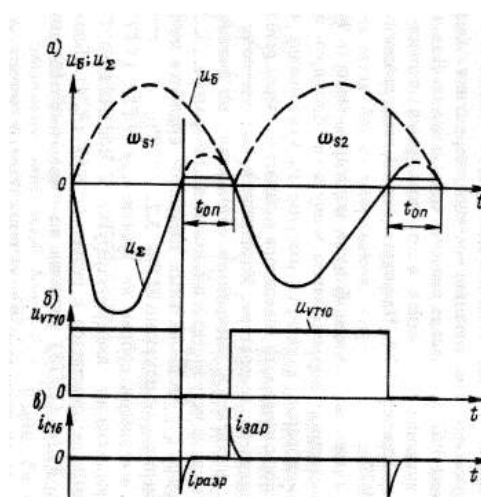


Рис. 6.5 – Діаграма сигналів для різних моментів періодів биття: а - напруга сумарного сигналу u_{Σ} і обвідної биття $u_{\text{Б}}$ для двох значень швидкості ковзання ω_{s1} і ω_{s2} ; б - напруга на транзисторі VT10; в - імпульси струму i_{C16} , відповідні часу випередження.

Конденсатор C23 заряджається через резистор R36.

В кінці періоду биття транзистор VT7 закривається і тригер повертається в

початкове положення. Конденсатор C23 розряджається і своїм негативним імпульсом впливає на елементи контролю різниці напруги. Постійність часу випередження забезпечується транзистором VT7 при малих значеннях ковзання. Для розширення діапазону значень ковзання, в якому час випередження постійно, введений транзистор VT8. Принцип його дії аналогічний роботі транзистора VT7.

Блоки підгонки частоти

Схеми блоків підгонки частоти VI-1 і VI-2 однакові і містять формувач імпульсів, блокуючий транзистор і мультивібратор, формуючи імпульс на зменшення або збільшення частоти підключається генератора в залежності від вибору базового або працюючого генератора. Зміною частоти підключається генератора досягається зменшення ковзання до значень, що викликають спрацювання пристрою та підключення генератора.

На обидві частини схеми з функціональних елементів подаються напруги огинають биття, як показано на рис.14.

Пристрій для формування імпульсів зібраний на транзисторі VT13 (VT17), на виході якого включений диференціює конденсатор C18 (C21). Вихідний імпульс знімається з резистора R53 (R74). Блокуючий транзистор VT14 (VT18) включений за схемою з загальним емітером.

Мультивібратор на транзисторах VT15, VT16 (VT19, VT20) володіє одним станом стійкої рівноваги, при якому транзистор VT16 (VT20) відкритий позитивним напругою в ланцюзі бази, поданим через резистор R58 (R79), а транзистор VT15 (VT19) закритий падінням напруги на резисторі R57 (R78). Конденсатор C19 (C22) в цей час заряджений. Позитивний вхідний імпульс відкриває транзистор VT15 (VT19), внаслідок чого конденсатор C19 (C22) починає розряджатися і позитивна напруга в ланцюзі бази транзистора VT16 (VT20) зменшується.

Перехідний процес протікає дуже швидко. Транзистор VT15 (VT19) відкривається, транзистор VT16 (VT20) закривається, і схема видає імпульс на виході. Миттєво після цього конденсатор C19 (C22) починає заряджатися, транзистор VT16 (VT20) відкривається, транзистор VT15 (VT19) закривається і схема повертається і первісний стан. Тривалість вихідного імпульсу визначається значеннями опору і ємності схеми.

Черговість дії кожної з двох частин схеми визначається напругою биття. Якщо напруга биття, що подається на перший вхід, випереджає напругу биття, що подаються на другий вхід, першим спрацює формувач VT13, діаграма якого показана на рис. 6.6.

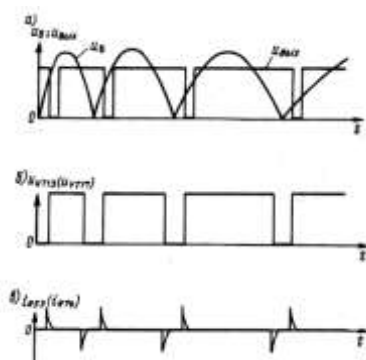


Рис.6.6 – Діаграма основних сигналів: а - напруга обвідної биття U_{Σ} і вихідна напруга $U_{\text{вих}}$ на резисторах R59, R80 (див. Рис.14.); б - напруга на транзисторі VT13 (VT17); в - імпульси струму на пусковому резисторі R53.

Вступник імпульс призводить мультивібратор VT15, VT16 в дію. Подальше спрацювання формувача VT17 не призведе до запуску мультивібратора VT19,

VT20, так як пусковий резистор R14 шунтується відкритим транзистором VT14. Цей мультивибратор запускається при спрацьовуванні формувача VT17. Резистор R53 шунтується відкритим транзистором VT18.

У кожен період напруги биття схема формує один короткий імпульс, тривалість якого постійна і не залежить від частоти напруги обвідної биття. Зі зменшенням величини ковзання зменшується частота подачі імпульсів, т. Е. схема забезпечує рівномірний і плавне вирівнювання частот синхронізуються генераторів.

Вихідні блоки. Пристрій синхронізації має три однакових вихідних блоку VII-1, VII-2 і VII-3, кожен з яких представляє собою тригер, навантажений на електромеханічне реле. Тригери зібрані на германієвих транзисторах типу р-п-р переходів на відміну від схем інших елементів, які використовують кремнієві транзистори типу рпн переходів. Для транзисторів з таким типом провідності полярність сигналів і напруги живлення змінюються.

В іншому принцип дії тригерів вихідних елементів аналогічний принципу дії тригера VT2, VT3 блоку контролю різниці частот.

Тригер VT11, VT12 спрацьовує за принципом елементів блоку заборони, що зменшує негативний напруга в ланцюзі бази транзистора VT11. Останній закривається, а транзистор VT12 відкривається і спрацьовує реле R1, контакти якого замикають ланцюг автоматичного вимикача. Тригер VT21, VT22 і тригер VT23, VT24 спрацьовують за сигналами блоків підгонки частоти. Контакти реле R2 і R3 комутують ланцюга серводвигателя регулятора швидкості первинного двигуна підключається генератора.

Робота схеми пристрою синхронізації визначається режимами роботи генератора. До них можна віднести режими: холостого ходу, незмінних навантаження, динамічні режими, які визначаються скиданням і набросом навантаження, і ін. Всі зазначені режими характеризуються миттєвими значеннями напруг і частот генераторів, що змінюються під час синхронізації.

Розглянемо роботу пристрою при незмінних значеннях напруг і частот, відповідних його уставкам (див. Рис.14).

Струм заряду конденсатора C13 по ланцюгу C13, VD39, R20, R23 відкриває транзистор VT2. Транзистор VT3 закривається і блок заборони харчування не отримує. Надалі стан тригера VT2, VT3 визначається сигналом напруг обвідної биття, а стан блоку заборони - черговістю проходження сигналів з блоків контролю різниці частот і часу випередження. У момент періоду биття, близький до зони випередження, транзистор VT2 закривається, транзистор VT3 відкривається і блок заборони отримує харчування. Після цього моменту блок часу випередження по ланцюгу розряду конденсатора C16 (відкритий транзистор VT10 - R39 - VT5 - VD42) видає на вхід блоку заборони імпульс струму, відповідний часу випередження. Транзистор VT3 закривається, транзистор VT6 відкривається і блок заборони спрацьовує. Стан тригера VT11, VT12 змінюється і вихідне реле R1 спрацьовує.

Зміни напруги і частот генераторів під час синхронізації можуть носити різний характер. При будь-яких змінах напруги до значень, що перевищують уставку, транзистор VT1 закривається і по ланцюгу R88, VD33 змінює стан тригера VT2, VT3.

Одночасно заряджається конденсатор C24. Струм заряду конденсатора C24 по ланцюгу C24, VD41 змінює стан тригера VT25, VT26. Транзистор VT25 відкривається, транзистор VT26 закривається і своїм сигналом по ланцюгу VD32, R20 утримує тригер VT2, VT3 в тому ж стані.

Якщо напруги генераторів відновляться, заборонний сигнал з транзистора VT1 снімається- Однак заборона на синхронізацію не буде віднято до тих пір, поки тригер VT25, VT26 не змінить свого положення. При відкритому стані транзисторів VT7, VT8 транзистор VT9 закритий. Конденсатор C23 заряджений через резистор R36. В кінці періоду биття елементи блоку часу випередження повертаються в стан спокою. Струм

заряду конденсатора C23 по ланцюгу VT9 -R39-R82- VD40 -R84 змінює положення тригера VT25, VT26, і транзистор VT2 закривається. Тим самим виключається помилкове спрацювання пристрою при короткочасних змінах напруги за час від моменту подачі живлення на блок заборони до зони випередження.

При змінах частот генераторів до значень, що перевищують уставку, момент подачі живлення на блок заборони віддаляється в зону випередження. Імпульс, відповідний часу випередження, не змінює стану елементів блоку заборони і пристрій не спрацює. З моменту включення пристрою при значеннях різниці частот генераторів, що перевищують уставку, в роботу вступає блок підгонки частоти.

Якщо генератор, в якому використовуються фази A1, B1 і C7, прийнятий в якості працюючого з частотою, меншою частоти підключається генератора, в якому використовуються фази A2, B2, то сигнал на першому вході C17, R48, R49 буде випереджати сигнал на другому вході C20, R69, R70. При цьому перша частина схеми блоку підгонки формує імпульс на зменшення частоти підключається генератора. Реле КЗ спрацює і замикає ланцюг серводвигателя регулятора швидкості. У разі зворотного співвідношення частот генераторів діє друга частина схеми, що формує імпульс на збільшення частоти підключається генератора.

5.2. Блок синхронізації генераторів

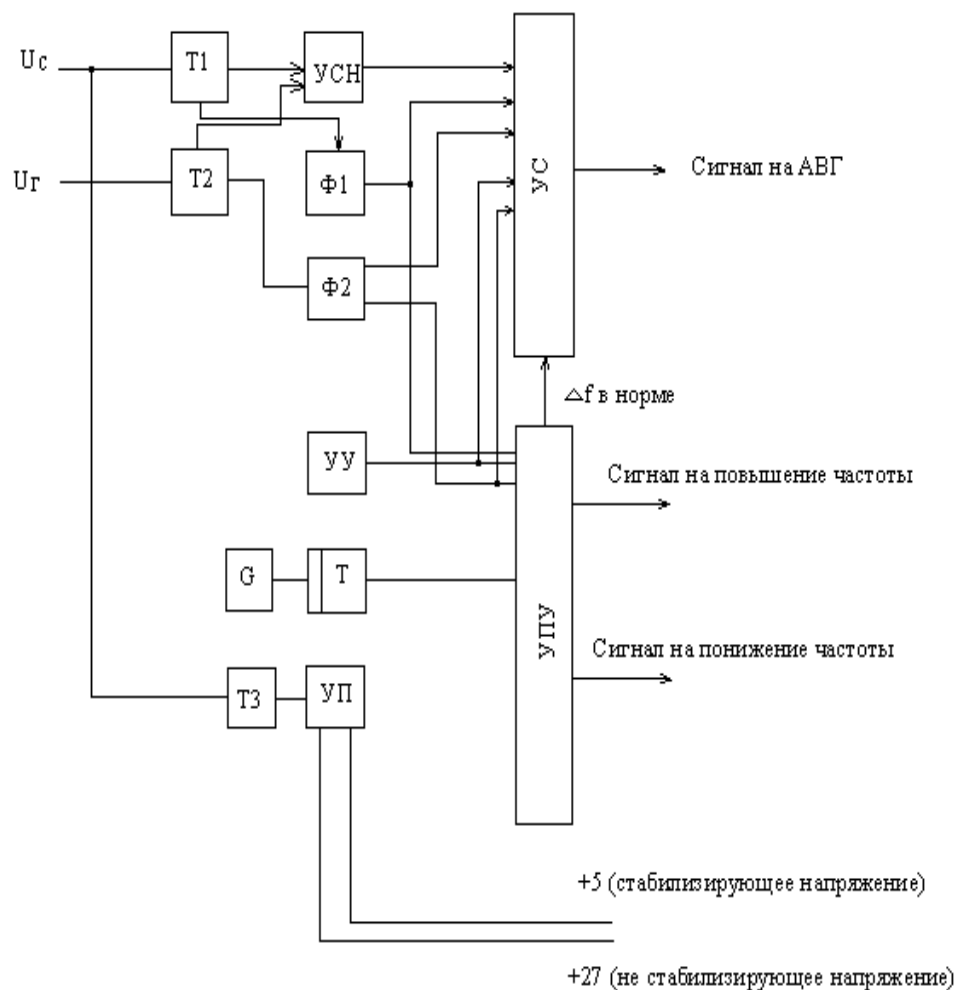


Рис.6.7

ССО - пристрій порівняння напруги; Ф1, Ф2 - формувачі імпульсів; T1, T2, T3 -

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.

Ф1 і Ф2 виробляють імпульси двох типів:

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

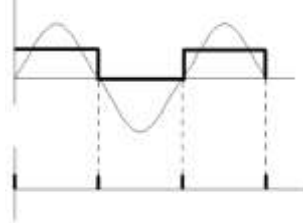


Рис.6.8.

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

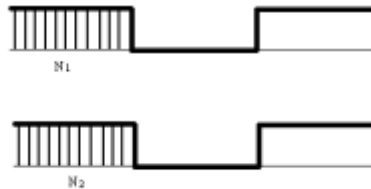


Рис. 6.9

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

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 спрацювання автомата.

Вихідні характеристики:

Кут включення - не більше 10° ;

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

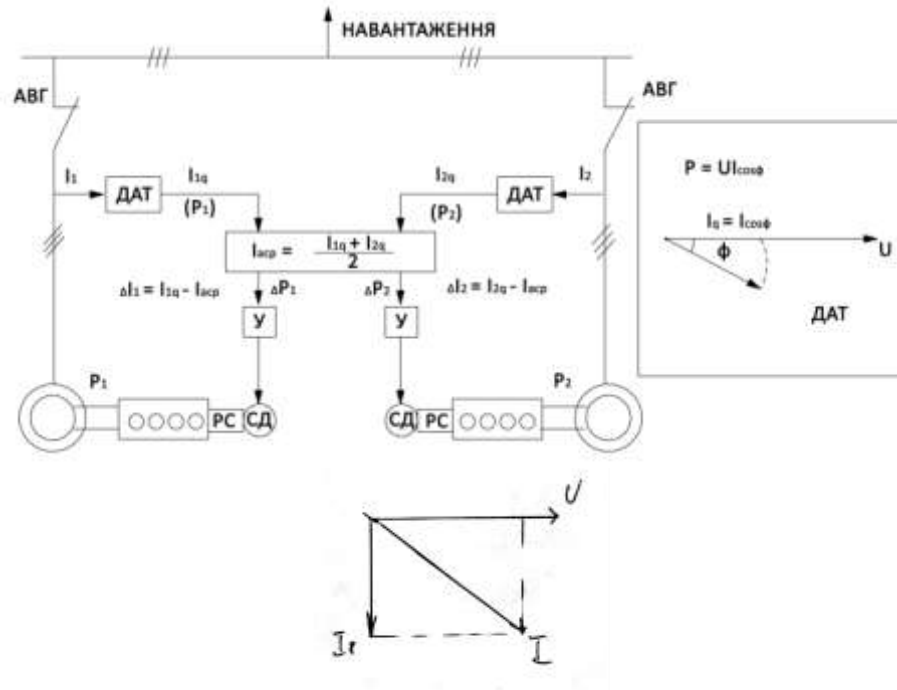
$$\Delta f = +0,2 \text{ до } 0,6 \text{ Гц}$$

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

6 СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ МІЖ ПАРАЛЕЛЬНО ПРАЦЮЮЧИМИ ГЕНЕРАТОРНИМИ АГРЕГАТАМИ

6.1 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. $P = UI \cos \varphi = UI_a$



ΔP_1 і ΔP_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 .

6.2 Базовий генераторний агрегат (БГА).

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.

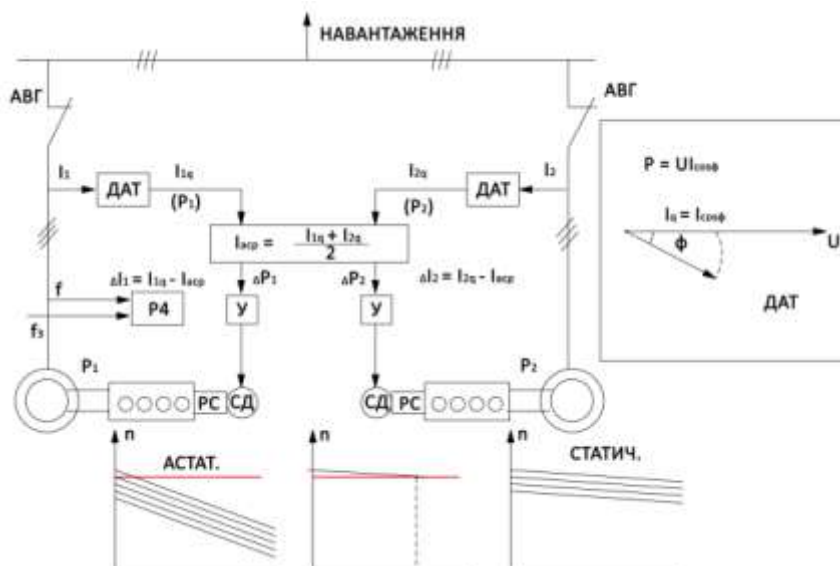


Рис.7.1. Блок-схема УРЧН.

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 пс.

6.3 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 пс.

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.

7.4 Датчик активного струму

Датчик активного струму (рис.7.3.) Складається з трансформатора харчування T_p , узгоджувального токового трансформатора T_c розділових трансформаторів $TP1$, $TP2$, випрямних мостів $B1$, $B2$, узгоджувального резистора R_c , додаткових резисторів R_{d1} - R_{d4} і баластних резисторів R_{b1} , R_{b2} .

Трансформатор харчування датчика активного струму T_p включений через типовий трансформатор на напругу генератора; узгоджувальний струмовий трансформатор Γ , 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_p 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.

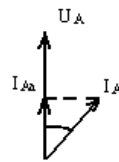


Рис.7.2 – Векторна діаграма фази генератора.

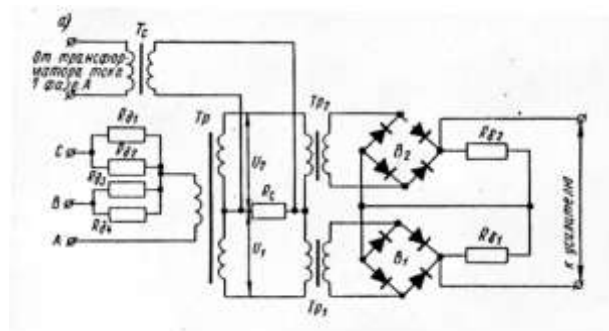


Рис. 7.3 – Принципова схема датчика активного струму

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.

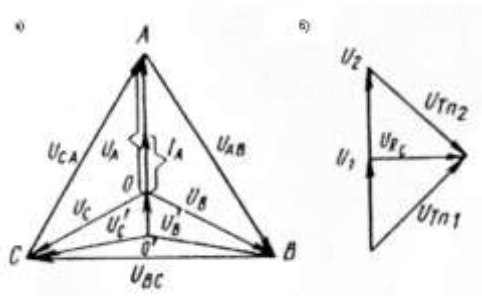


Рис.7.4 – а) векторна діаграма напруг і струму вимірювальної частини датчика; б) векторна діаграма при індуктивному навантаженні.

При активно-індуктивному навантаженні, напруга на вході трансформатора ТР1 збільшується, на трансформаторі ТР2 зменшується, на виході датчика сигнал пропорційний активній складовій.

7.5 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 R61 і на резисторі R62 однакові. Вихідна напруга одно 0. При зміні частоти, змінюються опору XL і Xс3, Падіння напруги на резисторах R61 і R62 - різний, з'являється керуючий сигнал відповідної полярності та величини. Опір робочих обмоток підсилювача змінюються, на виході з'являється сигнал (див. Принцип роботи підсилювача).

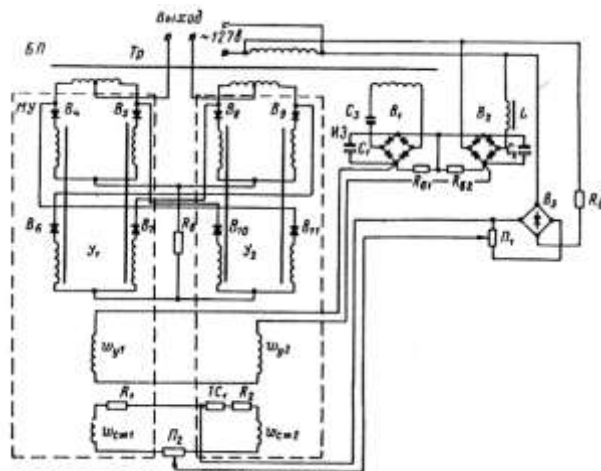


Рис.7.5 – Принципова схема датчика частоти

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, мультівібратора.

Мультивібратор I і тригер II отримують харчування через обмотки 6-7, 9-10 трансформатора TP1 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 TP1 знак «-», а на обмотці 8 - «+»; тоді тригер і мультивібратор отримують 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 .

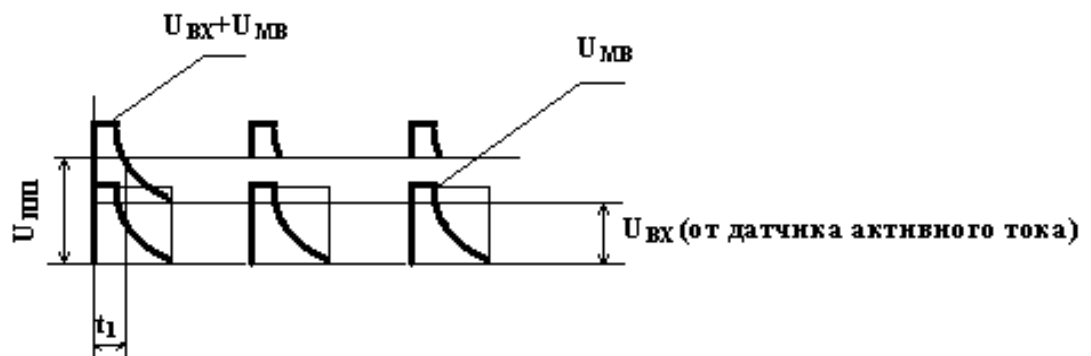


Рис. 7.7

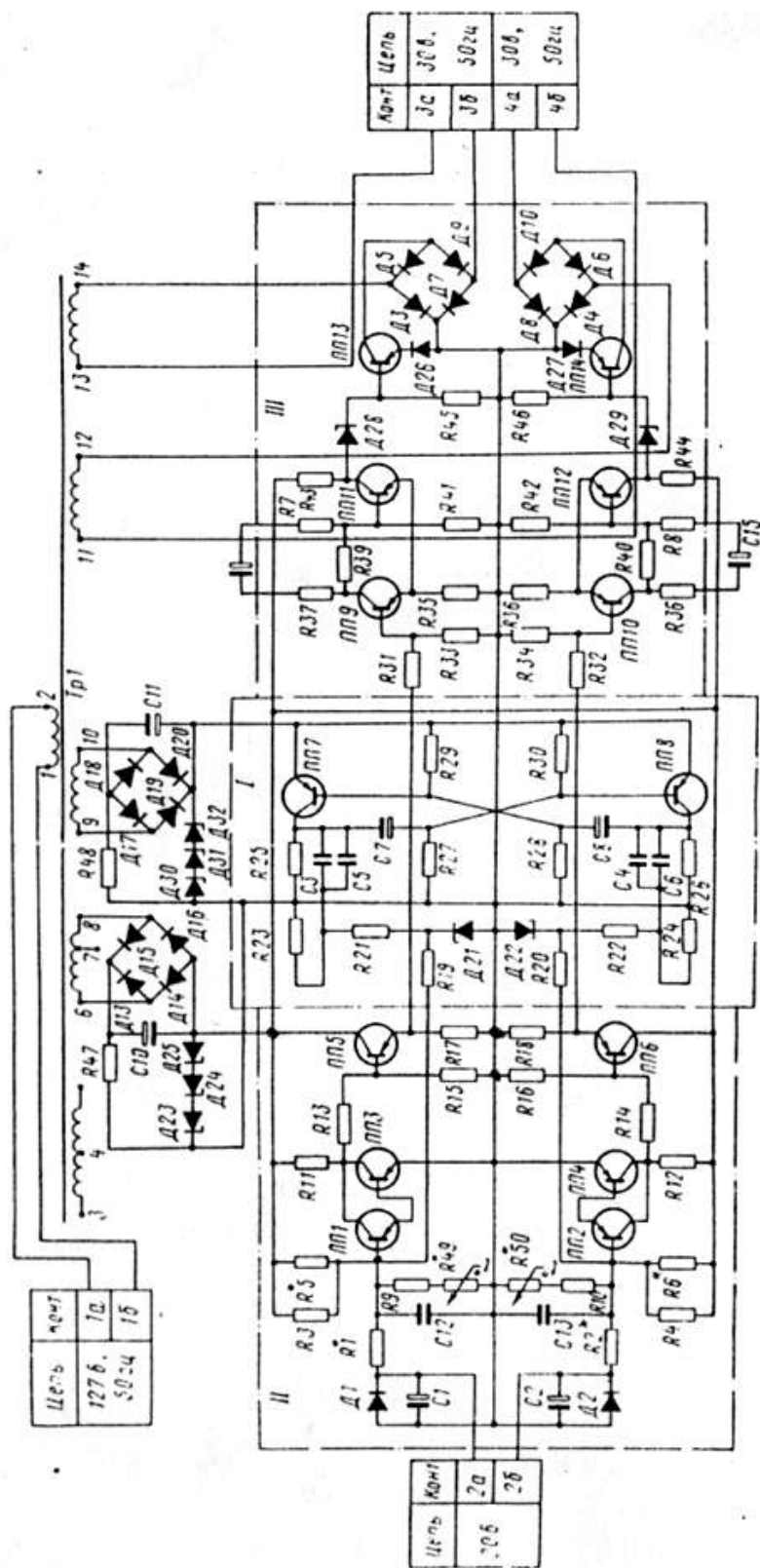


Рис. 7.8 – Принципова схема перетворювача.

7 СИСТЕМИ ЗАХИСТУ І СИГНАЛІЗАЦІЇ

7.1 Захист СЕЕС і вибір апаратів захисту

Загальні вимоги до захисту. Для запобігання виникнення і розвитку аварій в СЕЕС передбачаються окремі апарати, пристрої або системи взаємопов'язаних пристроїв захисту, які здійснюють;

- Відключення елементів СЕЕС в разі порушень нормального режиму роботи або пошкоджень, швидко ведуть до небезпечної аварійної ситуації;

- Сигналізацію про виникнення порушень нормального режиму роботи або пошкоджень, які можуть привести до небезпечної аварійної ситуації лише через деякий час, достатній для проведення необхідних заходів обслуговуючим персоналом.

В існуючих судових ЕЕС необхідний захист при наступних видах ушкоджень і аномальних режимів роботи;

- а) короткому замиканні (к. с.);

- б) перевантаження по струму або потужності;

- в) пошкодженні первинного двигуна; :

- г) обриві однієї фази мережі живлення,

- д) зникнення або неприпустимому зниженні напруги мережі,

захист повинна задовольняти ряду вимог, основними з яких є: швидкодія вибірковість, надійність, здатність витримувати і відключати граничні струми к. з.

Захист повинна приборкати необхідним швидкодією, щоб:

- Запобігти виникненню пожеж;

- Запобігти або обмежити пошкодження електрообладнання;

- Скоротити до розумних меж перерву харчування споживачів або погіршення якості електроенергії в системі;

- запобігти порушення стійкості роботи СЕЕС.

Захист повинен забезпечувати виборче (селективне) відключення пошкодженої ділянки СЕЕС. При виникненні аномального режиму в системі захист повинен робити тільки необхідні для його усунення відключення.

Захист повинен володіти необхідною чутливістю, тобто повинна чітко реагувати на виникнення пошкодження або аномального режиму роботи і не реагувати на нормальні режими роботи. Чутливість оцінюється коефіцієнтом чутливості, що характеризує діапазон можливої зміни параметра спрацьовування (струму, напруги і т. Д.) При пошкодженні або аварійному режимі.

Захист повинна володіти необхідною надійністю і відповідати наступним вимогам спрацьовувати при пошкодженнях і аномальних режимах (надійність спрацьовування) і не допускати помилкових спрацьовувань в нормальних або аварійних режимах дії в яких вона не призначена (надійність неспрацьовування).

Апарати і пристрої захисту, через які можуть протікати струми к. З., повинні бути стійкі до електродинамічної і термічної дії струмів к.з. Вимикачі і запобіжники, крім того, повинні бути здатні відключати граничні струми к. З.

7.2 Вимоги до захисту основних видів електрообладнання.

Електродвигуни повинні мати захист від перевантаження і від зниження напруги.

Для захисту двигунів від перевантаження необхідно передбачати теплові реле, вбудовані в магнітні пускачі, станції і т. п. Для електродвигунів відповідальних механізмів рекомендується ставити захист від перевантаження з дією на сигнал. Для електродвигунів потужністю менше 0,5 кВт допускається застосовувати для захисту від перевантаження запобіжники.

Захист електродвигунів від зниження напруги здійснюється за допомогою

контакторів або спеціальних реле напруги. Цей захист виконує наступні функції:

а) запобігає самозапуск електроприводу після відновлення перерваного харчування у випадках, коли це небезпечно або недоцільно з технологічних причин;

б) забезпечує перемикання відповідальних споживачів на живлення від резервної мережі при неприпустимому зниженні напруги в основній мережі.

Електродвигуни приводів, для яких самозапуск доцільно забезпечувати після відключення к.з., повинні мати захист від зниження напруги з витримкою часу, що перевищує максимальний час відключення к. з. в СЕЕС.

Електродвигуни, безперервна готовність до дії яких є необхідною (кермові приводи і ін.), Можуть не мати захисту від зниження напруги.

При наявності резервного живлення електродвигуни відповідальних механізмів доцільно підключати до мережі за допомогою автоматичних пускачів-перемикачів (АПП), в яких захист від зниження напруги здійснюється шляхом подачі сигналу на перемикання від спеціальних реле напруги. Аналогічно проводиться групове перемикання електродвигунів за допомогою автоматичних перемикачів мережі (АПС).

Трансформатори повинні мати захист від коротких замикань і перевантаження. Цей захист здійснюється автоматичними вимикачами (які в подальшому викладі іменуються вимикачами), що встановлюються на фідерах харчування трансформаторів. При паралельній роботі трансформаторів вимикачі повинні розміщуватися на фідерах з боку первинних обмоток. На стороні вторинних обмоток слід встановлювати роз'єднувачі.

Захист генераторних агрегатів. Генераторні агрегати повинні мати захист від коротких замикань (трьох - і двофазних - металевих і через дугу), перевантажень, ушкоджень в первинних двигунах, а в деяких випадках - захист від зниження напруги. Для генераторів змінного струму потужністю 1000 кВт і більше рекомендується встановлювати захист від внутрішніх коротких замикань. Для захисту генераторів від зовнішніх к. з. на генераторних фідерах повинні передбачатися вимикачі з расцепителями к. з. у всіх фазах (або полюсах). Захист повинна мати витримку часу з метою відбудови від помилкових спрацьовувань при к. з. в мережі.

Для захисту генераторів змінного струму від внутрішніх к. з. повинні використовуватися диференціальні або аналогічні їм за характеристиками реле.

Захист повинна діяти на відключення генераторного вимикача і на включення апарату гасіння поля.

Захист генераторного агрегату від перевантаження в першу чергу повинна здійснюватися шляхом автоматичного розвантаження генераторів (АРГ) з активного струму, потужності або частоті і шляхом автоматичного включення резервного агрегату (АВР). Необхідність використання пристроїв АВР і АРГ залежить від схеми генерування та розподілу енергії, виду первинних двигунів, потужності і визначається окремо для кожного конкретного випадку.

Іноді крім пристроїв АВР і АРГ доцільно передбачати захист генератора від перевантаження, що діє на відключення генератора. Такий захист має бути відбудована за часом дії від захисту, що діє на розвантаження, і спрацьовувати в тих випадках, коли розвантаження не знімає перевантаження генератора.

Для захисту від пошкоджень в первинних двигунах на дизель- і турбогенераторах слід застосовувати реле зворотного активного струму або потужності, що діють на відключення генераторних вимикачів з витримкою часу.

Захист газотурбогенератора від переходу в руховий режим повинна здійснюватися шляхом блокування, що відключає генераторний вимикач без витримки часу при припиненні подачі палива. Таке блокування є кращим також для дизель- і турбогенераторів, тому в кожному можливому випадку його слід використовувати.

Захист від знижень напруги здійснюється за допомогою реле напруги або шляхом блокування з системою управління та захистом первинного двигуна. У разі застосування реле напруги повинна використовуватися витримка часу для відбудови від короткочасних

провалів напруги в мережі при к. З.

Захист мережі. Електричні мережі (фідери живлення споживачів, фідери живлення і секції шин розподільних щитів) повинні захищатися від к. З. і перевантажень, а при наявності резервної мережі - від зниження напруги.

захист мережі від перевантаження не є обов'язковою, тому що перевантаження в мережі, як правило, знімається захистом окремих споживачів, що вбудовується й магнітні пускачі, станції управління і т. д.

захист мережі від короткого замикання повинна здійснюватися при всіх його видах: трьох-, двох-, однофазних - металевих і через дугу.

Для захисту мережі від к. з. і перевантаження слід встановлювати запобіжники або вимикачі з роз'єднувачі зони к. з. у всіх фазах (або полюсах).

Роз'єднувачі зони перевантаження можуть бути встановлені в двох фазах (одному полюсі).

Застосування запобіжників допускається для мережі освітлення і живлення малопотужних споживачів в тому випадку, коли воно дозволяє різко скоротити габарити розподільних щитів.

Виконання відгалуженні без установки апаратів захисту допускається для взаємопов'язаних споживачів за умови, що при всіх можливих к. з. і перевантаженнях забезпечується надійне спрацювання захисного апарату, передбаченого до відгалуження.

для перемичок між секціями ГРЩ, що проходять через водонепроникні перегородки, вимикачі повинні передбачатися з обох сторін.

Фідер харчування з берега повинен мати захист від к. З., Перевантажень, обриву фази і зниження напруги. Для захисту від к. З. і перевантажень передбачається вимикач з комбінованими роз'єднувачами, а для захисту від обриву фази і зниження напруги - спеціальні види захистів (наприклад, пристрій ЗОФН). впливають па вимикач фідера харчування з берега.

Захист кіл вимірювання, управління і сигналізації. Ланцюги вимірювання, управління і сигналізації рекомендується збирати в групи за функціональною ознакою і підключати до мережі або до вторинної обмотці живильного трансформатора через групові запобіжники.

перемикання вимірювальних трансформаторів струму має бути виконано таким чином, щоб виключалася можливість знаходження вторинних обмоток в розімкнутому стані.

Конденсатори захисту від радіоперешкод, що встановлюються в ГРЩ, РЩ, а також в електропристроях відповідального призначення, повинні мати захист від к. З.

7.3 Вибір апаратів захисту

Вибір вимикачів. При виборі вимикача основним моментом є визначення його захисних властивостей - уставок по струму і часу - і перевірка по граничним струмів к. з. Разом з тим в ряді трапилося при виборі вимикача визначальними можуть бути і інші параметри і характеристики, такі, наприклад, як тип приводу, наявність дистанційного управління, кількість блок-контактів, час включення (якщо вимикач використовується для синхронізації) і т. Д.

Визначення захисних властивостей і характеристик проводиться в такій послідовності;

- 1) визначається номінальний струм максимального розчеплювача вимикача;
- 2) визначається уставка вимикача на час спрацювання в зоні к. з. ;
- 3) проводиться перевірка вимикача по граничним струмів к. з. ;
- 4) визначається уставка вимикача на струм спрацювання в зоні к. з. ;
- 5) перевіряється чутливість вимикача до мінімальних струмів к. з.

В тому випадку, якщо потрібно захищати фідер від струму перевантаження, вибирається вимикач з комбінованим розчеплювачем. Окремий розрахунок за вибором розчеплювача перевантаження не проводиться.

Визначення номінального струму максимального розчеплювача вимикача. Номінальний струм максимального розчеплювача вимикача генераторних фідерів і фідерів харчування окремих споживачів (електродвигунів, трансформаторів, перетворювачів і т. Д.) Слід вибирати за умовою

$$I_{ном.р.} \geq I_{ном.потр.}$$

де $I_{ном.р.}$ - Номінальний струм розчеплювача вимикача по ТУ; $I_{ном.потр.}$ - Номінальний струм споживача.

номінальний струм розчеплювача вимикача фідерів живлення групових силових щитів необхідно визначати для найбільш завантаженого режиму роботи за умовою

$$I_{ном.р.} \geq I_{\phi} = k_{одн.} \left(\sum_{i=1}^n k_{загр.i} I_{ном.i} + I_p \right)$$

де I_{ϕ} - розрахунковий струм фідера; $k_{одн.}$ - Коефіцієнт одночасності роботи споживачів; $k_{загр.i}$ - Коефіцієнт завантаження; $I_{ном.i}$ - Номінальний струм споживача; I_p - Сумарний номінальний струм розчеплювача резервних вимикачів.

Номінальний струм розчеплювача секційного вимикача і вимикача перемички вибирають за умовою

$$I_{ном.р.} \geq I_{раб.}$$

де $I_{раб.}$ розрахункова значення тривалого робочого струму через вимикач в режимі, коли значення зазначеного струму максимально. значення $I_{раб.}$ визначається в кожному конкретному випадку в залежності від схеми генерування та розподілу електроенергії.

Вибір уставок вимикачів на час спрацьовування в зоні к. з. За допомогою існуючих апаратів вибірковість дії захисту в зоні короткого замикання досягається введенням витягів часу на спрацьовування в зоні к. з. Однак при цьому можуть не забезпечуватися вимоги по швидкодії захисту. Тому вибір кількості ступенів витримки часу слід проводити в кожному конкретному випадку виходячи з вимозі по швидкодії і вибірковості з урахуванням схеми СЕЕС і можливостей апаратів захисту. Не рекомендується використовувати витримки часу досвіди 0,3-0,5 с щоб уникнути значного руйнування обладнання електричною дугою.

Селективне відключення з. в п'ятиступінчастою системі захисту забезпечується за умови установки наступних вимикачів існуючих серій:

на 1-го ступеня - настановних вимикачів;

на 2-го ступеня-селективних вимикачів з витримкою часу 0,18с (вимикачі АМ) 0,15 с (А3500) або 0,10 с (А3700);

на 3-й ступеня - селективних вимикачів з витримкою часу 0,38 с (АМ), 0,33 с (А3500) або 0,25 с (А3700);

на 4-го ступеня - селективних вимикачів з витримкою часу 0,63 з (АМ), 0,70 с (А3500) або 0,40 с (А3700);

на 5-го ступеня - селективних вимикачів з витримкою часу 1 с (АМ).

У загальному випадку статуті) вимикачів але часу їх спрацьовування повинні зростати в такій послідовності індивідуальний захист споживачів, групова захист, фідерний вимикач ГРЩ. вимикач перемички, між секційний вимикач, вимикачі джерел (в тому числі вимикач харчування з берега).

Перевірка вимикачів у розмірі граничної струмів к. З. За граничним струмів к.з. вимикачі перевіряють на комутаційну здатність і термічну стійкість.

Гранична комутаційна здатність (ПКС) характеризується граничною включає і граничної відключає здатністю.

Гранична включає здатність виражається першим найбільшим піком в ланцюзі, яку здатний включити вимикач. Цей пік струму на змінному струмі називається ударним струмом к. З., А на постійному - максимальним струмом к. З.

Гранична відключає здатність виражається величиною струму в ланцюзі в момент розбіжності контактів.

селективні вимикачі постійного струму і змінного струму частотою 50 Гц, селективні і неселективні вимикачі струму частотою 400 Гц перевіряють на граничну комутаційну здатність по двом умовам;

$$i_{y\partial.} \geq i_{y\partial.\partialоп.}$$

$$I_t. \geq I_{t.\partialоп.}$$

де $i_{y\partial.}$, $i_{y\partial.\partialоп.}$ розрахункова і допустиме значення ударного (максимального) струму к.з., кА; $I_t.$, $I_{t.\partialоп.}$ - Розрахункове і допустиме діючі значення струму к.з. в момент розбіжності дугогасильних контактів.

Визначення уставок вимикачів на струм спрацьовування в зоні к. З. Уставку на струм спрацьовування в зоні к. З. вимикачів фідерів електродвигунів слід вибирати з умови відбудови від помилкових спрацьовувань при пусках електродвигунів:

$$k_{cp} \geq \frac{k_{на\partial} k_{\partialоп} k_{пуск} k_a}{1 - \delta_i} \frac{I_{ном.\partialв.}}{I_{ном.р.}}$$

де k_{cp} - Уставка на струм спрацьовування в зоні к. з. вимикача по ТУ; $k_{на\partial}$ коефіцієнт надійності, рівний 1,05; $k_{\partialоп}$ - Коефіцієнт, що враховує плюсовий допуск на величину пускового струму електродвигуна, рівний 1,15; $k_{пуск}$ - Кратність пускового струму електродвигуна по ТУ;

k_a - Коефіцієнт, що враховує величину аперіодичної складової пускового струму (значення k_a , рекомендується приймати рівним 1,3, на постійному

струм $k_a = 1$); δ_i - Мінусовий допуск на струм спрацьовування вимикача в зоні к. З. але ТУ.

Якщо двигун змінного струму має автоматичний перемикач-пускач (АПП) або передбачається реверс електродвигуна, то уставка на струм спрацьовування вимикача фідера харчування двигуна повинна вибиратися з умови

$$k_{cp} \geq (1 + E_{ост}) \frac{k_{на\partial} k_{\partialоп} k_{пуск} k_a}{1 - \delta_i} \frac{I_{ном.\partialв.}}{I_{ном.р.}}$$

де $E_{ост}$ - залишкова ЕРС перемикається двигуна, о. е., величину якої рекомендується приймати на рівні:

0,6 Упер - при перемиканні електродвигунів частотою 50 Гц без витримки часу (при закорочених блок-контактах реле часу АПП і АПС);

0,3 Упер - при перемиканні електродвигунів частотою 50 Гц з витримкою часу, що дорівнює 0,5 с;

0,4 Упер - при перемиканні електродвигунів частотою 400 Гц, потужністю понад 15 кВт без витримки часу.

0,15 Упер - при перемиканні електродвигуном частотою 400 Гц, потужністю менше 15 кВт без витримки часу;

Упер- Напруга, при якому відбувається відключення електродвигуна від мережі; при перемиканні з основної мережі на резервну

Упер= 0,65; при зворотному перемиканні Упер = 1.

Перевірка чутливості захисту при к. з. Розчеплювача зони к. з. повинні володіти необхідною чутливістю, тобто повинні спрацьовувати не тільки при металевих трифазних к. з., але і при двофазних к. з. і к. з. через дугу.

Показником чутливості захисту є коефіцієнт чутливості, який визначається за формулою

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{к.з. min}}}{k_{\text{ср}} I_{\text{ном.р.}}}$$

де $I_{\text{к.з. min}}$ - Мінімальне значення струму металевого к. з. в кінці ділянки, що захищається вимикачем. значення $I_{\text{к.з. min}}$ слід визначити для режиму, коли сумарна потужність джерел мінімальна. Струм підживлення від електродвигунів приймається рівним нулю.

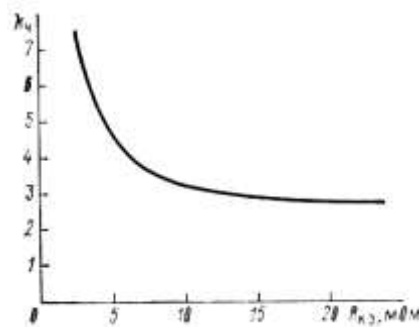


Рис.9.1 – Залежність коефіцієнта чутливості від опору ланцюга к.з. постійного струму.

Вибір запобіжників. Номінальний струм плавкої вставки запобіжника $I_{\text{ном.пл.в.}}$ слід вибирати рівним (або найближчим великим) номінального струму споживача.

Для фідерів живлення електродвигунів обраний за номінальним струмом запобіжник необхідно відбудувати від помилкових спрацьовувань при пуску або стоянці під струмом електродвигуна відповідно до формули

$$t_p \geq 1,05 t_{\text{пуск}}$$

Якщо час пуску електродвигуна змінного струму невідомо, то вибір номінального струму плавкої вставки рекомендується проводити за формулою

$$I_{\text{ном.пл.в.}} = \frac{k_{\text{пуск}} k_{\text{срв}} I_{\text{ном.дв.}}}{\alpha}$$

де α - коефіцієнт, що дорівнює 2,5 для легких умов пуску і 1,6-2,0 - для важких умов.

Щоб забезпечувалася селективність по току запобіжників, встановлених

послідовно, номінальні тики їх плавких вставок повинні відрізнятись між собою:

а) на п'ять сходинок - для запобіжників типу ПР з номінальними струмами плавких вставок до 100 А;

б) на три-чотири ступені - для запобіжників типу ПР з номінальними струмами плавких вставок понад 100 А;

в) на дві-три щаблі - для запобіжників типів ПДС і ПД.

Вибрані запобіжники змінного струму перевіряють на розривну здатність по одному з умов, що задаються заводом-виготовлювачем для даного типу запобіжника:

$$i_{yd} \leq i_{yd.dop.}$$

$$I_{II} \leq I_{II.dop.}$$

де i_{yd} ($i_{yd.dop.}$) і I_{II} ($I_{II.dop.}$) - Відповідно розрахункові і допустимі значення ударного струму к. з. і розрахункові і допустимі діючі значення періодичної складової струму к. з.

Запобіжники в ланцюгах постійного струму перевіряються на розривну здатність за умовою

$$I_{maxdop} \leq I_{max}$$

де I_{maxdop} допустима відключається струм; I_{max} - Розрахунковий максимальний ток к.з.

7.4 Вибір пристроїв автоматичного розвантаження генераторних агрегатів і автоматичного включення резерву.

У суднових електроустановках, як правило, можуть мати місце два види перевантажень генераторних агрегатів; випадкові і аварійні. випадкові перевантаження при правильно спроектованій електроустановки виникають рідко і за величиною незначно перевищують номінальну потужність електроустановки,

Аварійні перевантаження виникають при аварійному або помилковому відключенні одного з паралельно працюючих агрегатів. Величини аварійних перевантажень можуть значно перевищувати величину гранично допустимої потужності електроустановки. При аварійних перевантаженнях може відбуватися швидке і значне зменшення частоти і напруги мережі.

Для захисту генераторних агрегатів від зазначених перевантажень і забезпечення безперервного живлення електроенергією найбільш відповідальних споживачів в системі має передбачатися пристрій АРГ, що впливає на відключення невідповідальних споживачів, і пристрій АВР.

Невідповідальні споживачі, відключаються по сигналу пристрою АРГ, рекомендується розбити на дві групи: перша група споживачів повинна відключатися при виникненні випадкових перевантажень, а друга спільно з першою - при виникненні аварійної перевантаження. Групи відключаються споживачі повинні формуватися з невідповідальних споживачів, що допускають відносно тривалий відключення (наприклад, побутові вентилятори, кондиціонери, електронагрівачі), а в разі необхідності - з споживачів, що допускають відносно короткочасне відключення (наприклад, споживачі камбуза, охолодження провізійних камер).

Операції автоматичного розвантаження генераторів і включення резерву можуть проводитися за сигналами датчиків різних параметрів: активної потужності або струму, повного струму, частоти. Найбільш доцільно використовувати датчик активної потужності (струму).

Рекомендовані уставки по активній потужності складають:

90-100% -для включення резервного генератора;

110-115% - для відключення першої групи невідповідальних споживачів і одночасного включення резервного генератора;

120-130% - для відключення першої і другої груп невідповідальних споживачів і одночасного включення резервного генератора.

Величини уставок пристроїв АРГ і АВР за часом повинні вибиратися з урахуванням перевантажувальної здатності генераторних агрегатів і необхідної якості електроенергії. При цьому повинна бути забезпечена відбудова за часом від помилкових спрацьовувань в нормальних перехідних режимах (при синхронізації, включення споживачів, перемиканні груп споживачів на резервне джерело і ін.). Крім того, витримки часу пристроїв АРГ і АВР повинні бути менше витягів часу реле перевантаження, що впливає на відключення генератора.

Рекомендовані значення витягів часу складають: не менше 10 с - на включення резервного генератора при уставці по потужності 90-100%;

5-10 с - на відключення першої групи невідповідальних споживачів і включення резерву при уставці по потужності 110-115%;

без витримки - на відключення першої і другої груп невідповідальних споживачів і включення резерву при уставці але потужності 120-130%.

Алгоритм розвантаження і включення резерву, а також рекомендації по величинам уставок є орієнтовними і можуть змінюватися в залежності від типу електроустановки, режимів роботи, вимог до якості електроенергії та т. Д.

Вибір реле зворотного струму або зворотної потужності. уставка неспрацьовування реле по зворотному активному току або зворотного активної потужності не повинна перевищувати значення потужності, споживаної з мережі пошкодженим агрегатом. Величина зазначеної потужності визначається в основному механічними втратами первинного двигуна і може бути визначена як

$$\Delta P_{\text{мех}} = (1 - \eta_{\text{мех}}) \cdot 100\%$$

де $\eta_{\text{мех}}$ - Механічний ККД первинного двигуна, о. е.

Наведені в ТУ на реле зворотного струму або потужності значення статутів по току або потужності дані для випадки збіги номінального тону генератора з номінальним струмом первинної обмотки трансформатора струму при коефіцієнті потужності, що дорівнює одиниці. Так як практично на усіх випадках зазначені умови не дотримуються, то фактичні уставки на спрацьовування будуть

відрізнятися від наведених у ТУ.

Визначення фактичної уставки на спрацьовування реле у відсотках слід проводити за формулою

$$k_{\text{ср}} = \frac{k'_{\text{ср}} I_{1\text{ном}}}{I_{\text{ном.г.}} \cos \varphi_{\text{с}}}$$

$k'_{\text{ср}}$ - Уставка на спрацьовування реле відповідно до ТУ при $\cos \varphi$ мережі, що дорівнює одиниці, в процентах від номінального струму або потужності реле; $I_{1\text{ном}}$ - Номінальний струм первинної обмотки трансформатора струму, А; $\cos \varphi_{\text{с}}$ - Коефіцієнт потужності мережі.

Орієнтовно уставка по потужності повинна становити:

2-6% - Для турбогенераторів змінного струму;

2-15% - для турбогенераторів постійного струму;

8-15% - Для дизель-генераторів змінного струму;

2-15% -для дизель-генераторів постійного струму.

Величина уставки за часом реле повинна прийматися в межах 1-6 с. Уставка за часом уточнюється в залежності від характеристик первинних двигунів, тривалості хитань потужності в перехідних процесах (наприклад, при синхронізації) та інших факторів.

7.5 Комбіновані захисні пристрої

Комбіновані захисні пристрої (КЗУ). КЗУ виконують такі функції:

- 1) захист від перевантаження;
- 2) захист від к.з .;
- 3) захист від переходу в руховий режим роботи;
- 4) захист від неприпустимого зниження напруги.

Вхідні сигнали в КЗУ надходять від трансформаторів струму і трансформаторів напруги. Вихідні сигнали впливають на ланцюзі відключення другорядних споживачів, мінімальних і максимальних розчеплювачів автоматичних вимикачів генератора. Як приклад розглянемо КЗУ типу УТЗ. Цей пристрій випускається в двох модифікаціях: УТЗ - 1А і УТЗ - 1П. УТЗ - 1А спрацьовує по повному струму ($\cos\phi = 0,8$), УТЗ -1П - по повному струму.

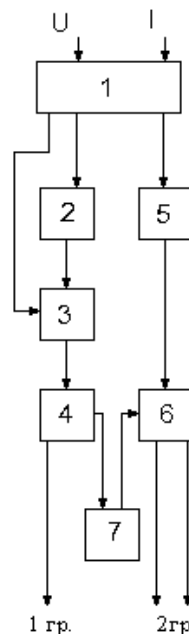


Рис.9.2 – Блок-схема УТЗ.

1 - датчик активного струму; 2, 5 - чутливий елемент; 3 - елемент залежний від струму витримкою часу; 7 - елемент незалежний від часу; 4, 6 - вихідні реле.

УТЗ - 1П налаштовується на номінальний струм 3 ... 5 А, УТЗ - 1А - на 2,4 ... 4 А.

Чутливий елемент 2 налаштовується на струм перевантаження (0,9 ... 1,15) від номінального, витримка часу відключення з першого ступеня менш відповідальних споживачів налаштовується в діапазоні 1,5 ... 10 сек. Якщо відключення першої групи споживачів не зняло перевантаження, то за допомогою реле 7 з витримкою часу 2 ... 6 сек відключиться друга група менш відповідальних споживачів. За допомогою елемента 3 витримка часу на відключення першої групи споживачів може змінюватися від величини струму. Якщо струм перевантаження досягне півтораразового значення, то спрацьовує елемент 5 і реле 6 відключає обидві групи споживачів. Витримка часу близько 1 сек.

КЗУ фірми ACEA типу RYGLA. КЗУ виконує наступні функції:

- 1) відключення менш відповідальних споживачів при перевантаженні генератора;

- 2) відключення генератора при перевантаженні і к.з.;
- 3) захист від зворотного потужності;
- 4) захист від зниження напруги.

Трансформатор струму ТА і трансформатор напруги TV мають відповідно вихідні параметри 5А і 110В.

Перший ступінь відключення менш відповідальних споживачів налаштовується на струм 3 ... 5А. Чутливий елемент 7 за допомогою реле 1 відключає першу групу менш відповідальних споживачів. Уставка часу реле 1 налаштовується від 0 до 30 сек. Якщо відключення першої групи менш відповідальних споживачів не знімає навантаження, то за допомогою реле 8 відключається друга група менш відповідальних споживачів ($T_8 = T_1 + (0-10c)$).

Блок 6 налаштовується на струм (1,1 ... 1,5) від номінального і з витримкою часу, що залежить струму (реле 2) відбувається відключення генератора. У пристрої передбачено декілька варіантів уставок. При виникненні зворотної потужності блок 5 через чутливий елемент 6 відбувається відключення автоматичного вимикача. Уставка зворотного потужності регулюється в діапазоні (1 ... 15)%. При зниженні напруги до 0,5 від номінального, блок 4 з витримкою часу 1,1 струм блок 3 відключає генераторний автоматичний вимикач.

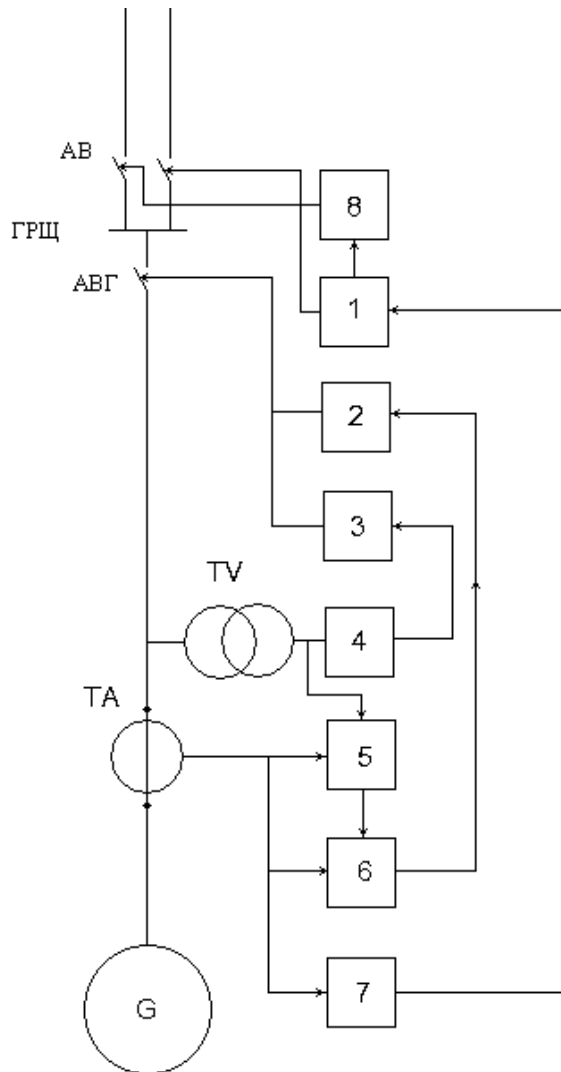


Рис.9.3 – КЗУ фірми ACEA типу RYGIA

7.6 Пристрій контролю опору ізоляції

Живлення приладу здійснюється від мережі однофазного змінного струму напругою 127 В, частотою 50 або 400 Гц, споживана потужність -60 ВА. Прилад забезпечує вихідний сигнал до 1 А відповідно до зовнішньої характеристики (рис.10.3).

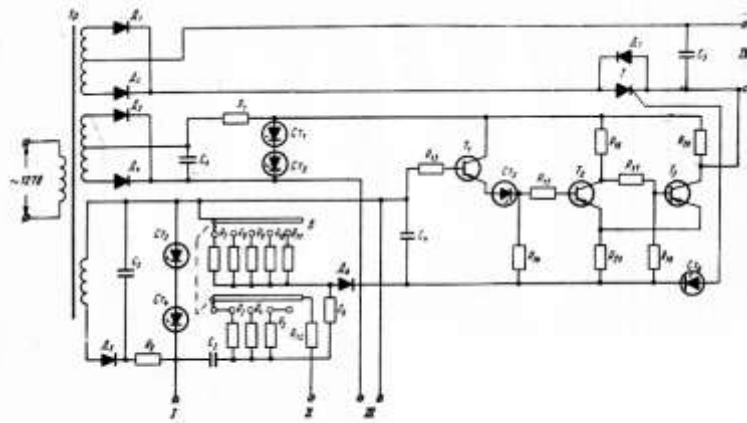


Рис.10.4 Принципова схема приладу ПКІ

I - до шини заземлення; II - до контрольованої мережі; III - до схеми розмноження; IV - до навантаження.

Прилад ПКІ (рис.10.4) складається з вимірювального ланцюга з перемикачем уставок В, емітерного повторювача (транзистор Т1), несиметричного тригера (транзистори Т2, Т3), вихідного тиристора Т і живить трансформатора з випрямлячем. Вимірювальна ланцюг складається з джерела стабілізованої напруги (150 в), що знімається зі стабілітронів Ст3, Ст4, додаткових резисторів R5, R6, R12 і резисторів уставок R7 - R11, які разом з опором ізоляції контрольованого ланцюга включені послідовно. При зміні в вимірювальному ланцюгу, в яку включені конденсатори С3, С4 для шунтування змінної складової струму витoku, змінюється струм витoku, а отже, і падіння напруги на резисторі уставки. Це падіння напруги докладено до входу емітерного повторювача, виконаного на транзисторі Т1. Завдяки великому входному опору емітерний повторювача шунтує опору уставки, що особливо важливо при уставці 500 кОм, так як в цьому випадку по вимірювальному ланцюгу протікає малий струм витoku.

При зниженні опору ізоляції нижче величини опору уставки через стабілітрон Ст5 на вхід несиметричного тригера надходить сигнал. При цьому транзистор Т2 переходить з закритого стану у відкрите, а транзистор Т3, замикається. Як тільки транзистор Т3 закриється, по входному ланцюзі тиристора Т через резистор R19 і стабілітрон Ст6, потече струм, тиристор Т відкриється, і через нього буде проходити струм по навантаженню. Конденсатор С5, призначений для чіткого закриття тиристора Т, а діод Д7, - для захисту тиристора Т шунтуванням його по зворотному току. При розробці приладу ПКІ передбачена можливість підключення до приладу додаткової приставки, що дозволяє зробити розмноження точок контролю ізоляції, а також виміряти опір ізоляції одночасно в 10 точках роз'єднаних електромереж за допомогою одного приладу типу ПКІ. Схема включення приладу і приставки показана на рис.10.5

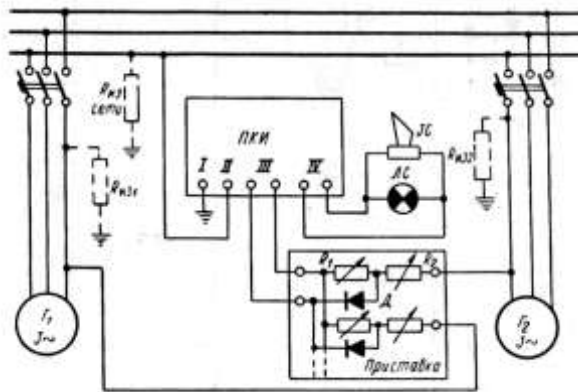


Рис.10.5 – Схема включення приладу ПКІ і приставки.

Приставка містить ланцюги, що складаються з резисторів уставок (R_1 і R_2) і діодів. На вхід транзистора T_1 , (див. Рис.10.4) через розділовий діод D (рис.10.5) подається падіння напруги на резисторі R_1 від струму, що протікає через опір ізоляції і резистори уставки. Оскільки ці резистори підключені до транзистора T_1 , через розділові діоди, пристрій буде спрацьовувати від того ланцюжка, в якій падіння напруги на R_1 більше, ніж у інших ланцюгів. Таким чином, пристрій буде сигналізувати про зменшення ізоляції будь-якого підключеного ділянки електроустановки нижче уставки, на яку налаштована відповідна ланцюг приставки.

Прилад ПКІ виконаний в брызгозащищенному виконанні, вага його -5 кг. Він складається з корпусу і висувається блоку, на якому змонтована вся апаратура, на бічних стінках корпусу є жалюзі. Зміна уставок проводиться з передньої сторони приладу без припинення його роботи. При цьому необхідно лише відвернути захисну кришку і викруткою повернути перемикач в положення необхідної уставки.

7.7 Пристрій перемикання живлення .

Пристрій автоматичного перемикання живлення (УПП) виробляє перемикання харчування суднових споживачів електроенергії при одночасному або роздільному зниженні напруги і частоти в системі до значення уставки спрацьовування пускового органу пристрою. Схема пристрою, як це видно з рис.69, складається з датчика напруги і частоти. Як вихідних реле застосовані реле типу РМ-4.

Датчик напруги складається з випрямлячів B_3 , B_4 резисторів R_3 , R_4 фільтруючого конденсатора C_3 , і тригера на транзисторах T_3 , T_4 , включеного на реле РП2. Стабілітрон Ст дає можливість різко змінювати керуючий сигнал в ланцюзі транзистора T_3 , при невеликих змінах напруги. Реле РП3, через прикінцеві контакти реле РП1 і РП2, підключено до трансформатора Tr через накопичувальні конденсатори C_5 - C_{10} і випрямляч B_6 .

При значенні напруги мережі вище уставки спрацьовувань негативна напруга в ланцюзі бази транзистора T_3 , тримає його відкритим. При цьому транзистор T_4 , замкнений і реле РП2, живиться через резистор R_{20} , втягнуто, його контакт в ланцюзі РП3, розімкнути. При зниженні напруги нижче уставки T_3 , замикається і T_4 , відкриваючись, шунтує котушку реле РП2, яка відпускає якор і замикає контактом ланцюг котушки РП3.

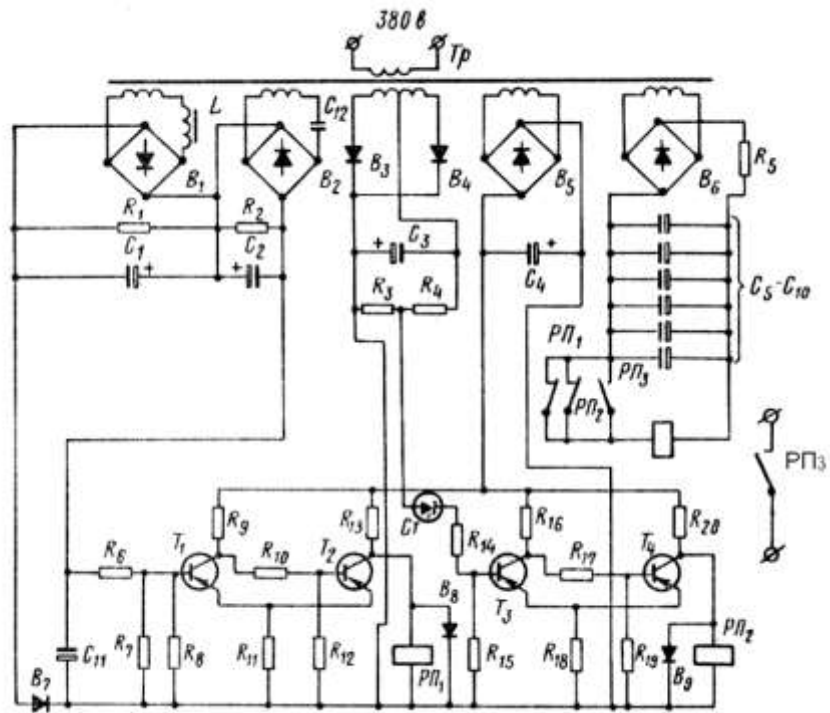


Рис. 10.7 – Схема пристрою.

Датчик частоти включає в себе індуктивність L , конденсатор C_{12} , тригер на транзисторах T_1 , T_2 і проміжне реле PP_1 . Зі зниженням частоти індуктивний опір дроселя зменшується, а ємнісний опір конденсатора збільшується, що приводить відповідно до збільшення і зменшення струмів в їх колах і зміни падіння напруги UR_1 і UR_2 . Зменшення частоти до уставки спрацьовування викликає збільшення напруги UR_1 і зменшення падіння напруги UR_2 , включеного зустрічно напрузі UR_1 . В результаті напруга на вході транзистора T_1 зменшується і T_1 закривається.

Несиметричний тригер на транзисторах T_1 , T_2 переключається, транзистор T_2 відкривається і шунтує котушку реле PP_1 , контакт реле замикає ланцюг котушки реле PP_3 . При номінальній частоті (більше уставки) падіння напруги на UR_2 , більше, ніж на UR_1 , а до бази транзистора T_1 , докладено негативне напруга по відношенню до емітера. В результаті T_1 відкритий, а T_2 замкнений і реле PP_1 , котушка якого живиться через резистор R_{13} , втягнуто, його контакт в ланцюзі котушки PP_3 розімкнути.

Надійне спрацьовування реле PP_3 , при коротких замиканнях в контрольованій мережі, коли напруга на затискачах пристрою УПП-1 знижується до нуля, забезпечується накопичувальними конденсаторами $C_5 - C_{10}$, розряд яких на котушку реле PP_3 забезпечує його спрацьовування на час, необхідний для виконання команди.

Пристрій УПП спрацьовує при одній певній уставці частоти $f_{ср}$. Більш ефективною може бути розвантаження по частоті, яка виконується автоматичним пристроєм на напівпровідниках з відключенням споживачів в дві або три черги при зміні частоти в системі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Логішев І.В. Технічне використання суднових технічних засобів і безпечне несення вахти: навчальний посібник /І.В.Логішев, Ю.Д.Давиденко - Одеса: НУ «ОНМА», 2019 – 338 с.
2. Budashko V.V. Ship's power plants propulsion complexes: concepts, technologies, researching: Monograph/ V.V. Budashko / – Odessa - NU “ОМА”, 2020. - 136 p
3. Будашко В.В. Високовольтні технології в морській електроінженерії: монографія / В.В.Будашко, О.М. Піпченко, В.В.Пономаренко, В.А. Шевченко . – Одеса: НУ «ОМА», 2020. – 398 с.
4. 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**
5. 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**
6. Матвієнко М.П. Основи електротехніки та електроніки. Підручник.- К.: Видавництво Ліра – К, 2021.- 504 с. **ISBN 978-617-7320-38-7**
7. Осташевський М.О. Електричні машини і трансформатори: навч. Посібник.-2-ге вид./М.О.Осташевський, О.Ю.Юр'єва; за ред. д-ра техн.наук, професора. В.І. Міліх.- Київ: Каравела,2020.- 452 с. **ISBN 978-966-222-985-1**
16. Основи автоматики та автоматизації : навч. посіб. / Євген Пістун, Іван Стасюк ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - 2-ге вид., змін. і допов. - Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2018. - 334 с. - **ISBN 978-966-941-222-5**
21. Суднові автоматизовані електроенергетичні системи. Ч.1. Суднові електричні станції. - Навч.посібник /Чорний С.Г., Голюков С.П.; - К.: Кондор, 2016.- 198 с.
24. Системи штучного інтелекту: навч. посіб. / Н. Б. Шаховська, Р. М. Камінський, О. Б. Вовк ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2018. - 391 с. - **ISBN 978-966-941-197-6**
27. Оптимізація режимів електроенергетичних систем : навч. посіб. / А. В. Журахівський, А. Я. Яцейко, З. М. Бахор ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2018. - 179 с. - **ISBN 978-966-941-157-0**
30. Електромеханічні системи керування/навч. Посібник// Шабатура Ю.В., Паранчук Я.С., Карплюк Л.Ф., Кузнецов О.О.- Магнолія 2006, 2021.-352 с.
31. Машін В.М Елементи автоматики / В.М. Машін, В.І. Цацко // Навчальний посібник. – Одеса: ОНМУ, 2021. – 230 с. <https://doi.org/10.47049/ONMU-2021-NP4>
32. 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>
33. Яровенко В.О. Суднові автоматизовані електроприводи / В.О. Яровенко, О.І. Зарицька, П.С. Черников // Навчальний посібник. – Одеса: ОНМУ, 2021.– 213 с. <https://doi.org/10.47049/ONMU-2021-NP6>