

В.О. ЯРОВЕНКО

О.І. ЗАРИЦЬКА

**СУДНОВІ
АВТОМАТИЗОВАНІ
ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ
СИСТЕМИ**

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ МОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ

В.О. ЯРОВЕНКО

О.І. ЗАРИЦЬКА

СУДНОВІ АВТОМАТИЗОВАНІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНІ СИСТЕМИ

Навчальний посібник

2023

УДК 629.5.064

DOI 10.47049/ONMU-2023-NP10

Яровенко В.О., Зарицька О.І. Суднові автоматизовані електроенергетичні системи / В.О. Яровенко, О.І. Зарицька // Навчальний посібник. – Одеса: ОНМУ, 2023. – 261 с.

Навчальний посібник містить стислий огляд суднових електроенергетичних систем та комплексів. Розглянути основи технічної експлуатації суднових електростанцій, системи автоматичного регулювання напруги та частоти струму суднових синхронних генераторів, системи автоматичної синхронізації та розподілу навантаження між паралельно працюючими генераторними агрегатами, системи захисту та сигналізації. В посібнику надано пристрої та системи управління тепловими двигунами Зульцер Rt-flex, система управління ВРШ типа KAMEWA, системи управління приводами керма виробництва ROLLS – ROYCE.

Відповідає вимогам дипломування електромеханіків – Розділу А-III/6 Кодексу з підготовки і дипломування моряків та несення вахти (Кодекс ПДНВ), а також враховує рекомендації Типового курсу Міжнародної морської організації 7.08 «Електромеханік» (Electro-Technical Engineer, Model course 7.08, 2014 Edition).

Призначено для студентів електромеханічних спеціальностей при вивченні електрообладнання суден. Може бути корисним викладачам у навчальному процесі.

Розглянуто та схвалено Вченою радою Одеського національного морського університету (протокол № 4 від 29.11.2023 р.)

Рецензенти:

д.т.н., професор Будашко В.В.

д.т.н., професор Онищенко О. А.

ЗМІСТ

1.Основи технічної експлуатації суднових електростанцій.....	7
1.1 Класифікація СЕЕС.....	7
1.2 Системи розподілу електроенергії по судну.....	7
1.3 Ознаки класифікації СЕЕС.....	7
1.4 Споживачі, які отримують живлення від аварійного генераторного агрегату.....	8
1.5 Особливості експлуатації АДГ (місце розташування, способи пуску, вимоги).....	9
1.6 Вимоги до РЩ.....	10
1.7 Генераторна схема ГРЩ.....	11
1.8 Секція управління ГРЩ.....	14
1.9 Пульти управління.....	14
1.10 Особливості експлуатації РУ.....	18
1.11 Характерні несправності РУ і способи їх усунення.....	19
1.12 Несправності автоматичних вимикачів.....	20
1.13 Маркування щитів з автоматами.....	21
1.14 Яким чином організовується тренувальний цикл кислотних АБ?.....	21
1.15 Розподільні пристрої.....	22
2.Основи технічного використання і обслуговування СЕЕС.....	23
2.1 Огляд СЕЕС.....	23
2.2 Огляд електроустаткування.....	23
2.3 Перевірка ЕС до дії.....	24
3.Суднові синхронні генератори.....	26
3.1 Експлуатація генераторних агрегатів СЕЕС.....	26
3.2 Структурні схеми СЕЕС.....	26
3.3 Суднові ел.генератори.....	26
3.4 Основні характеристики синхронних генераторів.....	26
3.5 Системи збудження суднових синхронних генераторів....	27
4.Системи збудження і автоматичного регулювання напруги суднових синхронних генераторів.....	35
4.1 Схема системи збудження і автоматичного регулювання	

напруги синхронних генераторів серії MCC.....	35
4.2 Схема системи самозбудження і автоматичного регулювання напруги синхронних генераторів серії МСК з коректором напруги і дроселем відбору потужності.....	38
4.3 Система збудження і автоматичного регулювання напруги strömberg.....	42
4.4 Безщітковий синхронний генератор «SIEMENS» з системою збудження типу THYRIPART.....	55
4.5 Система збудження і регулювання напруги синхронних генераторів типу BASLER ELECTRIC.....	66
4.6 Система збудження і автоматичного регулювання напруги типу STAMFORD.....	77
4.7 Системи прямого компаундування синхронних генераторів.....	85
4.8 Схема системи токового компаундування із застосуванням керованих діодів в ланцюзі коректора напруги.....	89
4.9 Схема системи амплітудно-фазового компаундування з застосуванням керованих діодів в ланцюзі коректора напруги.....	90
5 Включення генераторних агрегатів на паралельну роботу...	92
5.1 Ручна точна синхронізація.....	94
5.2 Ручна груба синхронізація.....	95
5.3 Автоматична синхронізація.....	96
5.4 Синхронізація з постійністю часу випередження.....	98
5.5 Пристрій автоматичної синхронізації генераторів.....	99
6 Системи автоматичної синхронізації генераторних агрегатів.....	102
6.1 Пристрій автоматичної синхронізації типу	102
6.2 Блоки контролю різниці напруги.....	106
6.3 Блок контролю різниці частот.....	107
6.4 Блок заборони.....	108
6.5 Блок часу випередження.....	108
6.6 Блоки підгонки частоти.....	110
6.7 Блок синхронізації генераторів	115
6.8 Магнітні підсилювачі.....	117
7 Системи автоматичного розподілу навантаження між	

паралельно працюючими генераторними.....	126
7.1 Розподіл активних навантажень при паралельній роботі генераторів.....	126
7.2 Базовий генераторний агрегат (БГА).....	128
7.3 Пристрій регулювання частоти і навантаження	129
7.4 Датчик активного струму	130
7.5 Датчик частоти	132
7.6 Підсилювач	133
7.7 Перетворювач типу	134
7.8 Автоматизація суднової електростанції.....	137
8 Регулятори роботи обертання теплових двигунів генераторних агрегатів	139
8.1 Двоімпульсний електромеханічний регулятор швидкості обертання.....	139
8.2 Двохімпульсний електричний регулятор частоти.....	146
9 Системи захисту і сигналізації.....	150
9.1 Захист СЕЕС і вибір апаратів захисту.....	150
9.2 Вимоги до захисту основних видів електрообладнання...151	
9.3 Вибір апаратів захисту.....	154
9.4 Вибір пристроїв автоматичного розвантаження генераторних агрегатів і автоматичного включення резерву.....	160
9.5 Комбіновані захисні пристрої.....	162
9.6 Системи централізованого контролю.....	165
10 Уніфіковані пристрої суднової електроавтоматики.....	170
10.1 Прилади контролю опору ізоляції.....	170
10.2 Пристрій контролю опору ізоляції	171
10.3 Пристрій контролю опору ізоляції в суднових мережах змінного струму (ПКІ).....	173
10.4 Пристрій контролю порядку чергування фаз.....	176
10.5 Пристрій перемикання живлення	177
10.6 Пристрій захисту від обриву фаз і сигналізації про зниження напруги.....	179
10.7 Пристрій виборчого автоматичного відключення другорядних споживачів при перевантаженні суднових СГ...183	
10.8 Пристрій світловий і звуковий сигналізації.....	184

11 Пристрої та системи управління двигунами зультцер	
RT-FLEX.....	189
11.1 Концепція RT-flex.....	189
11.2. Переваги RT-flex.....	189
11.3. Система масляного сервоприводу і механізму випускного клапана.....	191
11.4. Система управління Sulzer Common Rail типу WECS 9500.....	193
11.5 Характерні особистості та безпека RT-flex.....	194
11.6 Системи управління RT-flex.....	195
11.7 Керування впориском - Volumetric Injection Control.....	200
11.8 Керування випускним клапаном.....	205
11.9 Керування випускними клапанами при маневруванні, роботі двигуна на задній хід.....	207
11.10 Керування тиском палива Режим пуску.....	209
11.11 Керування тиском масла сервопривода.....	211
11.12 Керування пусковими клапанами.....	213
11.13 Резерування і аварійна робота.....	214
11.14 Самоконтроль системи WECS-9500.....	216
12 Система керування ВРШ типа КАМЕВА	218
12.1 Введення.....	218
12.2 Маневрування.....	218
12.3 Склад і характеристики базової системи КАМЕВА CPP- BASIC.....	220
12.4 Проходження сигналів.....	222
12.5 Станція управління на головному містку.....	224
12.6 Станції управління на крилах містка – Bridge wing control station(s).....	225
12.7 Control room, control station.....	225
12.8 Pitch control: Операції управління.....	225
12.9 Функція “Pitch control”.....	225
12.10 RPM control: "Operation" Оперативне управління оборотами гвинта.....	228
12.11 RPM control: “Function” Управління оборотами гвинта за оптимальною функції.....	228
12.12 Індикація кроку (pitch) і оборотів (RPM) гвинта.....	230
12.13 Функція відповідальності за маневрування, мостік-пост машинного відділення (BR-ECR: "Function").....	230
12.14 Функція відповідальності за маневр (Manoeuvre	

responsibility). Main bridge - Bridge wings.....	231
12.15 Функція синхронізації рукояток.....	231
12.16 Функція захисту від перенавантаження (overload protection).....	231
12.17 Функція управління навантаженням(load control).....	233
12.18 Комбінаторне (спільне) управління.....	235
13 Системи управління приводами керма	
виробництва ROLLS – ROYCE	238
13.1. Загальні відомості.....	238
13.2. Електроніка системи управління.....	243
13.3 Узалнені функції контролерів.....	250
13.4. Інші компоненти системи.....	251
13.5 Введення в дію системи і її компонентів.....	256
Література	265

1 ОСНОВИ ТЕХНІЧНОЇ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СУДНОВИХ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЙ

1.1 Класифікація СЕЕС.

СЕЕС призначені для виробництва, перетворення, розподілу електроенергії і розподілу її між споживачами. До складу СЕЕС входить: суднова електростанція, силова мережа і мережа споживачів електроенергії.

Судова електростанція складається з джерел електроенергії і головного розподільного щита (ГРЩ). Джерелами електроенергії на судні є акумуляторні батареї й генераторні агрегати (ДГ, ТГ, ВГ, УТГ).

Судова електромережа складається з основної мережі, що забезпечує передачу електроенергії від ГРЩ до перетворювачів або споживачам і аварійної електромережі.

Розподільні щити:

1. ГРЩ;
2. Аварійний РЩ (АРЩ);
3. Районний РЩ (РРЩ);
4. Відсічний РЩ (ВРЩ);
5. Груповий РЩ;
6. Щит живлення з берега.

1.2 Системи розподілу електроенергії по судну.

Існують наступні:

1. Магістральна система, що представляє собою фідери, до яких підключаються електроприймачі або РЩ.
2. Фідерна - окрема лінія для живлення найбільш відповідальних споживачів.
3. Комбінована (магістрально-фідерна).

1.3 Ознаки класифікації СЕЕС.

1. За кількістю електростанцій: невеликі маломірні судна - 1 ел.станція; більшість судів - дві ел.станції (1 основна і 1 аварійна); великі судна, пасажери, криголами, судна з ядерною установкою - 3

ел.станції (2 основні і 1 аварійна).

2. По виду розподілу ел.енергії.

3. Зв'язок СЕЕС з основною енергетичною установкою: 1) автономні - ДГ і ТГ; 2) СЕУ з відбором потужності - ВГ.

1.4 Споживачі, які отримують живлення від аварійного генераторного агрегата

- 1) Аварійне освітлення;
- 2) Аварійна сигналізація;
- 3) Електропривод системи і сигналізація водонепроникних дверей;
- 4) Щит сигнально-відмінних вогнів;
- 5) Окремо сигнал «не можу управляти»;
- 6) Пожежний аварійний насос;
- 7) Пристрій дистанційного пуску і попередження сигналізації засобів пожежогасіння;
- 8) Осушувальний насос;
- 9) РЛС, радіостанція, гірокомпас;
- 10) Рульовий електропривод;
- 11) Всі системи, що забезпечують безпеку судна.

Час від початку автоматичного пуску АДГ до прийому навантаження не повинен перевищувати 20 сек. У разі незадовільного запуску проводиться ще 2 запуски. Якщо в якості аварійного джерела електроенергії застосовують акумуляторні батареї, то пожежний, осушувальний насос, електропривод керма, гірокомпас, рульовий пристрій живлення не отримують.

Ємність повинна бути достатня для живлення: аварійного освітлення, «не може управлятися» - 30 хв., аварійної сигналізації - 10 хв. АДГ повинен легко запускатися з холодного стану при $t = 0^{\circ} \text{C}$, якщо це неможливо повинні бути передбачені пристрої підігріву.

У разі 3 невдалих пусків повинно бути передбачено джерело електроенергії для 3 додаткових пусків протягом 30 хв., Або ручний пуск.

Стандартні акумуляторні батареї не повинні використовуватися для інших цілей і повинні розташовуватися в приміщенні з АРЩ. На АРЩ і в ЦПУ встановлені індикатори ступеня розряду акумуляторних батарей.

1.5 Особливості експлуатації АДГ (місце розташування, способи пуску, вимоги)

На пасажирах потрібно, а на інших судах рекомендується, щоб АЕС складалася з АРЩ і АДГ, з системою автоматичного запуску і прийому навантаження. АРЩ і АДГ встановлюються в окремому приміщенні, розташованому не нижче верхньої палуби з безпосереднім виходом на неї, поза шахтою МО. АДГ повинен пускатися автоматично після падіння живлення на ГРЩ. АДГ повинен володіти 3-ма послідовними пусками: через 4 - 8 сек. в разі першого невдалого пуску. АДГ повинен пускатися: 1) на повітрі; 2) від АБ АДГ повинен запускатися через 45 сек. після зникнення напруги. АЕС повинен гарантувати роботу протягом 18 - 36 год. Час від початку автоматичного пуску АДГ до прийому їм навантаження не повинно перевищувати 20 сек., В разі не вдалого запуску передбачені ще 2.

Живлення здійснюється безпосередньо від берегових колонок. Живлення можливе при рівності напруги з мережі і частоти. У разі нерівності може бути встановлений узгоджувальний трансформатор. Живлення на судні подається на спец. щит - щит Живлення з берега.

Спосіб підключення судової мережі до берегової залежить від того заземлена чи ні система електропостачання порту. Живлення від портової мережі з глухо-заземленою нейтраллю здійснюється по 4 провідний системі:

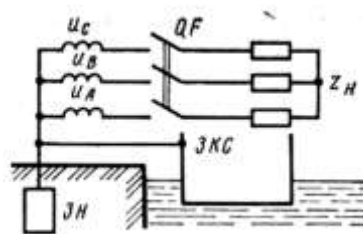


Рис.1.1 – Принципова схема електропостачання СЕЕО від берегової мережі з глухозаземленою нейтраллю.

Z_H - еквівалентний опір навантаження судової мережі; U_A , U_B , U_C , - фазні напруги джерела; ТКС - точка заземлення корпусу судна; ЗН - заземлювач нейтралі.

Підключення судна до берегової мережі здійснює черговий електрик порту, при цьому необхідно здійснення наступних операцій:

- 1) Перевірити опір ізоляції суд. мережі і підключеного кабелю;
- 2) Перевірити роботу системи блокувань, яка виключає одночасну подачу живлення і з судна і з берега;
- 3) Відключити споживачі, які не призначені для живлення від берегової мережі;
- 4) Відключити системи безперервного контролю системи ізоляції;
- 5) Перевірити порядок чергування фаз;
- 6) Перевірити роботу пристрою захисту від обриву фази.

1.6 Вимоги до РЩ.

Конструкція РЩ повинна забезпечити захист від вільного дотику з лицьової і бічної сторін.

Апаратура управління і пристрої з струмоведучими частинами встановлюються за лицьовою панеллю, а вимірювальні прилади на лицьовій панелі, до всіх апаратів повинен бути забезпечений вільний доступ під час ТО і ремонту.

Якщо РУ на палубі, то при їх довжині до 3 м за ними повинен бути забезпечений прохід шириною не менше 0,6 м. Якщо довжина перевищує 3 м повинен бути забезпечений вільний прохід.

Розміри РЩ: висота не більше 2 м. Розташування розподільних приладів по висоті від 1500-1850.

Забарвлення шин: змінний струм фаза А - зелений

фаза В - жовтий

фаза С - фіолетовий

нейтраль - сірий

заземлення - чорний

постійний струм «+» - червоний

«-» - Синій

вирівнююча шина - біла

заземлення - чорний

На внутрішній стороні дверей обов'язково вказується схема комутації. ГРЩ складається з секційних вузлів. Центральна секція - секція управління, призначена для включення генератора на паралельну роботу і містить апаратуру управління. З боків розташовуються генераторні секції рівні числу генераторів.

ГРЩ містить комутуючий і захисний пристрій, вимірювальні прилади та устаткування для керування роботи ГА. По краях розташовуються розподільні секції, до їх складу входить автоматичний вимикач для підключення окремих фідерів, а також вимірювальні прилади. У секції управління розташовуються також прилади контролю опору ізоляції. Може розташовуватися апаратура підключення судна до берегового живлення якщо не передбачений спеціальний щит. Можливі окремі секції для зниженої напруги 220, 127 В, вони призначені для електропостачання мереж освітлення, побутових і нагрівальних приладів. На одній з секції ГРЩ є мнемосхема. Довжина 600, 800, 1000, 1200 типових секцій.

1.7 Генераторна схема ГРЩ.

На кожній генераторній секції встановлюються:

1. Прилади контролю: а) амперметр з перемиканням для контролю струму кожної фази генератора. Підключається до шин генератора через трансформатор струму. Безпосереднє вимірювання струму фаз здійснюється по двох фазах двигуна, струм третьої фази утворюється шляхом векторного підсумовування. б) вольтметр з перемикачем для контролю лінійних напруг. в) частотомер. г) ватметр - для контролю активної потужності. д) фазометр - для контролю коефіцієнт потужності суднової мережі.

2. На генераторній секції встановлюються: а) автоматичний регулятор напруги; б) пристрій ручного регулювання напруги з відповідним перемикачем; в) автомат гасіння поля; д) апаратура управління серводвигуном регулятора швидкості.

3. Апаратура захисту: а) реле зворотного струму або зворотної потужності; б) реле максимального струму для захисту генератора від зовнішнього КЗ, з дією на апаратуру запуску резервного ГА або на відключених другорядних споживачів.

На рис.52 зображена схема включення деяких апаратів і приладів генераторної секції ГРЩ змінного струму.

амперметр А включається через трансформатор струму, причому для вимірювання за допомогою одного амперметра струму в трьох фазах потрібно два трансформатора струму. В цьому випадку амперметр включається спочатку на ток одного трансформатора струму, потім на ток іншого і, нарешті, на сумарний струм двох трансформаторів струму. Очевидно, що сума струмів двох фаз в

трифазній системі без нульового проводу завжди дорівнює току в третій фазі (так як сума всіх трьох струмів в такій системі завжди дорівнює нулю).

Трансформатори струму розраховуються для нормальної роботи в режимі короткого замикання, тому вторинна обмотка їх завжди повинна бути замкнута на амперметр або шунтуючий пристрій. Розмикання вторинної обмотки трансформатора струму пов'язано з можливістю перегріву заліза трансформатора, а також з виникненням на її затисках високої напруги, небезпечного для ізоляції обмотки і обслуговуючого персоналу.

Тому для перемикання амперметра з одного ланцюга і іншої застосовуються спеціальні перемикачі ПА, які здійснюють цю операцію без розриву ланцюгів.

У тому положенні, яке зображено на схемі рис. 1.2, через амперметр проходить струм двох фаз А і С. Отже, амперметр показує струм фази В. При повороті рукоятки перемикача на 45° вліво замикаються контакти 6-7 і 2-3. В цьому випадку трансформатор струму фази С виявляється закороченим крім амперметра, а через амперметр проходить струм фази А. При повороті рукоятки перемикача на 45° вправо від середнього положення замикаються контакти 6-5 і 2-1. В цьому випадку трансформатор струму фази А виявляється закороченим, а через амперметр проходить струм фази С.

Вольтметр включається через перемикач ПВ на три положення. Порядок включення і виключення контактів перемикача забезпечує вимір напруги між фазами АВ, ВС і АС. Амперметр і вольтметр-електромагнітної системи.

Частотомір стрілочний Hz- феродинамічної системи, працює за принципом резонансу.

Фазометр ϕ і ватметр W-також феродинамічні системи. Фазометр показує величину коефіцієнта потужності генератора. При паралельній роботі генераторів корисно стежити, щоб всі генератори мали однаковий коефіцієнт потужності і, отже, щоб правильно розподілялася між ними реактивна потужність. Однак установку фазометра можна вважати не обов'язковою, так як величину коефіцієнта потужності визначають на підставі показань амперметра, вольтметра і ватметра. Ватметр вимірює активну потужність генератора і, отже, характеризує навантаження не тільки генератора, але і його первинного двигуна.

Регулювання напруги генератора зазвичай здійснюється автоматичним регулятором Арн. Однак схемою завжди передбачається і ручне регулювання напруги за допомогою регулятора РРН. Перехід з однієї системи регулювання на іншу здійснюється спеціальним перемикачем ПРН, який має два положення-ліве (ручне) і праве (автоматичне). У лівому положенні в роботу включений автоматичний регулятор напруги, а ручний регулятор в цей час закорочений. У правому положенні перемикача в роботу включений ручний регулятор напруги, а автоматичний вимкнений.

У комплект Арн входить пристрій автоматичного розподілу реактивних навантажень генераторів.

На рис. 1.2 зображено також пристрій для гасіння нуля генератора. Воно виконано не автоматично, а самостійно і приводиться в дію за допомогою рубильника РГП, що має третій контакт, який замикається раніше, ніж розмикаються головні контакти.

Тим самим спочатку обмотка збудження генератора шунтується опором гасіння поля СГП, а потім відключається від збудника.

Схемою генераторної секції передбачається харчування приладів синхронізації і дистанційного контролю роботи генератора,

На нижніх панелях секції може бути розміщено кілька настановних автоматів для підключення ліній, що відходять.

1.8 Секція управління ГРЩ.

На центральній секції управління розташовуються прилади забезпечують синхронізацію ГА: 1) улаштування автоматичної сигналізації; 2) синхроноскопи; 3) реактор; 4) пристрій контролю опору ізоляції. На секціях управління іноді можуть встановлюватися апаратура харчування з берега, пристрій контролю порядку чергування фаз.

1.9 Пульти управління.

Пульт управління електроустановкою служить як для дистанційного і автоматичного управління режимами роботи електроустановки, так і для інформації оператору про її роботі.

Інформація про режими роботи електроустановки в цілому і

окремих її елементів, а також про стан параметрів виводиться на мнемосхему, світлове табло, що показують прилади (стрілочні і цифрові) і пристрої виклику параметрів на вимір, що розташовуються на панелі пульта управління.

Поряд з перерахованими вище пристроями інформації на пульті управління зосереджуються ключі дистанційного керування.

Пульт управління може бути виконаний, як це видно на рис. 1.3, з двох панелей - вертикальної і похилої. На похилу панель наноситься мнемонічна схема електроустановки з вбудованими в неї ключами дистанційного керування автоматами.

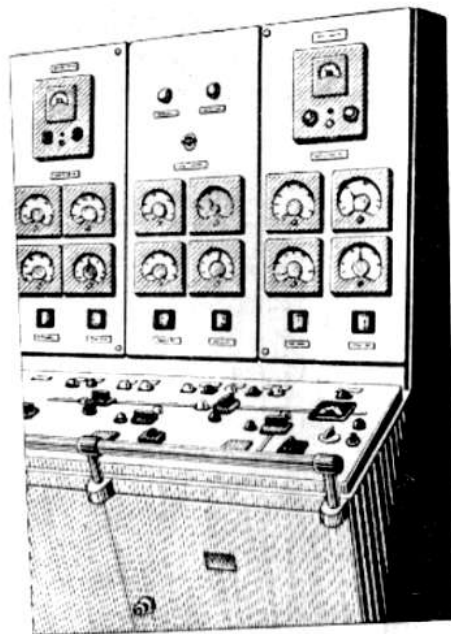


Рис. 1.3 – Пульт керування.

На цій же панелі розташовані ключі синхронізації і управління серводвигунами первинних двигунів, кнопки аварійної зупинки генераторних агрегатів і т. Д., На вертикальній панелі розміщуються електровимірювальні та інші прилади і їх перемикачі.

Мнемосхема повинна відповідати таким вимогам;

1) відображати технологічні зв'язки між окремими частинами електроустановки;

2) мати загальний принцип умовного зображення - комплекс символів, які забезпечують зручне і швидке сприйняття і читаність символів мнемосхеми;

3) розташовуватися на пульті управління в зручному для огляду місці;

- 4) мати яскравість, достатню для впевненого виявлення засвеченого елемента мнемосхеми при заданому рівні освітленості;
- 5) конфігурація і розташування символів мнемосхеми повинні мати максимальної наближення до рекомендацій інженерної психології;
- 6) колірне рішення засвічує елементів мнемосхеми має вибиратися з урахуванням психофізіологічних закономірностей дії їх на оператора, наприклад, червоний колір - аварійний сигнал, жовтий - попереджувальний, білий - робочий стан, зелений - відключено;
- 7) забезпечувати високу надійність надання інформації.

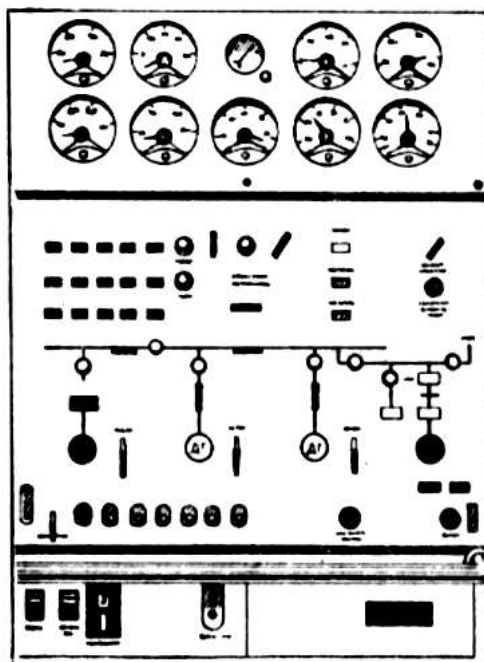


Рис. 1.4 – Панель дистанційного автоматизованого управління електростанцією

Для забезпечення цих вимог на мнемосхемі (рис.1.4) зберігаються електричні зв'язки між вузлами електроустановки, а накреслення відповідає спрощеному зображенню контурів генераторів, шин, навантаження та інших елементів, що входять до складу електроустановки.

Сигналізація відхилення величин параметрів від встановлених значень здійснюється за допомогою світних символів у вигляді трикутників, квадратів і кіл різного кольору. Символи відхилення параметрів від встановлених значень розташовані в межах обрисів окремих вузлів або в безпосередній близькості від них.

Світлова сигналізація на пульті управління може бути виконана

різним способом.

У ряді випадків застосовується сигналізація за способом інтенсивності світіння. У цьому випадку сигнали виражаються нормальною та пониженою яскравістю або згасання.

Можливо переривчасте освітлення шляхом харчування ламп пульсуючим струмом (мигаюче світло). У ряді випадків сигналізація приймається оператором за кольором сигналу. Кількість різних кольорних сигналів має бути обмежена; рекомендовані кольори: червоний, жовтий, зелений і білий.

Для надійної сигналізації двохпозиційних об'єктів управління (включено-виключено) рекомендується встановлювати на кожен об'єкт але два світильника.

Мнемосхеми можуть бути виконані у вигляді:

а) скляних матових панелей, зафарбованих з внутрішньої сторони темною фарбою. Малюнок при цьому не зафарбовується. Панелі можуть бути висвітлені різнокольоровими лампами з рефлекторами;

б) мнемосхем зі спеціального скловолокна, зібраного в джгути і відполірованого з торців. Один з торців підсвічується кольоровими лампами, а інший формується в символ і виводиться на лицьову панель пульта управління. Світлодіодами можуть бути також скляні трубки, заповнені різнобарвними рідинами;

в) люмінесцентних схем з струмопровідного скла з малюнками умовних позначень. Скло покривається електролюмінофорним складом і струмопровідною фарбою. При підведенні напруги малюнки світяться.

Як приклад може бути розглянута найпростіша світлова мнемонічна схема електростанції, що складається з двох генераторних агрегатів (рис. 1.5). На мнемосхемі шини ГРЩ зображені горизонтальними лініями, а підводять і відходять фідери - вертикальні. Генератори і автоматичні вимикачі зображені кружечками. На схемі всі елементи в залежності від напруги фарбуються різними кольорами. Стан і положення генераторів, первинних двигунів і автоматичних вимикачів сигналізуються лампами. Наприклад, включеному станом генераторів відповідає білий колір, виключеного - зелений. Миготливе світло є сигналом невідповідності положення вимикача нового стану об'єкта.

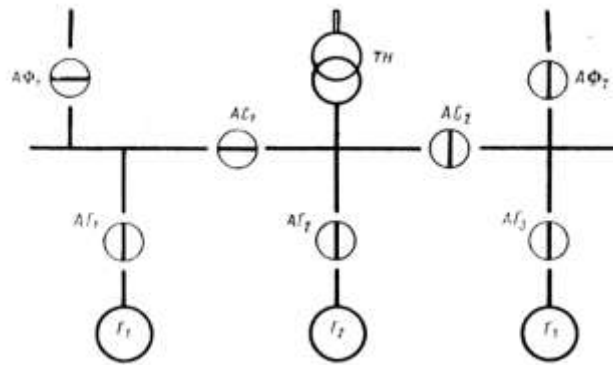


Рис. 1.5 – Найпростіша світлова мнемосхема суднової електроустановки.

Перемикач має чотири положення: «відключити», «відключено», «увімкнено» і «увімкнута». Крайні положення відстоять від сусідніх на кут 45° і є положеннями з самоповерненням. У цих положеннях видається сигнал на відключення або включення автоматичного вимикача. Коли оператор відпускає рукоятку, вона під дією пружини сама переходить в сусіднє положення (з положення «відключити» - в положення «вимкнено», а з положення «включити» - в положення «включено»). Середні положення фіксовані, і відстоять один від одного на кут 90° . Перемикач встановлюють так, щоб в положенні «включено» його рукоятка стояла уздовж лінії мнемосхеми, замикаючи цю лінію. Таким чином, положення рукоятки по відношенню до лінії мнемосхеми наочно зображує стан автоматичних вимикачів. Індикація стану вимикача може здійснюватися двома лампами різного кольору, або якщо підсвічується рукоятка перемикача, однією лампою.

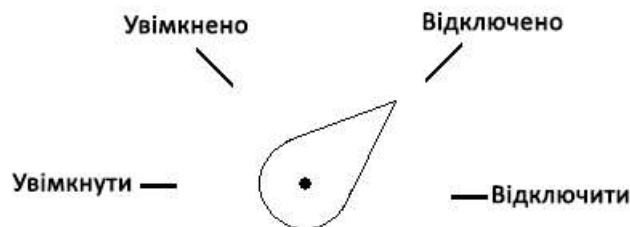


Рис.1.6 – Перемикач.

1.10 Особливості експлуатації РУ

Контроль за роботою РУ і їх апаратурою повинен здійснюватися щодня. При обходах необхідно звертати увагу на вібрацію РУ, яка

може з'явитися в результаті ослаблення кріплення апаратури до каркасів або самих каркасів щодо корпусу.

Про стан контактних з'єднанні, що знаходяться під напругою, можна судити по їх температурі або падіння напруги на них.

При модернізаційних роботах на РУ з установкою додаткової апаратури або заміною апаратури необхідно строго дотримуватися відстань між струмоведучими частинами.

Випробування електричної міцності ізоляції розподільного пристрою, розрахованого на номінальну напругу від 101 до 500В, проводять змінним струмом напругою 2 кВ при частоті 50Гц. Ізоляцію перевіряють як між струмоведучими частинами різної полярності, так і між струмоведучими частинами і корпусом щита. Напруга на початку випробувань не повинно перевищувати 660В, потім його рівномірно підвищують до повного випробувальної напруги, яке ізоляція щита повинна витримати протягом 1 хв без пробою.

1.11 Характерні несправності РУ і способи їх усунення.

Зниження опору ізоляції:

- знаходять ділянку зі зниженим опором ізоляції, розділяючи ланцюг на окремі ділянки;
- Очищають поверхні цих ділянок від бруду, просушують і покривають лаком або замінюють;
- Сильно обгорілі ділянки шин замінюють, при незначних пошкодженнях - заливають міддю;
- пошкодженні дроти і контакти замінюють новими.

Механічні несправності (знос, деформація, корозія):

- знаходять зовнішнім оглядом;
- перевіряють ручним переміщенням деталей;
- ремонтують або замінюють.

Електричні несправності (електрична дуга, перегрів, порушення ізоляції обмоток та ізоляції між листами трубопроводів):

- електрична дуга виникає між контактами при їх розмиканні. Вона сильно нагріває контакти - вони обгорають і плавляться. Зношені контакти погано прилягають один до одного і нагріваються при проходженні великого струму вони можуть приварити. Електрична дуга може виникнути при наявності в апаратах бруду,

пилу, вологи. При цьому дуга може перекинутися на близько розташовані металеві деталі. Виникають тяжкі ушкодження.

- надмірна нагрів може виникнути при проходженні занадто великого струму. Ізоляційні канали, крізь яких проходять струмопровідні елементи обвуглюються, прогорають і з них випадають ці струмопровідні елементи. Апарат приходить в непридатність.

- перегрів котушок електромагнітних апаратів може статися якщо між рухомими і нерухомими магнітопроводами збільшується повітряний зазор (наявність ненормального зазору визначається по характерному звуку - посилюється гудіння). Перегрів може виникнути при порушенні ізоляції між листами муздраттеатру. Котушки можуть перегріватися через міжгілкового КЗ і замикання обмотки на корпус в двох місцях.

Несправності, викликані порушенням регулювання апаратури:

- ослаблення пружини;
- самовідкручування гайок;
- здвиги в рухомих частинах;
- порушення немагнітних прокладок.

1.12 Несправності автоматичних вимикачів

Причина	Спосіб вирішення
АВ не вмикається	
В зведеному положенні відмикаюча собачка не потрапляє в щеплення з відмикаючим валиком в результаті: -заїдання відмикаючого валика -ослаблення пружини -знос відмикаючої собачки та валика в місці їх з'єднання -пошкодження катушки нульового від'єднання	 -усунути заїдання -замінити пружину -замінити відмикаючу собачку і зігнути її так, щоб місце з'єднання знаходилось на не пошкодженій частині відмикаючого валика. -замінити катушку

-пошкодження відмикаючого від'єднення	-усунути пошкодження
АВ вимикається в ручну повільно	
Відмикаючий валик не перекручується в результаті: -порушення коригування перекриття засувки собачкой -пошкодження засувки -пошкодження пружини	-відкоригувати велечинуперекриття -замінити засувку -замінити засувку
Порушення коригування роз'єднувача максимального струму	
-невірно встановленні вказівки відносно рисок на шкалі -змінився зазор між якорем та сердечником в результаті відкручення буферного шурупа -заїдання в осі якоря -заїдання селективної пристройки -пошкодження або послаблення пружини	-поворотом корегуючи шурупів встановити вказівки точно по рискам. -відкорегувати зазор -усунути заїдання, промивши ось та підшипники та змастити їх -усунути заїдання -замінити пружину та знову відкоригувати роз'єднувач

1.13 Маркування щитів з автоматами.

ЩАПС10:

ЩА - щит з автоматичними вимикачами.

П (Тп, П) - рід струму: П - постійний струм; Тп - однофазний змінний з трифазним живленням; Т - трифазний змінний; без П, Тп, Т - однофазний змінний.

С, В - тип автомата: С - АС25; В - АК50.

Б - без дверцят; без Б - з дверцятами.

Л - корпус щита з легкого сплаву; без Л - зі сталі.

400 - частота 400 Гц; без 400 - частота 50 Гц.

2 - 12 - кількість автоматів.

1.14 Яким чином організовується тренувальний цикл кислотних АБ?

Метою цього циклу є часткове відновлення ємності АБ. Цикл рекомендується проводити не рідше 1 разу за 6 місяців, а також після глибокого розряду батареї. Порядок операцій при тренувальному циклі:

1) Зарядити батарею:

а) зарядити АБ струмом нормального заряду (0,08 - 0,1 від ємності а/б);

б) зробити перерву 1 годину;

в) продовжити заряд АБ протягом 2 годин, потім знову перерва 1 год.

І так до тих пір, поки після чергового заряду електроліт НЕ почне кипіти через 2 хв.

2) розряджати АБ струмом десятигодинного режиму до напруги на банках до 1,7 В.

3) Розраховують наведену ємність АБ, приведену до $t = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$.

$$Q_{np} = \frac{Q_{факт}}{1 + 0,009(t - 30\text{ }^{\circ}\text{C})}$$

Якщо Q_{np} виявляється не менше 90% від паспортних даних - АБ беруть в роботу, або тренувальний цикл проводять ще 3 - 4 рази.

1.15 Розподільні пристрої.

РП являє собою металеву конструкцію на якій розміщують, комутаційні, вимірювальні, захисні, сигнальні пристрої, призначені для включення електричних ланцюгів, вимірювання та регулювання електричних параметрів і т.д.

За виконанням РП діляться на: захищені, бризгозахищені, водозахищені і герметичні.

захищеневиконання - це виконання виключає можливість не навмисного дотику до струмоведучих частин обслуговуючого персоналу. Воно не виключає попадання води і пари. Такий тип виконання - металева решітка або гофрований метал.

Бризгозахищенне - це виконання виключає можливість попадання всередину пристрою крапель води падає з будь-якого боку під кутом 45° до вертикалі. Введення кабелів в цьому разі здійснюється знизу через спеціальні прорізи і втулки. Двері щільно

прилягають до каркасу, в місцях прилягання встановлюють спеціальні жолоби для стоку води.

Водозахищене виконання - виключає проникнення всередину пристрою при обливанні його струменем води з тиском 2 атм. з відстані 5 м протягом 5 хв з будь-якого напрямку. Введення кабелів здійснюється через спеціальні сальники, двері притискаються спеціальними зажимами.

герметичне виконання - це виконання забезпечує нормальний стан пристрою в воді на глибині 10 м, Виконання таке як і у водозащитеного однак при цьому ставляться поліпшені ущільнювачі і покращена конструкція. Вимірювальні пристрої розташовані всередині пристрою.

2. ОСНОВИ ТЕХНІЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ І ОБСЛУГОВУВАННЯ СЕЕС

ТЕ СЕЕС включає в себе тех.огляд, обслуговування і ремонт СЕЕС відповідно до правил ТЕ СТС і інструкції заводу виробника.

До початку робіт по ТО необхідно вжити всіх заходів виключають подачу напруги на місце роботи. Перед початком робіт і після їх закінчення обов'язково проводиться перевірка опору ізоляції, перевірка тех.засобів перше включення після ТО здійснюється обов'язково в ручному режимі. Будь-яка зміна в схемі проводиться під керівництвом стар.меха за погодженням і вирішенню судновласника і виносять відповідну документацію. Перед розбиранням електротехнічних пристроїв необхідно зняти КВП і датчики, заміряти величини зазорів, кінці двигуна від'єднати, промаркувати, замкнути, заземлити або ізолювати. При складанні відчистити ел.тех. пристрій від бруду, установку здійснити за відповідними мітками.

2.1 Огляд СЕЕС.

Види огляду: початкове, чергове (1 раз в 4 роки), щорічне, позачергове.

– Чергове. Відповідно до вимог складу обладнання, його розташуванню тех. характеристик і детально оглядають ел.

обладнання.

– Щорічне - це планований контроль стану ел. обладнання і зміни в його складі. Контроль стану ел. обладнання і мереж у вибухонебезпечних приміщеннях, стан кабельних трас. Стан головних і аварійних джерел ел. енергії.

2.2 Огляд електроустаткування.

При огляді електро обладнання перевіряють заземлення, кріплення кабелів, стан КВП, наявність маркувань, положення траверс МПТ, ізоляцію генераторних агрегатів, стан контактних кілець і щіток, наявність і склад ЗІП. У генераторів крім того перевіряють стану станин, підшипникових щитів і підшипників, поздовжнє зміщення роторів, повітряні зазори між статором і ротором.

При огляді ГРЩ перевіряють стан комутаційної апаратури, уставки по струму часу, плавкі вставки запобіжників, наявність клем, кріплення шин розподільних пристроїв, стан контактної групи, стан дугогасильних камер і стан котушок реле і контакторів.

При огляді кабельних мереж перевіряють стан кабелів, скоб, труб, сальників, прокладок з'єднань.

2.3 Перевірка ЕС до дії.

Перед початком перевірки провести вимірювання опору ізоляції. Перевірка в дії ел. двигунів здійснюється спільно з механізмами.

Перевірка генераторів: 1) зміна частоти обертання приводного двигуна на холостому ходу дистанційно з ГРЩ; 2) робота регулятора напруги; 3) іскріння під щітками; 4) температура підшипників генератора, допустима температура підшипників ковзання 80 ° С, кочення - 100 ° С; 5) коливання напруги на виході генератора, перевіряється при зміні навантаження від нуля до максимальної. Коливання напруги не повинно перевищувати 2,5% основних генераторів і 4% - аварійних; 6) коливання швидкості обертання приводних двигунів при скиданні і набиранні 100% -ої навантаження. Коливання швидкості не повинні перевищувати 10%. Стале значення

частоти обертання по закінченню перехідного процесу не повинно відрізнятися від початкового більше 5%; 7) перевірка в дії паралельних режимів генератора, при цьому перевіряється включення генераторів на паралельну роботу і вимикання; 8) розподіл P і Q між паралельно працюючими генераторами; 9) переклад навантаження з одного генератора на інший; 10) дію захисту від: зниження напруги, к.з., перевантаження, від зворотного потужності. Установка реле зворотного струму від 1 до 6 сек уставка зворотного потужності до 10%; 11) для аварійних генераторів додатково перевіряють автоматичний і ручний пуск, можливість подачі ел.енергії невідповідним групам споживачів, попереджувальну сигналізацію.

Засоби очищення електрообладнання. В процесі експлуатації суднового електрообладнання виникають забруднення. Ці забруднення являють собою угольномасляну суміш з вкрапленням в цю суміш частинок металу і лужних солей. Ці суміші різко знижують опір ізоляції в результаті зростає вибухо- і пожежонебезпека. Для запобігання подібної ситуації ел.обладнання піддають очищенню.

Чистка включає в себе розподіл експлуатаційних забруднень, миття ел.обладнання, сушка. В рез-ті цього опір ізоляції має відновитися до норми. Для миття ЕО застосовують спец. миючі засоби.

Після очищення миючими засобами та сушки, обмотки покриваються спец. лаками. використовується два типи лаків: просочувальні лаки і покривні лаки. Просочувальні лаки проникають на всю глибину обмоток, покращують міжвиткове опір. Покривні наносяться зверху, призначені не допускати проникнення вологи всередину. З лаків застосовується кремнийорганічне алкідне покриття.

3. СУДНОВІ СИНХРОННІ ГЕНЕРАТОРИ

3.1 Експлуатація генераторних агрегатів СЕЕС.

На більшості судів встановлюються ел.станції змінного струму. У перспективі з впровадженням на судах безпосередніх перетворювачів енергії перевага віддається ел. станціям на постійному струмі. На маломірних судах менш перспективною буде ел.станція постійного струму.

На більшості судів частота 50 Гц. Якщо масогабаритні хар-ки для даного судна важливі, то доцільно ел. система на підвищеній частоті 400 Гц (на подушці, на крилах). Напруга: 12, 24 В для ел. станції потужністю кілька кВт; 110, 127 - кілька десятків кВт; 220, 380В - кілька сотень кВт; 380, 660, 6000, 10000 У - тисячі, десятки тисяч кВт.

3.2 Структурні схеми СЕЕС.

- 1) з одного ел. станцією
- 2) з двома ел. станціями
- 3) з відбором потужності

- Єдина суднова ел. станція
- Структурні схеми ел. станцій.
- З одного системою збірних шин
- З двома системами збірних шин

3.3 Суднові ел.генератори

По пристрою ротора бувають явнополюсні до 1500 об / хв і неявнополюсні від 1500 об / хв і вище, напруга 230, 400 В, частота струму 50 Гц, режим роботи - тривалий.

Типи генераторів: МСС - морський синхронний з самозбудженням; МСК - морський синхронний з кремнеорганічною ізоляцією; ГМС - генератор морський з самозбудженням.

3.4 Основні характеристики синхронних генераторів

- 1) мають порушуватись без стороннього джерела живлення при

мінімальній частоті обертання первинного двигуна 0,9 - 0,95 від номінальної; 2) коефіцієнт спотворення синусоїдальності на холостому ходу не більше 5%; 3) витримувати трифазне к.з. в діапазоні навантаження від холостого ходу до номінальної; 4) повинен утримувати ударний струм к.з. перевищує номінальне значення в 14 - 17 разів; 5) ізоляція волого, паро-, маслoneпроникна, виконання корпусу захисне.

Ряд генераторів серії МСК має слід. хар-ки:

МСК82-4 потужність 30 кВт, струм 54 А; МСК1875-1500 S = тисяча вісімсот сімдесят п'ять кВА, $n = 1500$ об / хв, $P = 1500$ кВт, $I = 2715$ А.

Іноземні: STROMBERG (Фінляндія), ACEA (Швеція), AEG, SIEMENS, GUN (Німеччина), TOSHIBA, HITACHI, MITSUBISHI (Японія).

Основні хар-ки синхронних генераторів.

– Характеристика холостого ходу

XXX генератора визначає залежність е.р.с. від струму збудження, тобто $E_0 = f(I_B)$ при відсутності струму в якорі і номінальних $I = 0$ оборотах $n = n_{ном}$. У режимі XX фазна напруга одна е.р.с. генератора: $U = E_0$.

– Зовнішня хар-ка визначає залежність $U = f(I)$ при $I_B = I_{BN}$; $n = n_{ном}$; $\cos\varphi = \text{const}$ і показують, як змінюється напруга машини при зміні величини навантаження і постійному струмі збудження.

– Регулювальна характеристика визначає залежність $I_B = f(I)$ при $U = \text{const}$, $n = n_{ном}$ і показує як потрібно регулювати струм збудження, щоб підтримати постійну напругу при зміні навантаження генератора.

– Хар-ка короткого замикання визначає залежність $I_{к.з} = f(I_B)$ при $U = 0$, $n = n_{ном}$.

3.5 Системи збудження суднових синхронних генераторів

1. Система збудження зі збудником постійного струму. Збудник генератора (ВГ) разом з генератором (Г) знаходиться на одному валу з первинним двигуном (ПД). Регулювання в обмотці збудження генератора (ОВГ) здійснюється за рахунок регулювання струму в обмотці збудження збудника генератора (ОВВГ). Недолік: наявність додаткових машин постійного струму, щітково-колекторного вузла, має високу інертністю що позначається на тривалості процесу регулювання.

2. Система з самозбудженням. У системах самозбудження обмотка самозбудження підключається до вихідної напруги генератора.

При розімкненому ланцюзі збудження потік залишкового магнетизму індукує е.р.с. $U_{ост}$. При замиканні ланцюга збудження по обмотці збудження потече струм. Обмотка збудження повинна бути включена таким чином, щоб маг. потік від виниклого струму збудження $I'В$ збігся у напрямку з потоком залишкового магнетизму. Тоді по ХХХ току збудження $I'В$ буде відповідати е.р.с. генератора U' , причому $U' > U_{ост}$. Це викличе збільшення струму збудження до значення, якому в свою чергу по ХХХ відповідатиме е.р.с.

$U' > U'$ і т.д. Цей процес збільшення напруги генератора і струму збудження відбувається безперервно і до такої точки, в якій приріст магнітного потоку, а отже і е.р.с. дорівнюватиме нулю.

2.1 Система амплітудного або токового компаундування. Харчування обмотки збудження здійснюється від трансформатора. Сигнал від трансформатора струму дозволяє забезпечувати регулювання напруги генератора на виході при зміні величини навантаження.

2.2 Амплітудно-фазове компаундування. Дана система збудження забезпечує регулювання напруги на виході генератора при зміні як величини так і характеру навантаження. Не містить додаткового джерела постійного струму.

2.3 Система збудження застосовується в безщіткових генераторах. В якості збудника застосовується невелика асинхронна машина, на її статор подається напруга з статора СГ, в роторній

обмотці асинхронного збудника індукується е.р.с. і передається після випрямлення на обмотку СГ. У даній системі відсутні колекторно-щіткова система.

Початкове збудження. Незважаючи на те що СГ повинен порушуватися без стороннього джерела живлення, для надійного їх порушення ставляться системи початкового збудження.

Схеми гасіння магнітного поля. Оскільки обмотки збудження володіють великим значенням L (Гн), то при миттєвому зникненні харчування через велику протидії е.р.с. може виникнути пробій ізоляції котушки, тому в системах збудження передбачають системи гасіння магнітного поля.

R_p - розрядний опір $R_p \geq 5 R_B$

Системи автоматичного регулювання напруги СГ (САРСГ).

Нормальна робота споживача ел.енергії на судні забезпечується при коливанні напруги 2 - 2,5% (2,5% Регістр). Для виконання цих вимог існують системи автоматичного регулювання напруги (Сарни). При одиночній роботі синхронного генератора Сарни в змозі забезпечити роботу СГ на астатичній вихідній характеристиці.

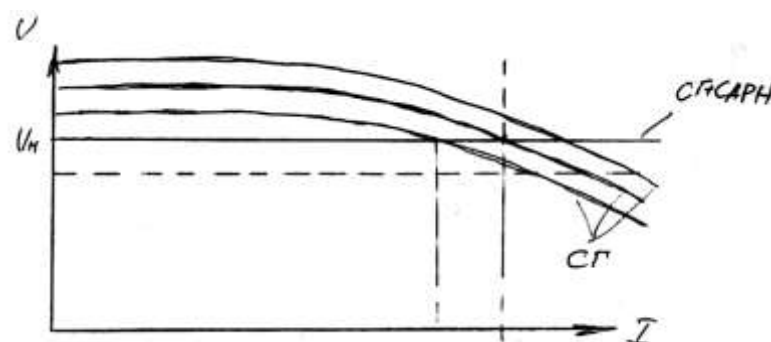


Рис.3.1 – Астатичне регулювання.

При паралельній роботі генераторів, астатичні зовнішні характеристики не дозволяють забезпечити рівномірний розподіл навантаження між паралельно працюючими генераторами. Тому при паралельній роботі генераторів (основний режим роботи) застосовується статичне регулювання (статизм кількісно

характеризує нахил статичної характеристики генератора).

Всі САР діляться на: 1) САР за відхиленням регульованої величини; 2) САР по впливі, що обурює; 3) комбіновані.

САРН по впливі, САРН по дієвій силі, що обурює.

На величину напруги на виході генератора впливають: струм навантаження, характер навантаження, температура обмотки збудження, температура навколишнього середовища і т.д.

В основу роботи закладено принципи компаундування машин постійного струму.

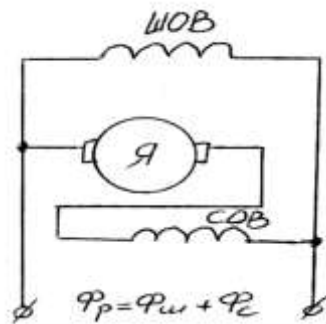


Рис.3.2 – Принципи компаундування машин постійного струму.

Залежно від типу генератора змінюється ступінь впливу характеру навантаження на зовнішні характеристики генератора

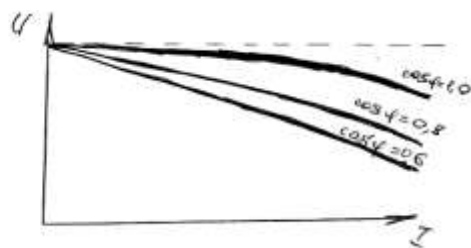
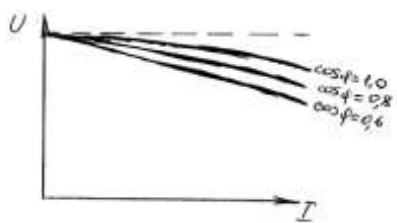
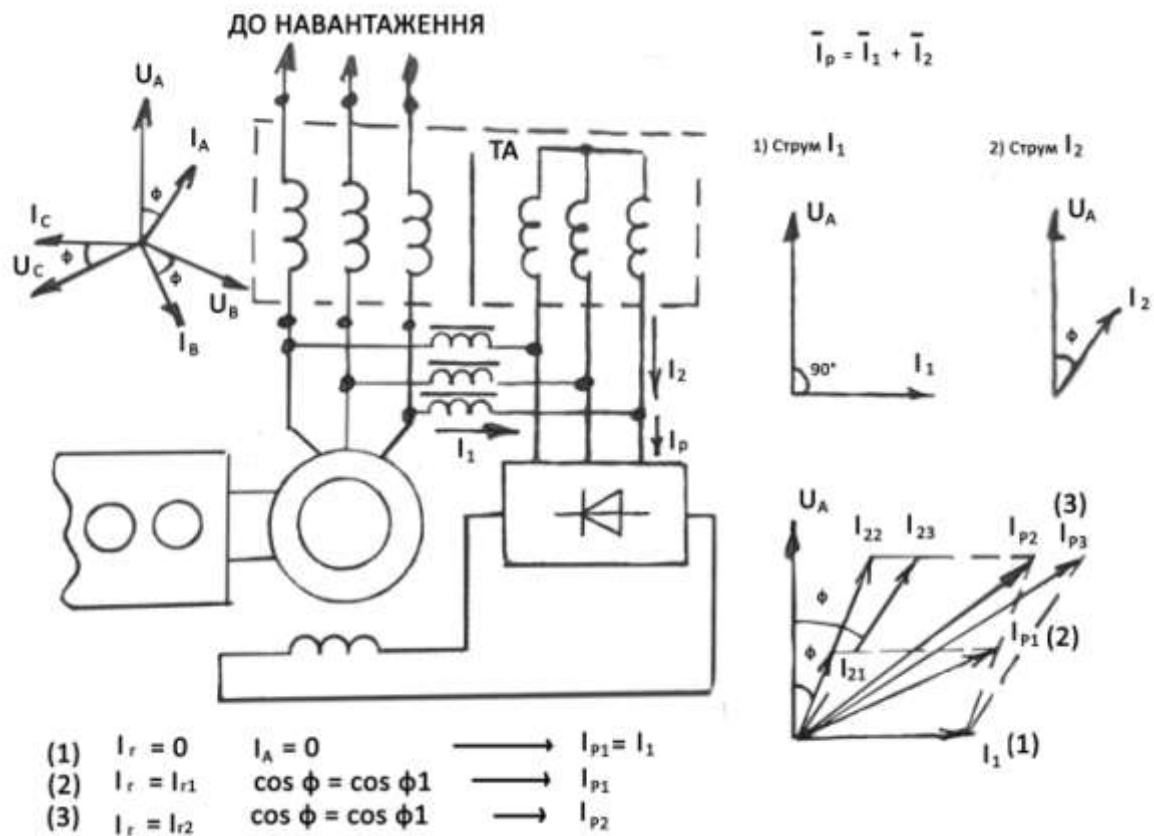
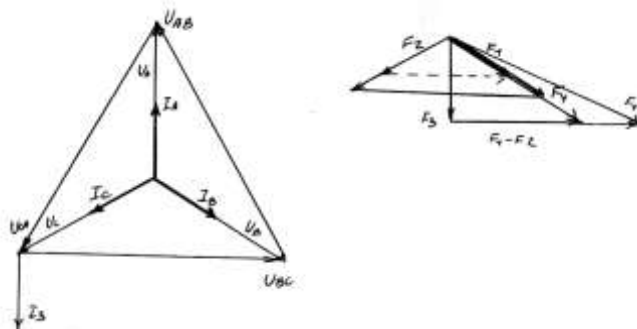


Рис.3.3 – Амплітудне компаундування
компаундування

Амплітудно-фазове



У режимі холостого ходу (такт генератора дорівнює нулю) напруга на виході генератора $U_{хх}$ визначається величиною струму в ОВВГ1. При збільшенні струму генератора I_g з'являється падіння напруги ΔU_g на внутрішніх опорах якірної обмотки, разом з тим з'являється струм у вторинній обмотці трансформатора струму ТА, з'являється струм в ОВВГ2, е.р.с. ВГ, а отже і е.р.с. СГ збільшується, напруга на виході генератора відновлюється. Налаштування схеми полягає в регулюванні магніторухійної сили в ОВ (за допомогою R_{p1} і R_{p2}).



$$\cos \phi = 1; Z = R$$

1,2,3 - вхідні обмотки; 4 - вихідна обмотка.

Трансформатор фазового компаундування - при протіканні струму кожна обмотка індукуює МРС

$$I_b \rightarrow F_1 = I_r \cdot W_1$$

$$I_c \rightarrow F_2 = I_r \cdot W_2 \quad F_2 = I_r \cdot W_2 = F_1 + F_2 + F_3$$

$$F_3 = I_r \cdot W_3$$

Результуюча МРС - F_2 , в якій визначається струм в ОВВГ2, знаходиться як сума МРС всіх обмоток (1,2,3).

$$\cos \varphi \text{ в пав } Z = \sqrt{R^2 + X_L^2}$$

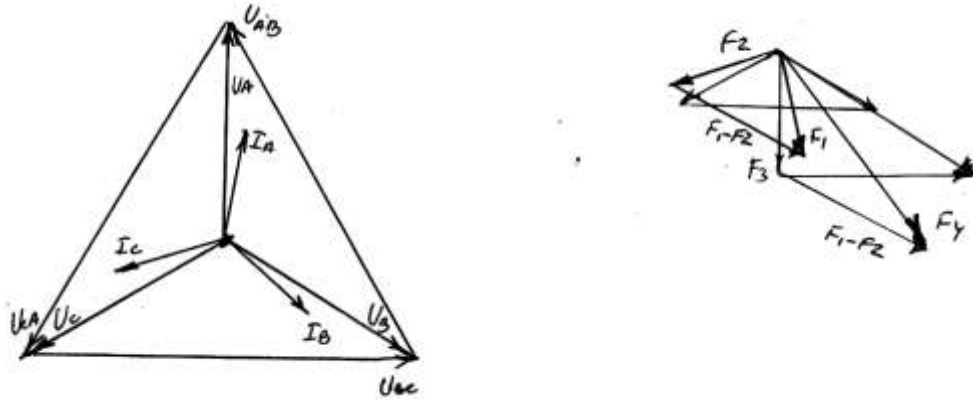
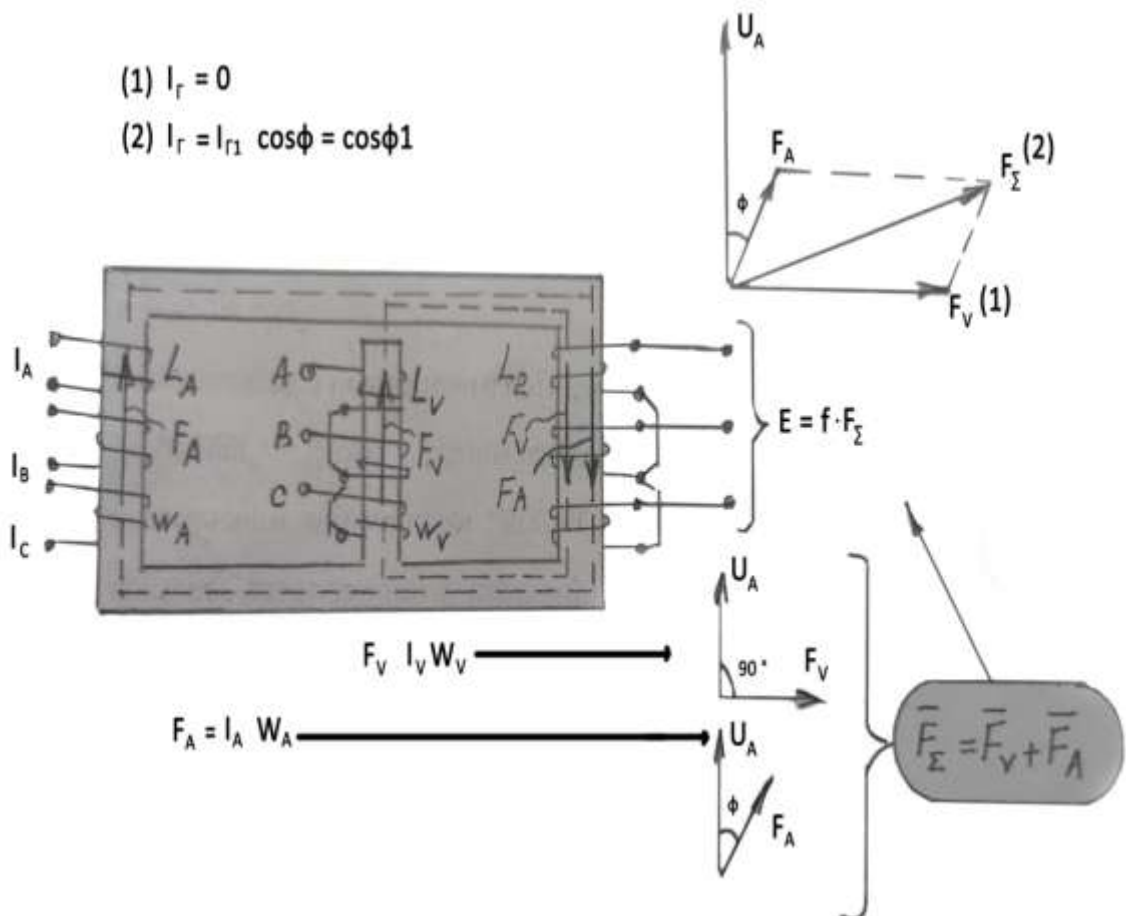


Рис. 3.4 – Амплітудно-фазове компаундування.

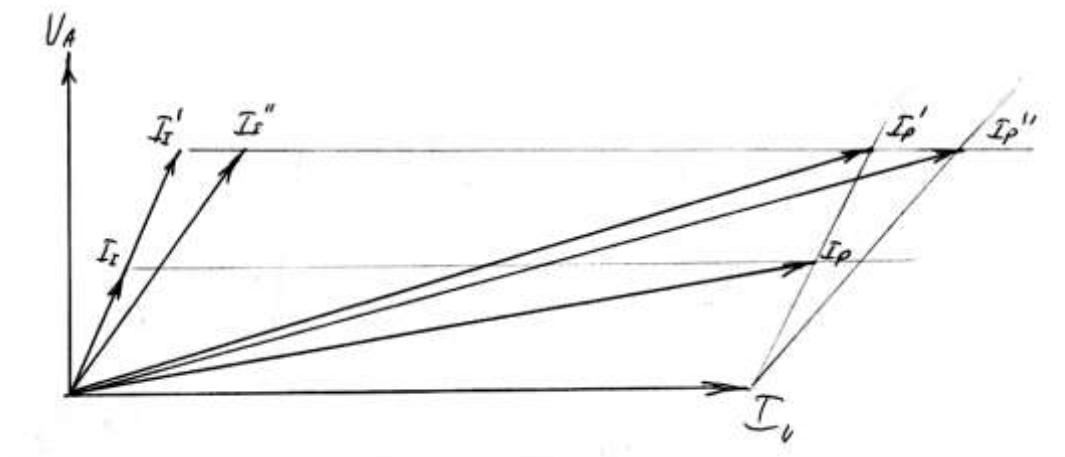


Струм на вході випрямляча I_p визначається сумою двох струмів I_u і I_i $I_p = I_r + I_u$.

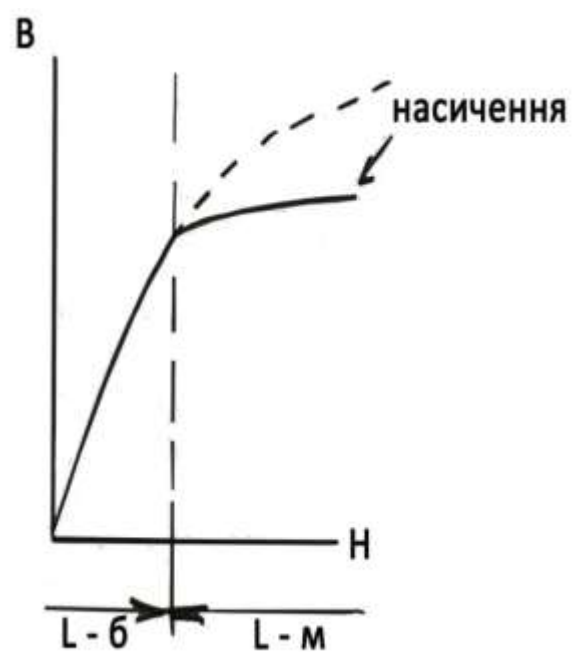
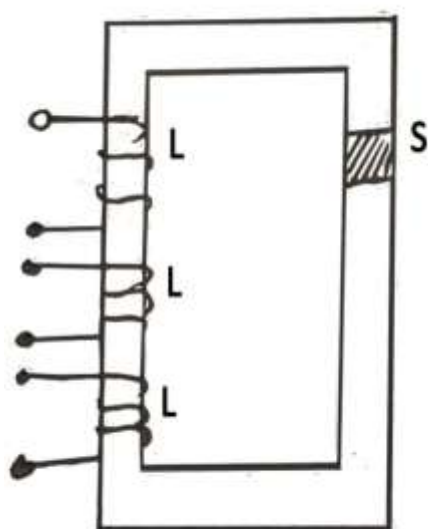
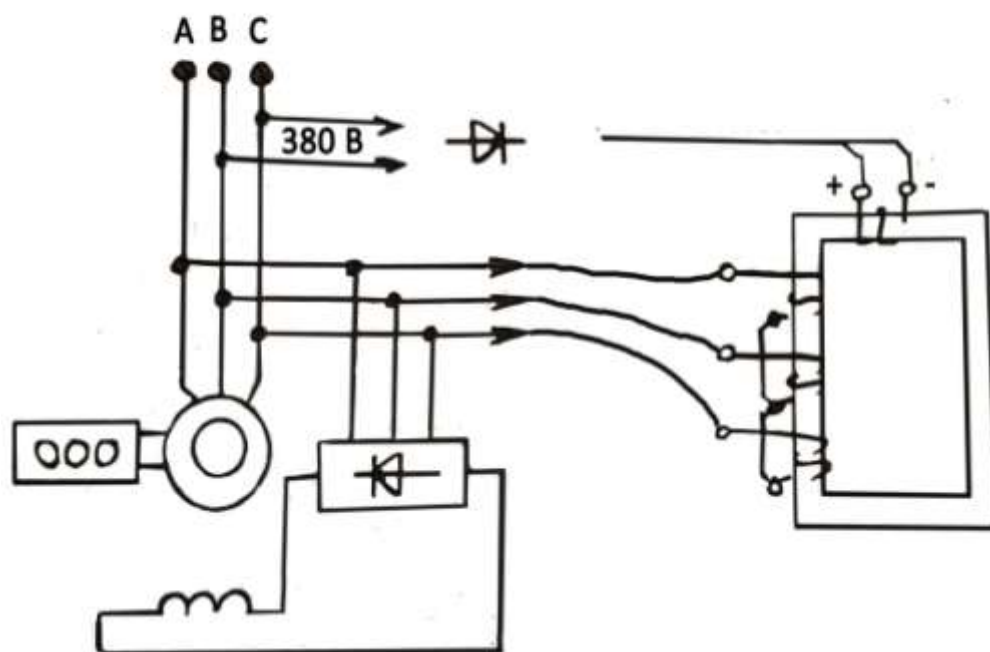
I_u пропорційний величині напруги на вході генератора, оскільки в його ланцюга є дросель у нього великий індуктивний опір. I_u зрушить щодо напруги на кут 90° .

I_i - струм вторинної обмотки трансформатора, його величина пропорційна току навантаження генератора, кут φ відносно напруги визначається характером навантаження ($\cos\varphi$).

У режимі холостого ходу результуючий струм визначається тільки струмом I_u .



Система регулювання по відхиленню регульованої величини контролюється на базі коректорів напруги. Як приклад розглянемо один з них



4 СИСТЕМИ ЗБУДЖЕННЯ І АТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАПРУГИ СУДНОВИХ СИНХРОННИХ ГЕНЕРАТОРІВ

4.1 Схема системи збудження і автоматичного регулювання напруги синхронних генераторів серії МСС.

Дана система виконана за принципом прямого фазового компаундування без коректора напруги. Особливістю схеми автоматичного регулювання напруги генераторів МСС є застосування трансформатора фазового компаундування магнітним шунтом, який виконує функцію компаундуючого елемента. Цим виключається необхідність застосування додаткового опору в каналі напруги у вигляді дроселя або блоку конденсаторів.

Регулювання забезпечує підтримку напруги генератора в сталому тепловому режимі зі статичною похибкою $\pm 24\%$ номіналу при змінах навантаження від 0 до 100%, $\cos\phi$ від 0,7 до 0,95 і швидкості обертання в межах $\pm 2\%$ номінальної.

В системі передбачено також (при тривалій паралельній роботі з іншими генераторами в статичних режимах) автоматичний розподіл реактивного навантаження з точністю $\pm 10\%$ номінального значення найменшого по потужності генератора при зміні навантаження в межах від 20 до 100%.

Основними елементами схеми системи самозбудження і автоматичного регулювання напруги (рис.1) є триобмотковий трохстержневої трансформатор фазового компаундування ТФК з магнітним шунтом МШ. Дросель відбору LO, Виконаний у вигляді дроселя насичення, і блок напівпровідникових випрямлячів VD11 ...VD14.

На трансформаторі ТФК є три трифазних обмотки: струмова LTA включена в фази ланцюга навантаження генератора; напруги LTV підключена на його напругу, і вихідна L2. Струмова обмотка спільно з вихідною відокремлена від обмотки напруги магнітним шунтом. Остання своєю дією аналогічно дроселю насичення, такого, що включається в інших схемах в якості елемента, забезпечує відставання струму від напруги в обмотці LTV приблизно на 90° .

Самозбудження генератора, яке визначається значенням залишкової ЕРС і опором ланцюга збудження, здійснюється випрямленим струмом блоку випрямачів VD1 ... VD6, до якого

подається напруга генератора через трансформатор ТФК. Наявність магнітного шунта збільшує загальний опір обмотки напруги LTV що кілька погіршує умови самозбудження.

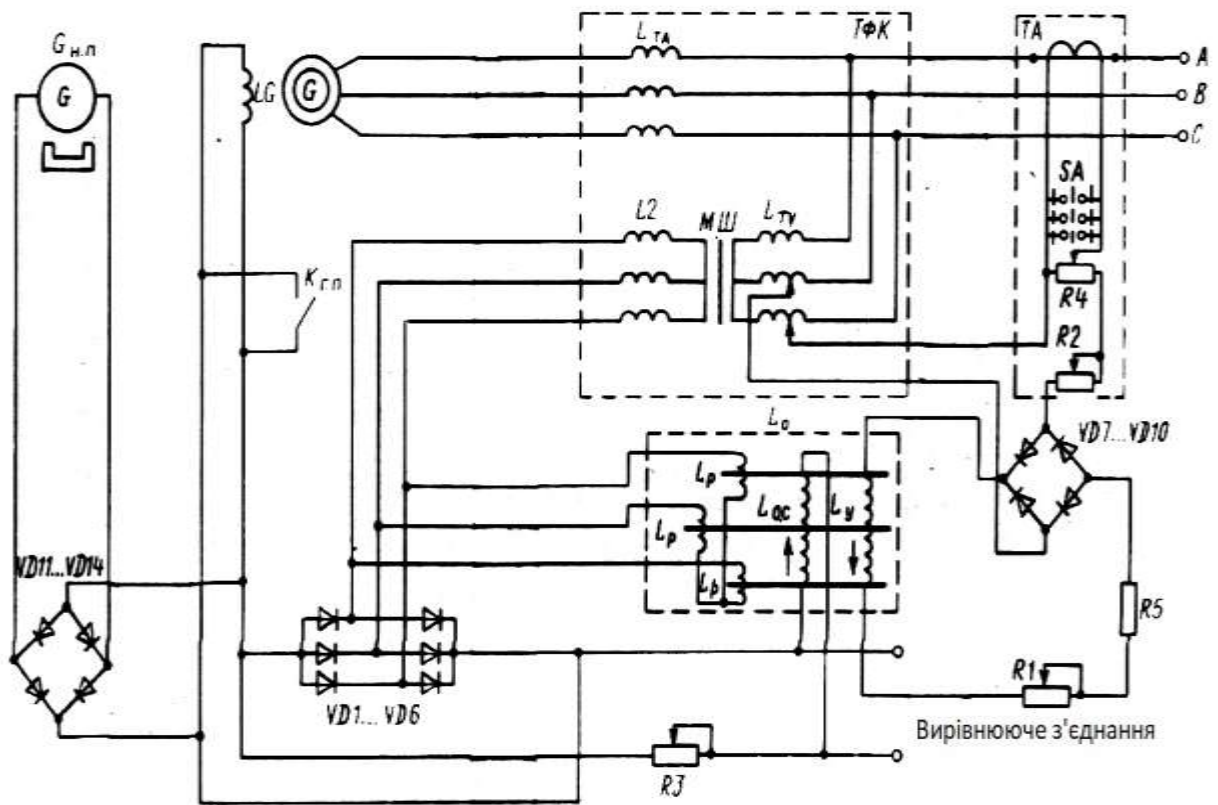


Рис.4.1. – Сила струму збудження в режимі холостого ходу генератора під час налаштування схеми зміної індуктивності розсіювання обмотки напруги LTV шляхом регулювання зазору між шунтом і стрижнями муздрамтеатру трансформатора.

Для забезпечення надійного початкового самозбудження генератора G в системі є джерело змінного струму - генератор початкового підмагнічування ГН.П.з постійними магнітами. Він встановлений на валу ротора синхронного генератора і підключений до обмотки ротора через випрямляч VD11 ... VD14. Після збудження генератора G генератор Гн.п вимикається зі схеми, так як випрямляч VD11 ...VD14 закритий напругою більшої величини від блоку випрямлячів VD1 ..VD6.

Автоматична підтримка напруги генератора під навантаженням з різним коефіцієнтом потужності $\cos\phi$ забезпечується вторинним

струмом трансформатора ТФК. рівним геометричній сумі струмів первинних обмоток LTA і LTV (Рис.4.2).

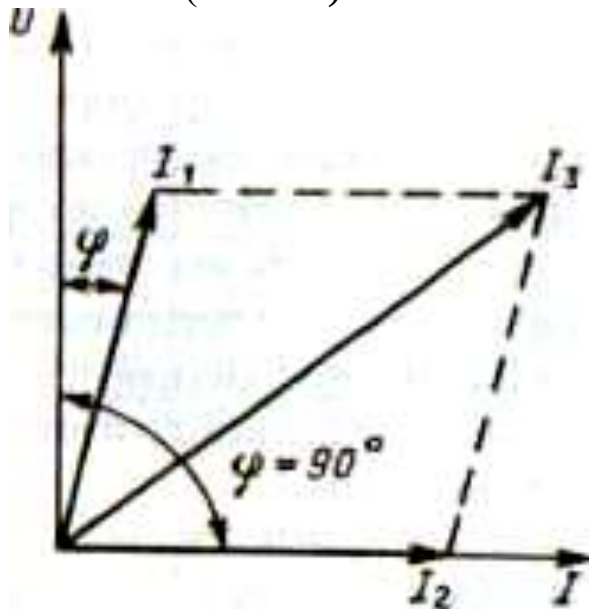


Рис.4.2. Векторна діаграма ТФК

Якщо знехтувати активним опором обмотки LTV в порівнянні з її індуктивним опором, то можна вважати, що вектор струму I_2 цієї обмотки відстає від вектора напруги генератора приблизно на 90° , а вектор струму навантаження I_1 - на кут φ . Як видно з векторної діаграми, при збільшенні

кута φ до 90° вектор сумарного струму I_3 обмотки L2 також збільшується в залежності від величини і коефіцієнта потужності навантаження. Цей сумарний струм через випрямляч VD6 надходить в обмотку збудження ротора генератора LG, підвищуючи струм збудження і забезпечуючи сталість напруги генератора при зміні коефіцієнта потужності навантаження.

дросель LO (Див. Рис.4.1) Служить для управління ланцюгом фазового компаундування. Він являє собою магнітний підсилювач і має основну - робочу - обмотку LP, Включену паралельно обмотці L2 трансформатора ТФК, обмотку управління 1 в і додаткову обмотку зворотного зв'язку LO.C.

Обмотка 1 в підключена через регульовальний резистор R1 і випрямляч VD7 ...VD10 до фазної напруги обмотки напруги LTV трансформатора ТФК. при зміні сили струму в обмотці 1 в змінюється насичення сердечника дроселя, а отже, і загальний опір його робочої обмотки LP. Відповідно буде змінюватися значення струму відбору з ланцюга вторинної обмотки L2 трансформатора ТФК, а значить, і значення струму збудження генератора.

За допомогою резисторів $R1$ і $R2$ здійснюється відповідно ручне налаштування напруги при зміні уставки і налаштування системи резонатор термокомпенсації $R5$ з великим температурним коефіцієнтом передбачений для корекції напруги: з підвищенням температури зростає опір резистора $R5$, струм в обмотці управління L_y зменшується, опір робочої обмотки L_p зростає. В результаті частково компенсується зниження напруги, яке має місце при нагріванні і відповідному підвищенні активного опору обмотки збудження генератора і інших елементів системи.

Для узгодження характеристики системи самозбудження з регульовальними характеристиками генератора за допомогою дроселя відбору L_p через додаткову обмотку управління I в вводиться негативний зворотний зв'язок $LO.C$ по напрузі збудження ротора.

Корекція напруги в випадках зміни частоти генератора в деякій мірі забезпечується магнітним шунтом трансформатора ТФК, оскільки зниження або збільшення частоти викликає відповідну зміну загального опору обмотки LTV з магнітним шунтом, так що складова струму цієї обмотки не зменшується.

У динамічних режимах генераторів з системою самозбудження час перехідного процесу скорочується більш ніж в три рази в порівнянні з системами збудження з машинними збудниками.

Відсутність коректора спрощує систему регулювання напруги, але одночасно погіршує точність його підтримки. Крім того, застосування генератора початкового підмагнічування $G_{н.п.}$ ускладнює і збільшує схему. Проте ця система отримала широке застосування в суднових ЕЕУ, так як вона забезпечує необхідну точність підтримки напруги, проста в обслуговуванні, має менші габарити і масу.

4.2 Схема системи самозбудження і автоматичного регулювання напруги синхронних генераторів серії МСК з коректором напруги і дроселем відбору потужності.

Ця система, заснована на прямому фазовому компаундуванні синхронних генераторів, розроблена в двох модифікаціях для серії генераторів МСК потужністю 30 ... 300 кВт.

Тут напруга підтримується зі статичної похибкою регулювання, що не перевищує $\pm 1\%$ при зміні навантаження від 0 до 100%,

коефіцієнта потужності від 0 до 1 і частоти в межах $\pm 2,5\%$ номінального значення.

Основними елементами системи цієї модифікації є: трансформатор фазового компаундування ТФК з магнітним шунтом, дросель відбору L_0 , блоки випрямлячів $VD1 \dots VD4$ і $VD5 \dots VD10$, коректор напруги КН, блок управління з пристроєм паралельної роботи УПР, генератор початкового збудження ГН.В.

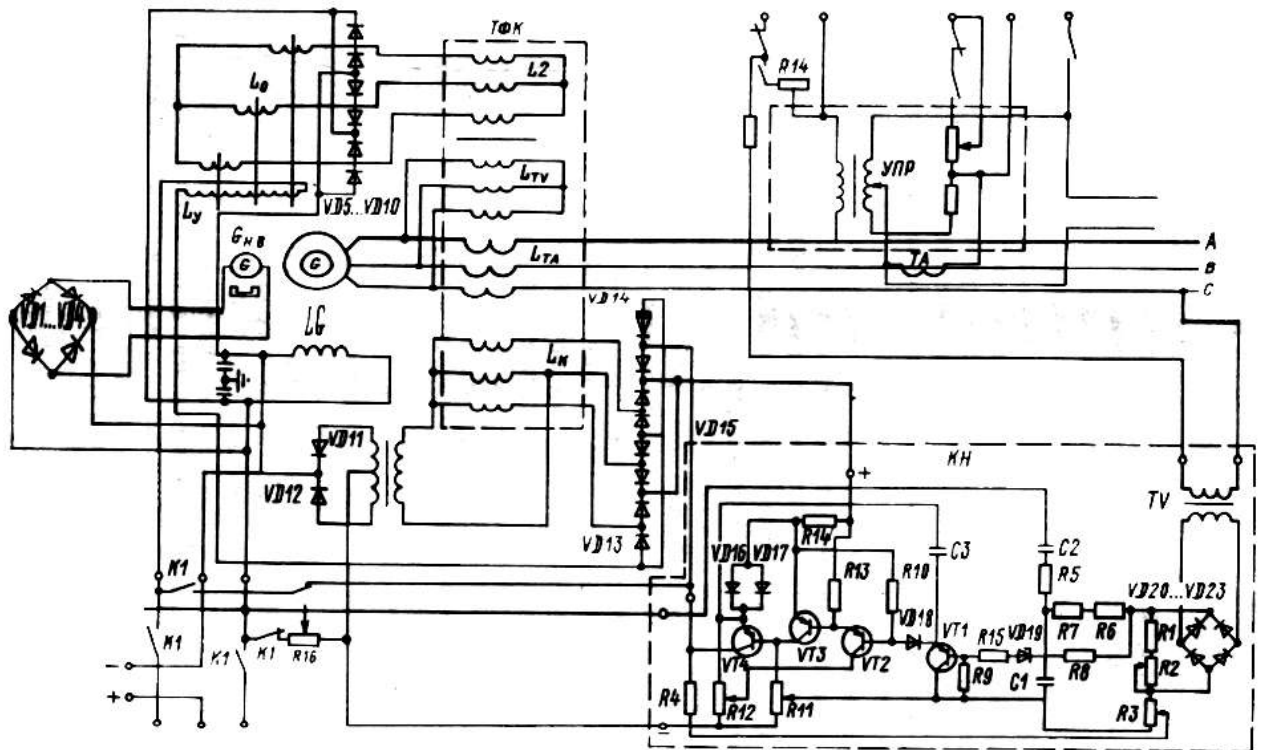


Рис.4.3 – Трансформатор ТФК має чотири трифазні обмотки: струмовий LTA, напруги LTV, вторинну L2 і обмотку LK живлення коректора КН. Дросель відбору зібраний але трифазною схемою з декількома обмотками управління L_в.

Генератор початкового збудження ГН.В. Передбачений для надійного забезпечення самозбудження синхронного генератора, є тахогенератор змінного струму з постійними магнітами. Конструктивно він пов'язаний з валом ротора, а електрично підключений до обмотки збудження генератора LG через блок випрямлячів $VD1 \dots VD4$. потужність генератора ГН.В.дорівнює 80 Вт. Регулювання напруги з вказаною вище точністю здійснюється спільною дією трансформатора ТВК, дроселя LO і коректора КН КН-

2. Він виконаний, на відміну від раніше розглянутих, на напівпровідникових елементах, що працюють в імпульсному режимі, і складається з вимірювального вузла і підсилювача.

У вимірювальному елементі відбувається порівняння напруги генератора з заданою напругою. У вимірювальний вузол входять трансформатор напруги TV, випрямляч VD20 ... VD23, стабілітрон VD19, конденсатор C1, резистори R1, R2, R8, R9 і транзистор VT1.

на первинну обмотку трансформатора TV через резистор уставки рівня напруги R14 подається напруга генератора. вторинна обмотка цього трансформатора через випрямляч VD20 ... VD23 навантажена на резистори R1 і R2. Активно-ємнісний фільтр, що складається з конденсатора C1 і резистора R8, застосований для згладжування пульсацій випрямленої напруги, що з виходу фільтра подається через стабілітрон VD19 на вхід транзистора VT1.

Характеристика стабілітрона VD19 підібрана таким чином, щоб він замикав ланцюг до тих пір, поки напруга генератора $U_{Г}$ на конденсаторі C1 не перевищить напруги пробою стабілітрона $U_{Г0}$ (Рис. 4.4).

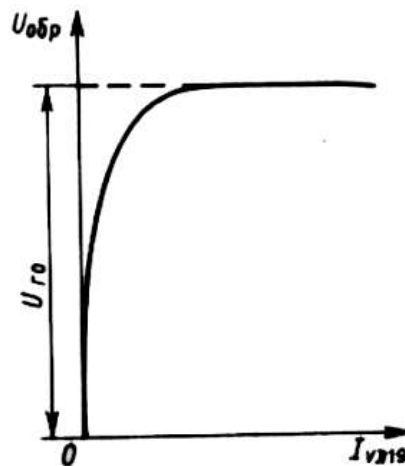


Рис.4.4 – Характеристика стабілітрона:

$U_{обр}$ - зворотня напруга; $U_{Г0}$ - напруга пробою стабілітрона; I_{VD19} - струм в ланцюзі стабілітрона.

Якщо напруга $U_{Г}$ стає більше $U_{Г0}$, то транзистор VT1 відкривається. При цьому процес його відкривання і закривання відбувається відповідно до двохполуперіодної пульсації вимірюваної напруги. Якщо напруга на стабілітроні VD19 значно перевищує напругу його пробою, то відповідно збільшуються імпульси струму бази транзистора VT1, а отже, і імпульси струму в ланцюзі його

колектора.

Таким чином, відхилення напруги на вході вимірювального вузла коректора напруги від заданого перетворюється в імпульси струму, що зростають із збільшенням відхилення напруги.

Підсилювач коректора КН складається з транзисторів VT2, VT3 і VT4, випрямлячів VD18 і VD16, VD17, конденсатора C3 і відповідних резисторів, включених в їх ланцюга.

Імпульси вихідного струму вимірювального вузла подаються на конденсатор C3, який потім розряджається на паралельно включений резистор R10. До ланцюга емітер - база транзистора VT2 прикладена різниця напруг, що знімаються з ділянки напруги на резисторі R12 і з резистора R10. Якщо на останньому напруга буде збільшуватися зі зростанням струму виходу вимірювального вузла, то напруга на базі транзистора VT2 буде зменшуватися, а струм в ланцюзі його колектора знижуватися.

При зниженні або відсутності сигналу з вимірювального вузла напруга на резисторі R10 стане менше, ніж на резисторі R12. Це призведе до зростання напруги на базі транзистора VT2 і відповідно до збільшення струму в ланцюзі колектора. Оскільки ланцюг колектора транзистора VT2 є одночасно ланцюгом бази транзистора VT3, то при відкритому транзисторі VT2 буде повністю відкритий також і транзистор VT3, тобто падіння напруги на ньому значно зменшиться, і весь струм його колектора піде через резистор R11.

Ланцюг емітер - база транзистора VT4 включена на постійну напругу джерела живлення підсилювача, а колекторний ланцюг - на обмотку управління I в у дроселя відбору LO.

Якщо транзистор VT3 відкритий до насичення, то по його колекторному ланцюзі протікає великий струм, а напруга в ланцюзі емітер - колектор дуже мало. Завдяки відносно великому падінню напруги на випрямлячі VD16, VD17 потенціал бази транзистора VT4 виявиться позитивним по відношенню до потенціалу його емітера і транзистор VT4 буде закритий.

При закритому транзисторі VT3 потенціал бази транзистора VT4 змінюється на протилежний, транзистор VT4 відкривається і по обмотці управління I в дроселя відбору LO піде струм, що змінює режим його роботи. При збільшенні сили струму управління опір робочих обмоток дроселя зменшується, а отже, по ним проходить велика частина струму вихідної обмотки триобмоткового трансформатора ТФК.

В результаті збільшення напруги на вході вимірювального вузла, починаючи з деякого значення, рівного напрузі пробною стабілітрона VD19 (Еквівалентного в даному випадку встановленому напрузі генератора), викликає появу в обмотці управління 1 імпульсів напруги. Тривалість їх тим більше, чим більше напруга на вході вимірювального вузла відхиляється від напруги пробною стабілітрона.

Напруга виходу коректора напруги КН змінюється від нуля до повного значення напруги джерела живлення при зміні напруги на вході вимірювального вузла на 1,0 ... 1,5% номінального значення.

Для захисту вихідного транзистора VT4 від можливих перенапруг в обмотці управління встановлені випрямлячі VD13 і VD14: перший закорочує обмотку при перенапряженнях в ній, а другий шунтує транзистор. Блок випрямлячів VD15 входить в комплект джерела живлення коректора КН.

Для забезпечення стійкої роботи системи регулювання передбачена гнучкий зворотній зв'язок, що складається з резистора R5 і конденсатора C2. Для запобігання впливу нагріву обмоток вимірювального трансформатора TV, резистора R15 і стабілітрона VD19 на точність регулювання напруги синхронного генератора в вимірювальний ланцюг коректора КН введений терморезистор R1 з підлаштованим резистором R6.

4.3 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):

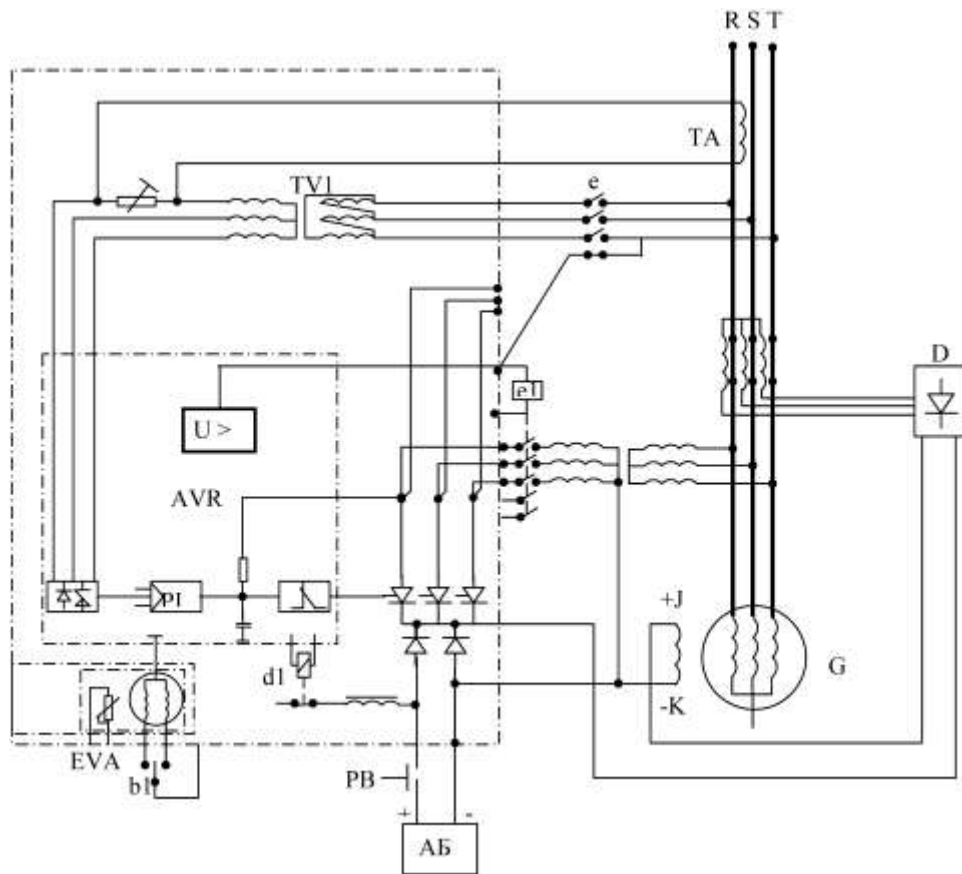


Рис. 4.5

- G - синхронний генератор; JK - обмотка збудження СГ;
 ТА - 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:

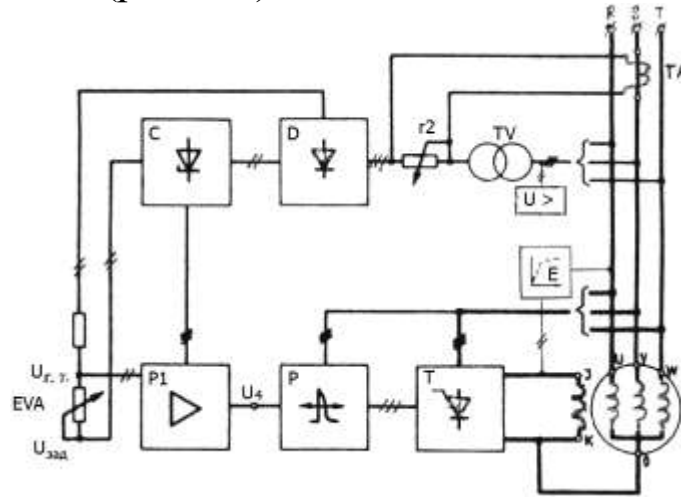


Рис. 4.6 – Блок-схема регулювання напруги

r_2 - потенціометр зворотного зв'язку;

D - трифазний випрямляючий міст;

C - ланцюги стабілізованого живлення блоків АРН ± 12 В;

PI - компаратор-підсилювач;

P - ланцюги імпульсного управління тиристорами;

T - тиристорного блоку;

U> - пристрої захисту генератора від перенапруги;

E - ланцюги початкового збудження.

1. 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).

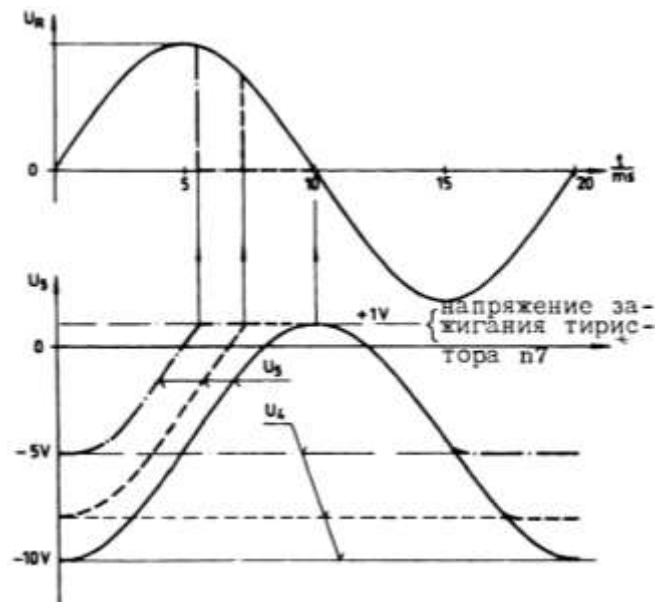


Рис. 4.7 – Графічне визначення кута відкриття тиристора

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

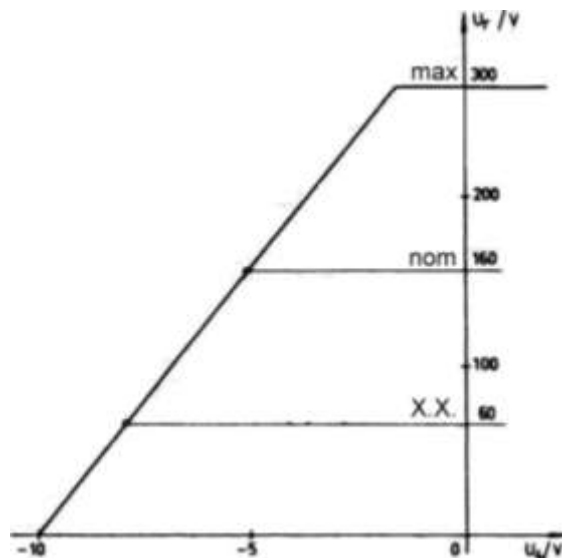


Рис. 4.8 – Діаграма залежності напруги збудження від напруги підсилювача ΔU

2. 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.

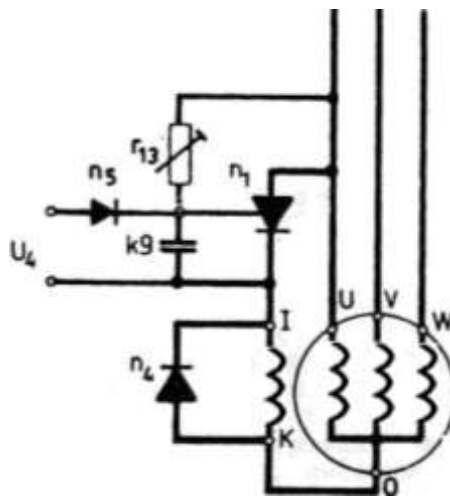


Рис. 4.9 – Ланцюг запалювання тиристора

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 $k9$ 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 $\Delta U'$ 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 вихідної напруги $\Delta U'$ підсилювача.

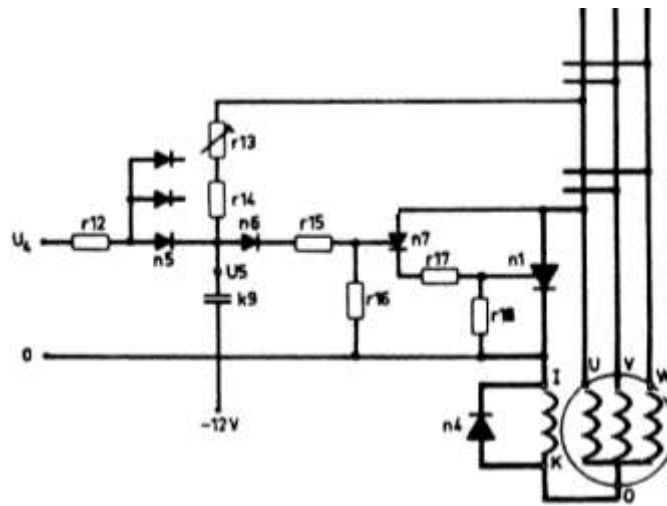


Рис. 4.10 – Принципова схема блоку підсилювача

3. 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.

4. 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 К1, К6, К7 (останні два не показані), є захисними для апаратури при різних пошкодженнях сполучних кабелів генератора, серводвигуна і др.

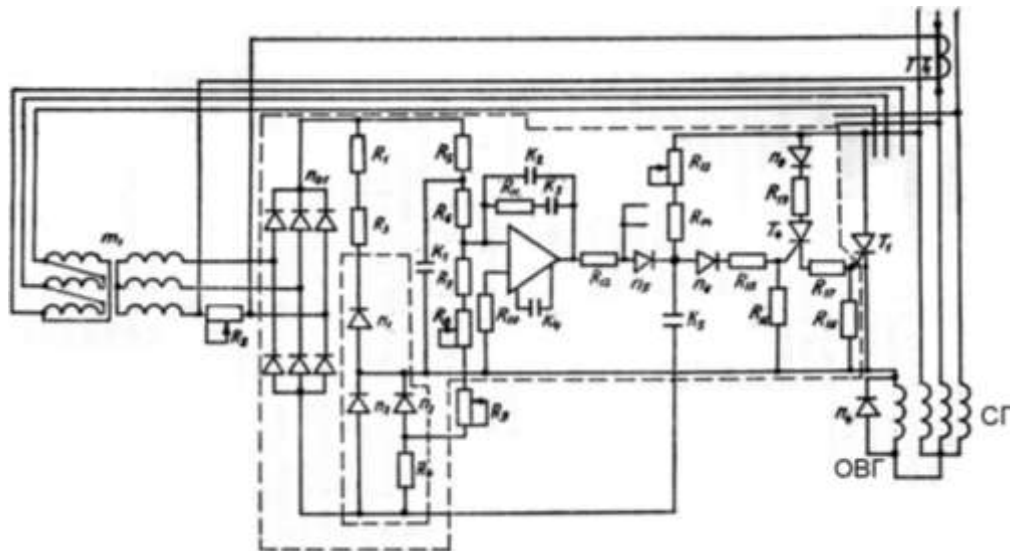


Рис. 4.11 – Принципова схема регулятора напруги типу SMUJ (фаза R)

5. 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.

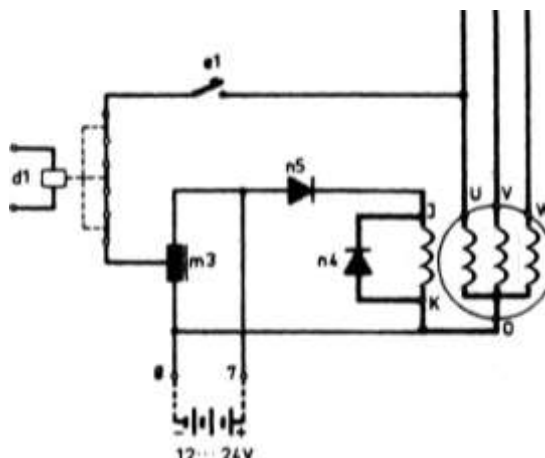


Рис. 4.12 – Ланцюг початкового збудження

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 .

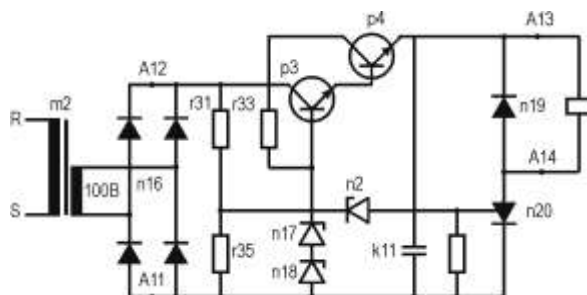


Рис 4.13 – Схема відключення початкового збудження

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.

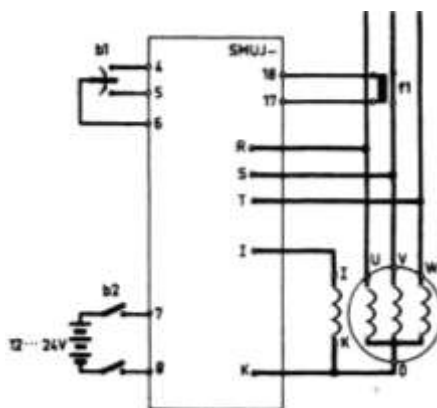


Рис. 4.14 – Схема підключення акумулятора початкового збудження до регулятора

6. 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.

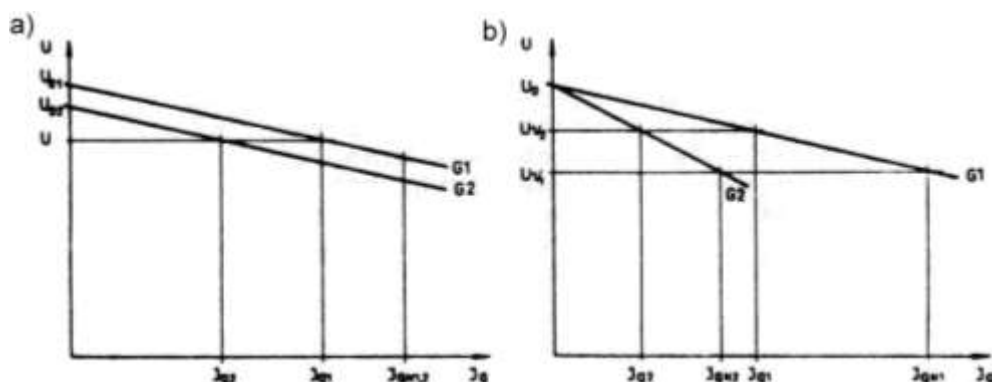


Рис. 4.15 – Розподіл реактивної потужності в залежності від навантажувальних характеристик генераторів і їх потужностей:
а - генератори однакової потужності; б - генератори різної потужності

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, кожен 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.

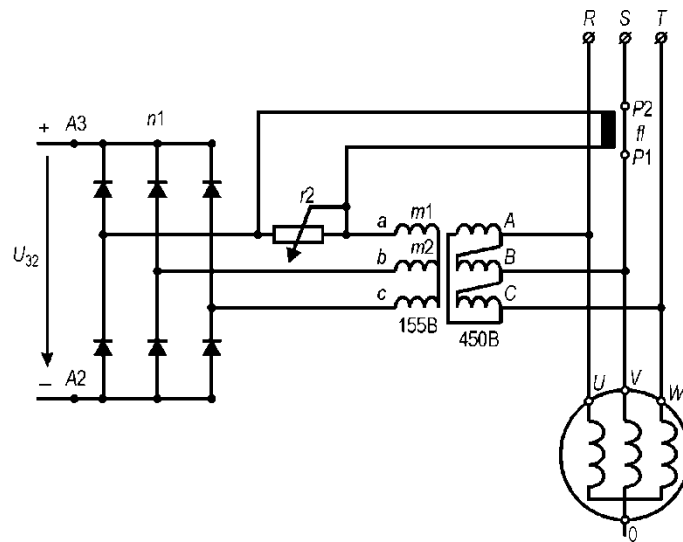


Рис. 4.16 – Схема струмової стабілізації регулятора типу SMUJ

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 n_1 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).

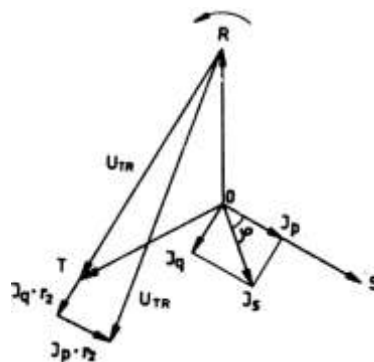


Рис. 4.17 – Векторне керування

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: μ_1 – коефіцієнт трансформації трансформатора f_1 (200/1 А – 2000/1 А);

I_{qs} – реактивний струм фази S;

R_s – уставка опоры 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 .

7. Захист від перенапруги

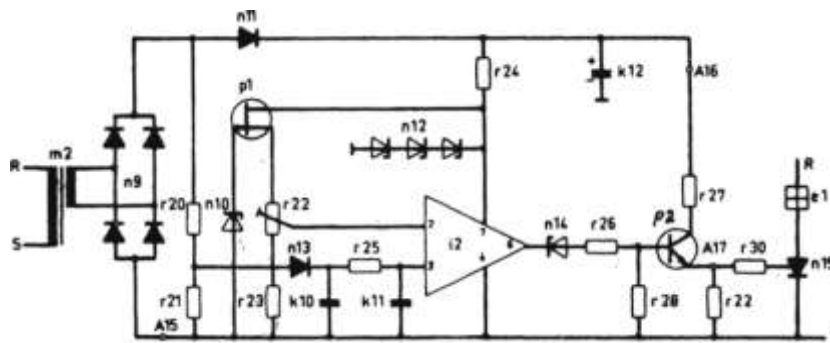


Рис. 4.18 – Схема захисту від перенапруги.

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 n_{12} , а напруга зворотного зв'язку - від випрямляча через дільник r_{20} , r_{21} . Напруга порівняння для підсилювача надходить по ланцюгу: польовий транзистор P_1 з каналом N - типу і стабілітрон n_{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 n_{14} , відкриваючи транзистор p_2 і сигнал надходить на керуючий електрод тиристора n_{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 .

8. Несправності та їх усунення

Перевірка тиристорів. Від'єднати керуючі електроди тиристорів n_2 і n_3 . Запустити генератор без навантаження і замкнути

захисні вимикачі e_1 . Якщо напруга статора підніметься до встановленого значення, але не перевищить його, то тиристор p_1 цілий. Аналогічно перевіряються і інші тиристори.

Перевірка тиристорного мосту. Якщо U_T нижче або вище норми, видалити перемичку 1–2 на клемній рейці регулятора і підключити між зажимами 1 і 3 шунтовий провід або опір 1 ... 3 кОм. Після цього напруга можна на час уставити на належне значення потенціометром r_7 на регулювальній карті. При необхідності замінити пошкоджені тиристори, а також регулювальну карту

Перевірка діодів. Для перевірки діодів можна користуватися звичайним універсальним вимірювальним приладом з діапазоном вимірювання опору 100 Ом. Опір діодів при вимірюванні універсальним вимірювальним приладом повинні бути не менше 50 Ом у відкритому стані і нескінченно великі в закритому. Якщо стрілка вимірювального приладу буде відхилятися, замінити діод новим.

Якщо *реактивні потужності генераторів відрізняються* один від одного, або, якщо вказані вимірювальними приладами на щиті струми навантаження різної величини, слід змінити напругу генератора 2 моторним потенціометром EVA до тих пір, поки реактивні потужністю не будуть приблизно рівні 0, тобто струми будуть однакової величини.

Якщо *реактивні потужності значно відрізняються* один від одного або «гойдаються», слід перевірити проводку ланцюгів струмової стабілізації (трансформатор струму f_1 і потенціометр r_2).

Якщо між показаннями вимірювальних приладів реактивної потужності існує невелика відмінність, змінити уставку потенціометра r_2 в регуляторі генератора 2 таким чином, щоб різниця зникла.

Якщо напруги несиметричні, то пошкоджені фазні провідники живлять трансформатор дійсного значення m_1 і допоміжної напруги m_2 – перевірити проводку і з'єднання.

При паралельній роботі генераторів розподіл реактивних потужностей нерівномірне. Перевірити дію тиристорного мосту. Замінити пошкоджені тиристори і при потребі також регулювальний блок запасним.

Якщо моторний потенціометр не робить ніякого впливу на напругу, замкнути його накоротко і тимчасово уставити напругу потенціометром r_7 . Для дистанційного регулювання можна

підключити до затискачів 1 і 3 клемної рейки регулятора потенціометр 1 ... 2 кОм після видалення перемички між зажимами 1 і 2.

9.Обслуговування.

Більшість компонентів регулятора - статичні і тому вони не вимагають особливого догляду. Однак рекомендуються такі заходи: затягувати все кріпильні і сполучні гвинти. Це слід виконати після 2 ... 3 місяців після початку експлуатації:

- накопичений в шафі пил та інші забруднення слід видаляти, користуючись пиłosосом і рідким складом CLEANER для електромеханічних апаратів;
- слід регулярно перевіряти дію реле d_1 і стан його контактів.

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 $\pm 10\%$ $U_{\text{пот}}$.

4.4 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 ОВВ завдяки тиристорі, проходячи через систему збудження. Схема, що представляє збудження, утворює замкнутий контур

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

G1 - синхронного генератора;

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

A1 - ТРН з силовим модулем;

З - блоку конденсаторів;

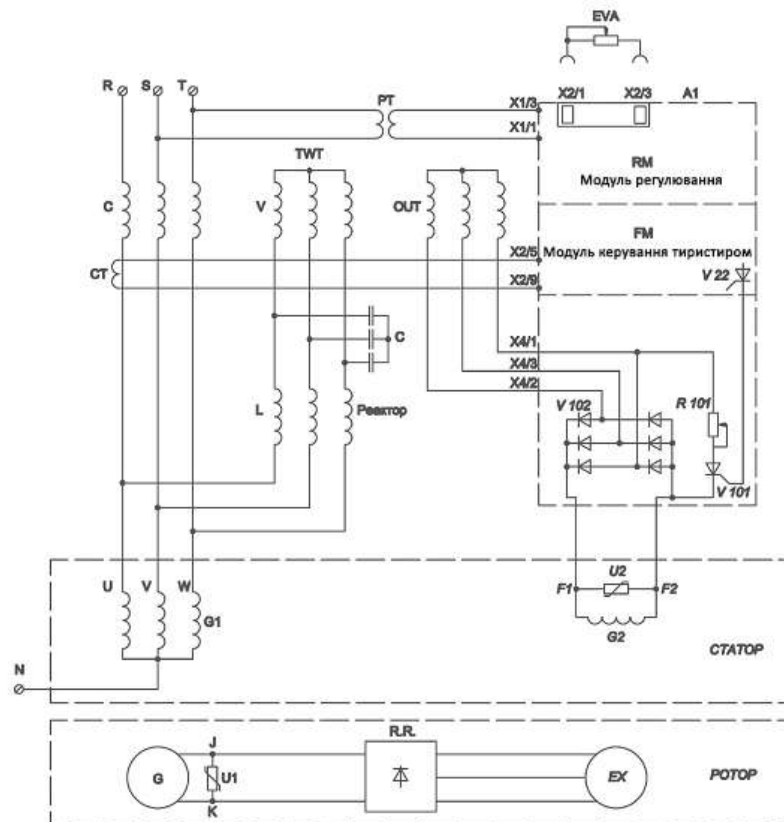


Рис. 4.19 – Принципова схема з'єднань системи збудження і регулювання THYRIPART

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

RR - обертового випрямляча (rotating rectifier);

TWT - триобмотного трансформатора;

EVA - зовнішнього реостата задання напруги генератора;

CT - вимірювального струмового трансформатора для вимірювання навантаження генератора;

V22 - головного тиристора;

V102 - силового модуля;

R101 - послідовного резистора;

V101 - допоміжного тиристора;

X1, X2, X4, X40 - контактних роз'ємів ТРН.

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

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

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

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

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

Модуль регулювання в свою чергу складається з:

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

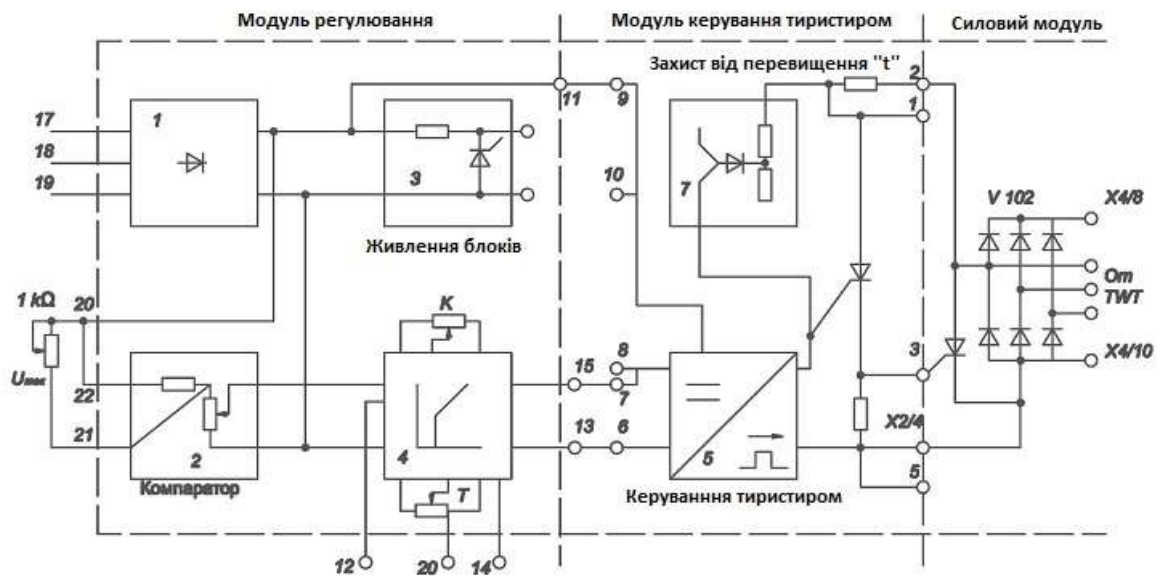


Рис. 4.20 – Блок-схема РН

Робота. Трифазну напругу генератора, що знімається з клем 17, 18 і 19, надходить на блок випрямлячів 1, випрямляється, згладжується і надходить на вхід компаратора 2 (клеми 20, 22). Цей вхідний сигнал являє собою величину, пропорційну поточному напрузі генератора - $U_{ТЕК}$. 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 пилоподібної 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 пилкоподібної напруги надходить на вхід підсилювача A

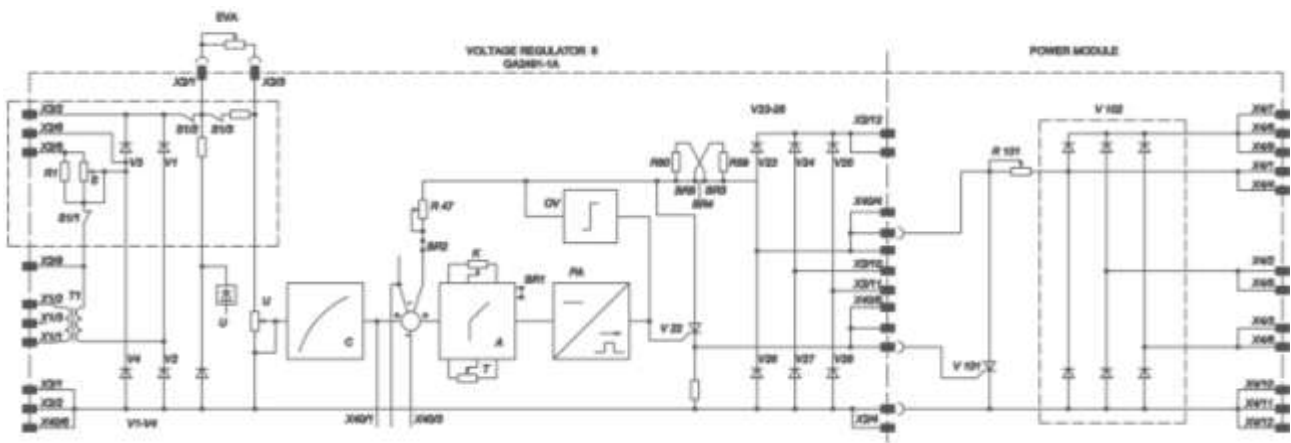


Рис. 4.20 – Тиристорний регулятор напруги

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

Обертаючи ручку К в напрямку зменшення чисел і ручку Т в напрямі збільшення чисел, стабілізуємо керуючу напругу і зменшуємо номінальне значення напруги генератора. Вихід з 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 supp.} надходить від високовольтного ланцюга або змінною частоти частотного модуля. Відношення між U_{ген} і U_{set supp.} приблизно наступне:

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

де R_{18} 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.

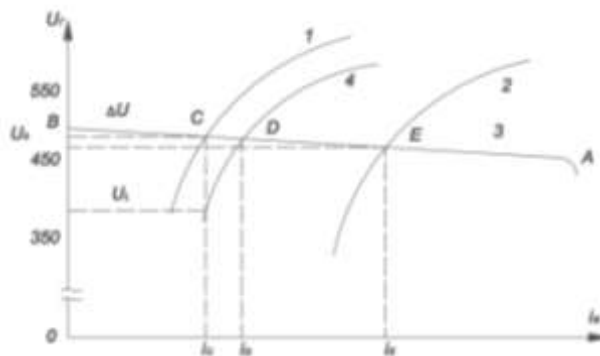


Рис. 4.21 – Зовнішні характеристики генератора і AVR

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%.

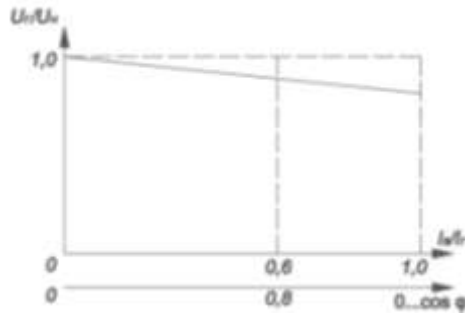


Рис. 4.22 – Діаграма визначення статизму регулятора напруги

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 С і Е. Припустимо, генератор працює в режимі холостого ходу. При цьому напруга генератора буде представлено як U_0 , а струм збудження - i_C . При збільшенні навантаження, зовнішня характеристика генератора буде зміщуватися по кривій АВ.

Припустимо, струм збудження не може збільшитися вище точки i_C , напруга генератора впаде до значення U_L . AVR, який контролює струм збудження, виявляє найменші зміни в напрузі генератора, викликані збільшенням навантаження, і збільшує струм збудження до позначки i_D , щоб отримати різницю з номінальною напругою, яка дорівнює нулю, підтримуючи вихідну напругу генератора в точці D.

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

Якщо крива АВ перпендикулярна до ординати напруги, ΔU досягає нуля і регулювання напруги не відбувається, так як в цьому немає необхідності. З іншого боку, чим менше кут кривої АВ з ординатою напруги, тим більше діапазон регулювання напруги. Криву, відповідну зовнішній характеристиці AVR також можна змінювати і вона буде мати інші кути нахилу з ординатою. Це можна здійснити за допомогою регулювальних потенціометрів ТРН. При різних навантаженнях регулювання ми будемо мати сімейство кривих, що відносяться до зовнішніх навантажень генератора. При цьому характер зміни струму збудження генератора буде пропорційним і розі навантаження.

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

Наведена схема дозволяє регулювати U_G 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 $\cos \varphi = 0,8$. 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.

Можливі несправності зведені в таблицю 4.1.

Таблиця 4.1. Можливі несправності і їх причини

Несправність	Причина
1. Переривання ланцюга збудження: $U_G < U_N$	Перевірити роз'єми X2, X6 та X7 на випрямлячі і реакторі
2. Переривання істинного значення вхідної напруги контролера: $U_G > 1,1 U_N$	Перевірити роз'єм X1 і кінці між V і W.
3. Перемикач АВ на платі: замкнута (EVA не працює); розімкнути ($U_G > 1,1 U_N$)	розімкнути АВ Замкнути АВ без регулювання EVA
4. Ланцюг паралельної роботи не діє (не пропорційна розподіл навантаження)	Відрегулювати за допомогою потенціометра S
5. Обрив або к. З. між ЦПР та Арн (не пропорційна розподіл активного навантаження)	Усунути к.з., перевірити СТ і роз'єм X2
6. Резистор R48 в ланцюзі зворотного зв'язку не відрегульований (коливання напруги генератора і струму)	відрегулювати R48

Таблиця 4.2. Обслуговування

Кожну добу	1. Перевірка роботи підшипників: -наявність мастила; -відсутність сторонніх шумів, вібрації, підвищених температур. 2. Перевірка електричних ланцюгів: -замер опору ізоляції щитовим мегомметром. 3. Перевірка параметрів генератора і мережі: -напруги, частоти, розподіл активної і реактивної потужностей.
Кожний місяць:	1. Перевірка опору ізоляції переносним мегомметром. Критичне значення опору ізоляції визначається за формулою: $0,1 \text{ UN} \cdot \text{kV} \cdot 0,5 \text{ МОм} / \text{кВ}.$ Для генераторів з напругою 440 В: $R_{I3.KP} = 0,22 \text{ МОм}$ Примітка: перед виміром опору ізоляції від'єднати дроти від ТРН. 2. Перевірка наявності вентиляції, чистка або заміна фільтрів.
Кожні 6 місяців	1. Заміна масла і промивка підшипників. 2. Частка генераторів, продування повітрям. 3. Перевірка електричних з'єднань, піджати, якщо необхідно. 4. Перевірка статичної збудника, всіх з'єднань, продування стисненим повітрям, чистка складом за допомогою пульверизатора..

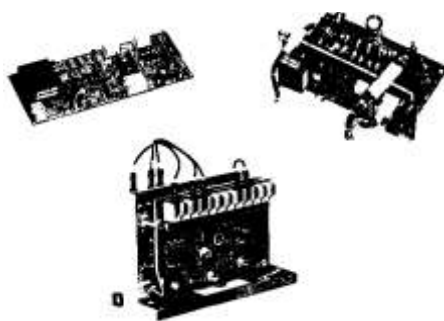


Рис. 4.24 – Друковані плати модулів і Арн в зборі

На рис. 4.24 представлені друковані плати модулів і Арн в зборі.

Контрольні питання

- Принцип дії системи збудження THYRIPART.
- Пристрій Арн.
- Принцип дії Арн.
- Можливі несправності системи збудження.
- Обслуговування системи збудження THYRIPART.

4.5 Система збудження і регулювання напруги синхронних генераторів типу BASLER ELECTRIC

Система збудження забезпечує виконання таких функцій:

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

Технічні дані:

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

використовувана потужність регулятора напруги - 120 (240) ВА

Склад.

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

G - синхронного генератора;

FG - обмотки збудження генератора;

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;

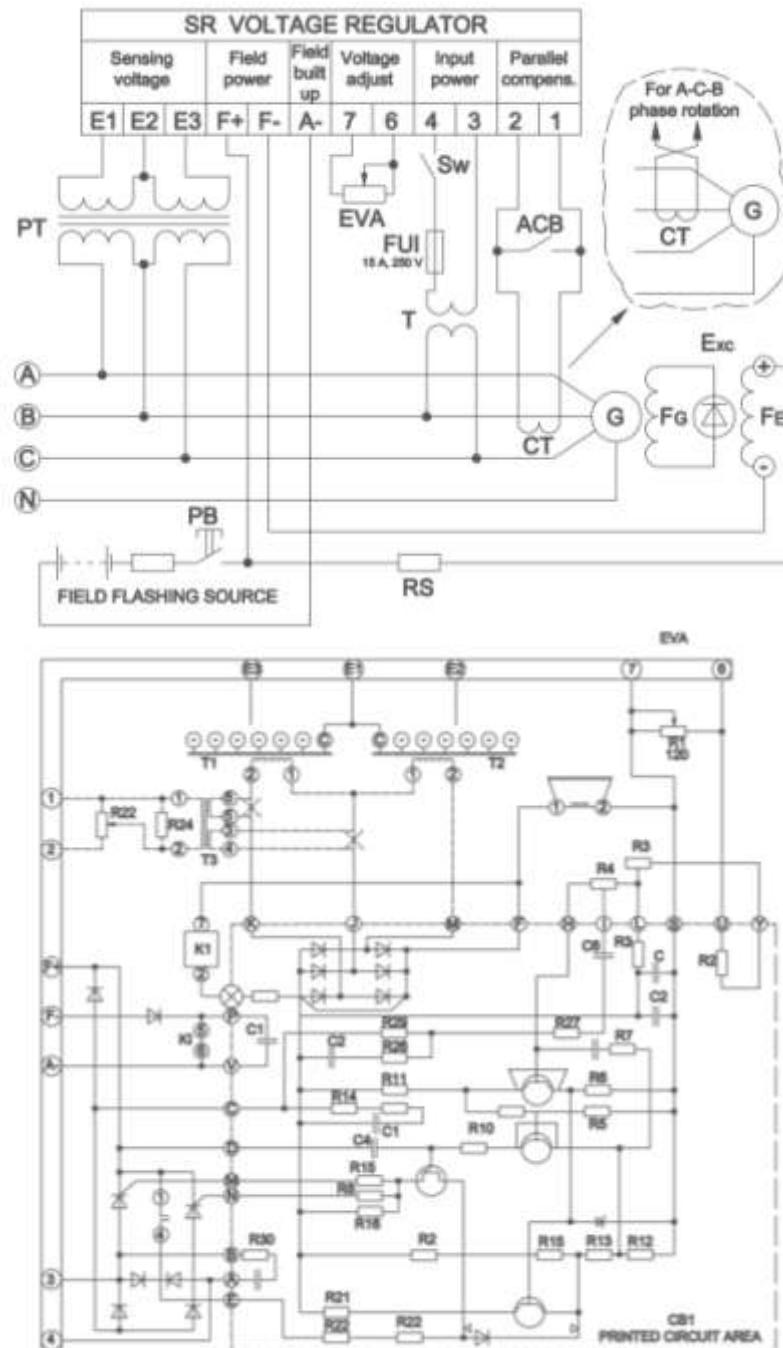


Рис. 4.25 – Схема з'єднань (а) і Арн (б) типу SR-4A, BASLER Electric

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 (Т1, Т2, CR1-CR6, С1, С2);
- ланцюга визначника (VR1, R1-R3, R5);
- ланцюга підсилювача (Q1-Q4);
- ланцюга стабілізації (С6, С7, 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 С1, С2 і дросельного фільтра L1 призначена для вимірювання, випрямлення, згладжування і фільтрації зниженого напруги генератора $U_{г}$. Це випрямлена напруга надходить в ланцюг визначника.

Ланцюг визначника складається з діода Зенера VR1, подільника напруги на резисторах R1, R2, R3 і R5. Постійна напруга, пропорційне U_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 С4, який знаходиться в емітерний ланцюг одноперехідного транзистора Q3, забезпечуючи кут відкриття тиристорів в силовому ланцюзі.

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

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

Ланцюг стабілізації складається з конденсаторів C6 і C7, постійних резисторів R27 ÷ R29 і підлаштування резистора R4. Ланцюг реле K1 забезпечує початкове збудження генератора від залишкового магнетизму, завдяки нормально-замкнутим контактам реле K1 і діодів CR13 ÷ CR16, тим самим забезпечуючи випрямлення залишкової напруги і подальше початкове збудження генератора. Система забезпечує самозбудження синхронного генератора від залишкової напруги за допомогою реле K1. При значенні напруги генератора більш $0,8U_n$ 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 падіння збудження шляхом підтримки постійної напруги РН у всіх режимах його роботи.

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

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

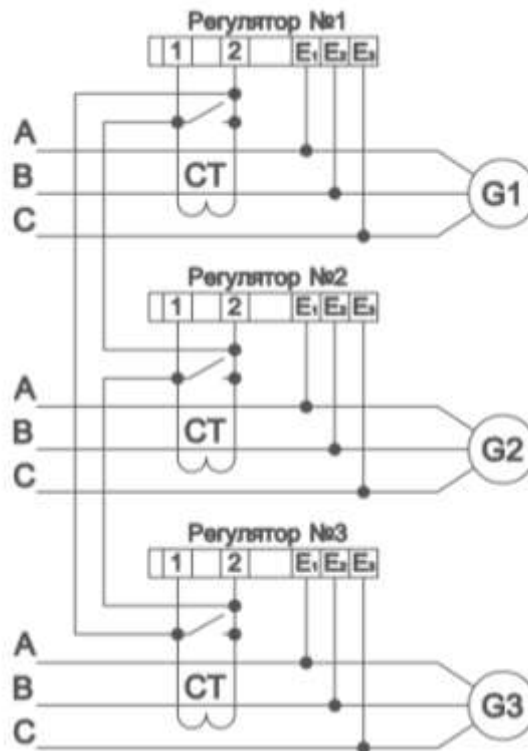


Рис. 4.27 – Ланцюг паралельної роботи

Компенсаційно-струмові обмотки всіх генераторів з'єднані в паралель і зашунтовані нормально-замкнутими контактами генераторів. При паралельній роботі генераторів нормально-замкнуті контакти АСВ розмикаються і струмові обмотки компенсаційних трансформаторів включаються паралельно, регулюючи при цьому реактивні струми.

У разі, якщо контакти АСВ, шунтуючі струмові обмотки, що не розмикаються, при включенні АСВ, регулювання реактивної потужності проводитися не буде. При цьому, якщо підвищується навантаження, напруга генератора буде падати, що може привести до виходу його з синхронізму і відключення.

Трансформатор струму встановлений в одній з фаз кожного генератора і виробляє сигнал, пропорційний струму навантаження генератора. Цей сигнал проходить через резистор R25, від якого живиться первинна обмотка трансформатора струму ТЗ. Вторинна обмотка трансформатора ТЗ пов'язана послідовно з вторинною обмоткою трансформатора Т1 і випрямним мостом, розташованим на друкованій платі. Змінна напруга надходить на випрямний міст у вигляді векторної суми напруг з клем Е1 і Е3 і трансформатора струму СТ, що живиться через трансформатор ТЗ (клеми 1 і 2).

Напруга, що надходить до випрямного мосту з трансформатора струму СТ, невелике. Напруги регулятора (клеми E1 і E3) і компенсаційної обмотки (клеми 1 і 2) повинні бути пов'язані так, щоб напруга генератора була правильної полярності і фази.

Коли генератор навантажується активним навантаженням, напруга на R25 (і обмотка T3) зміщена від вимірної напруги на 90° і сумарний вектор напружень приблизно дорівнює встановленому значенню вимірюваної напруги.

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

Якщо генератор навантажений ємнісний навантаженням, то напруга на резисторі R25 відстає від напруги в вимірювальній ланцюга і сума цих напруг (невелике значення напруги) живить випрямний міст. Тоді регулятор протидіє збільшенню напруги генератора.

Коли генератори працюють в паралелі, і збудження одного з генераторів надмірне, то з'являється зрівняльний струм, до одного генератору - 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.

У суднових умовах проводиться тільки заміна несправних блоків, якщо це необхідно.

Можливі несправності системи збудження зведені в таблицю 4.3.

Таблиця 4.3. Можливі несправності системи збудження

Симптом	Причина	Усунення
Напруга не досягає номінального значення	– Низький рівень залишкового магнетизму або залишковий магнетизм, неправильна полярність між напругою збудника і струму до обмотки напругою обмотки збудження генератора. – Напругу не подано, контакт розімкнений. – Первинний двигун не досяг номінальної швидкості. – Відсутність або неправильне значення напруги на клеммах 3 та 4. – Обрив ланцюга між F₊, F₋, A- – Вихід генератора закорочен або важко навантажений – R1 підключений неправильно – Дефектний регулятор – Дефектний або неправильно вмонтований збудник	Відновити Залишковий магнетизм, підключивши джерело збудження F + і F- замкнути контакт відрегулювати швидкість перевірити монтаж перевірити монтаж Зняти навантаження або перемичку Перевірити монтаж Перевірити тиристорний міст, плату, діоди, реле або поміняти регулятор Перевірити збудник або з'єднання

Напруга зростає до тих пір, поки реле працює, після напруга падає	Обрив в ланцюзі реостата R1 або пов'язаної з ним ланцюга Клеми 3 і 4 знеструмлені (тільки для збудників зі щітками) Не подається керуючий імпульс на тиристори SCR11 і SCR12 несправні	Відремонтувати зобриви або замінити реостат Перевірити монтаж замінити плату Замінити несправні тиристори
Велике напруження не регулюється регулювальним опором	Немає напруги на клеммах E1, E2 і E3. Тумблер в положенні «Ручне» Зовнішня ланцюг реостата заморочена. Вимірювальний трансформатор неправильно налаштований Несправність реле (K1) Несправність плати несправність тиристорів	перевірити монтаж Переставити в положення «Автоматичне» Перевірити монтаж Перевірити номер моделі регулятора замінити реле Замінити регулятор замінити тиристори або регулятор
Висока напруга, контрольоване регулювальним опором	Вимірювальний трансформатор налаштований не вірно Регульований діапазон напруг налаштований занадто високо Низьке лінійна напруга Неправильне з'єднання чутливого виведення до генератора неточний вольтметр	Перевірити номер моделі регулятора Відрегулювати збільшити опір перевірити монтаж Перевірити працездатність або замінити

Низька напруга, контрольоване регульованим опором	R3 налаштований на низький рівень Первинний двигун не досяг номінальної швидкості Неправильне з'єднання	відрегулювати збільшити швидкість
Погане регулювання	Збудження генератора і збудника при повному навантаженні в надлишку через максимальної вихідної потужності регулятора	Якщо регулятор виходить за задану межу регулювання необхідно радитися з компанією-виробником
	Напруга на клеммах 3 та 4 регулятора занадто низька при номінальній напрузі генератора Вихідний вольтметр підключений не в тому місці (падіння напруги в проводах або неправильне підключення фаз)	Вхідний напруги харчування повинно бути 120 В для SR4, 208 В або 240 В для SR8 Підключити вольтметр так само, як чутливий елемент регулятора

	Спотворення форми сигналу через коефіцієнти гармонік в напрузі генератора. (Регулятор вимірює середню напругу, а прилад може показувати середньоквадратичне значення) Блок паралелі включений в положення PARALLEL Блок паралелі несправний Незбалансована навантаження в 3-х фазах Первинний двигун не досяг номінальної швидкості Несправність генераторі або збудника Несправність плати несправність тиристорів або діодів	(Проконсультуватися з виробником) Поставити акумулятор в положення UNIT, при паралельній роботі в положення PARALLEL. (Клеми 1 та 2 перемкнути) замінити блок Середня величина напруги в трьох фазах Вивести на номінальні обороти перевірити роботу Замінити регулятор замінити несправні елементи
Нестабільність напруги	Нестабільність частоти Напруга коливається в точці, де K1 заряджається або розряджається R4 неправильно відрегульовано Несправність генераторі або збудника Несправність плати або тиристорів	Подивитися керівництво по регулятору Дивитися симптоми такі як при "Напруга зростає поки реле працює, після напруга падає" відрегулювати Перевірити генератор або збудник замінити регулятор

При зміні навантаження повільне відновлення напруги	R4 неправильно відрегульовано Погане вплив регулятора Невідповідна стабілізаційна мережу	Відрегулювати Неправильне використання регулятора Перевірити номер моделі
	Повільна реакція первинного двигуна	Подивитися керівництво по регулятору
При паралельній роботі генератори не	Неправильне налаштування чутливості регулятора	Звернутися до виробника
Між паралельно працюючими генераторами при падінні навантаження вона не вирівнюється	Разрегулювання R25	Відрегулювати R25
генератори працюють паралельно і при завантаженні не ділять реактивне навантаження між собою	Клеми 1 і 2 регулятора шунтовані включенням UNIT - PARALLEL Низько налаштована падаюча характеристика	Поставити тумблер в положення PARALLEL Відрегулювати, впливаючи на R25
	Паралельний трансформатор струму не має як слід вторинну ланцюг (3-5 А)	Замінити трансформатор

Контрольні питання

Принцип дії системи збудження Basler.

Пристрій Арн.

Принцип дії Арн.

Можливі несправності системи збудження.

Обслуговування системи збудження Basler.

4.6 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 $\pm 1\% \text{ UN}$;
- 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 заспокійлива 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 $\cos \varphi$ 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.

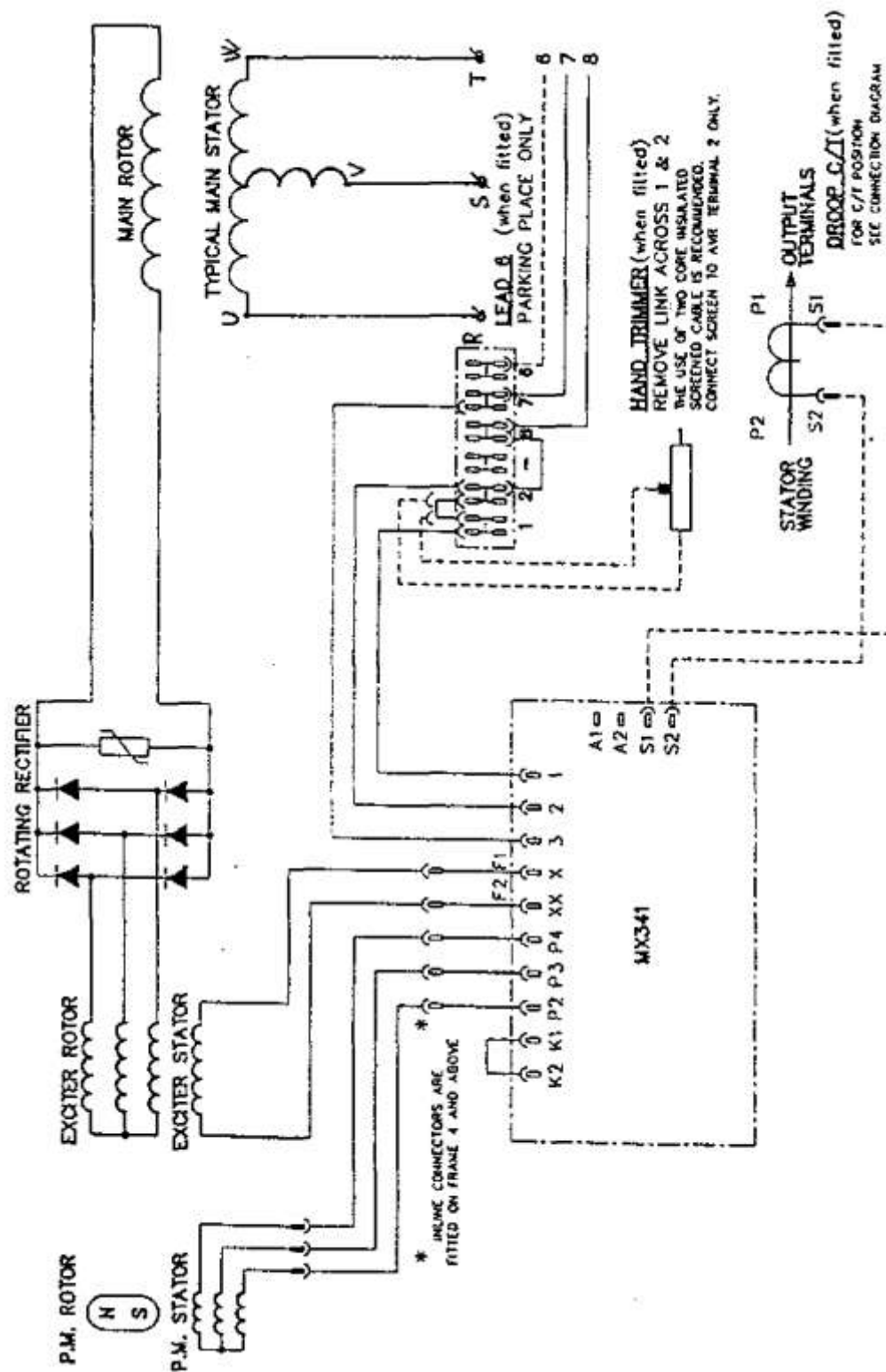
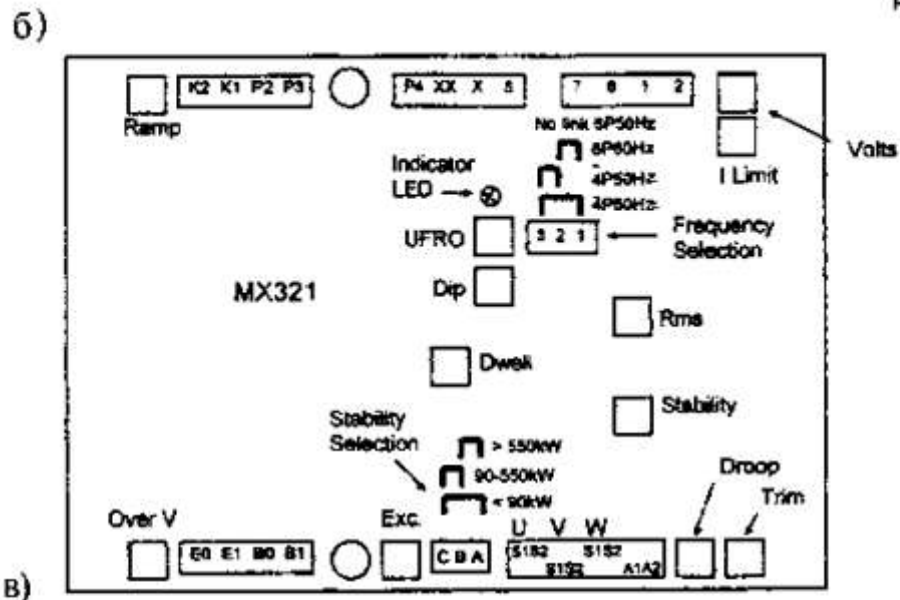
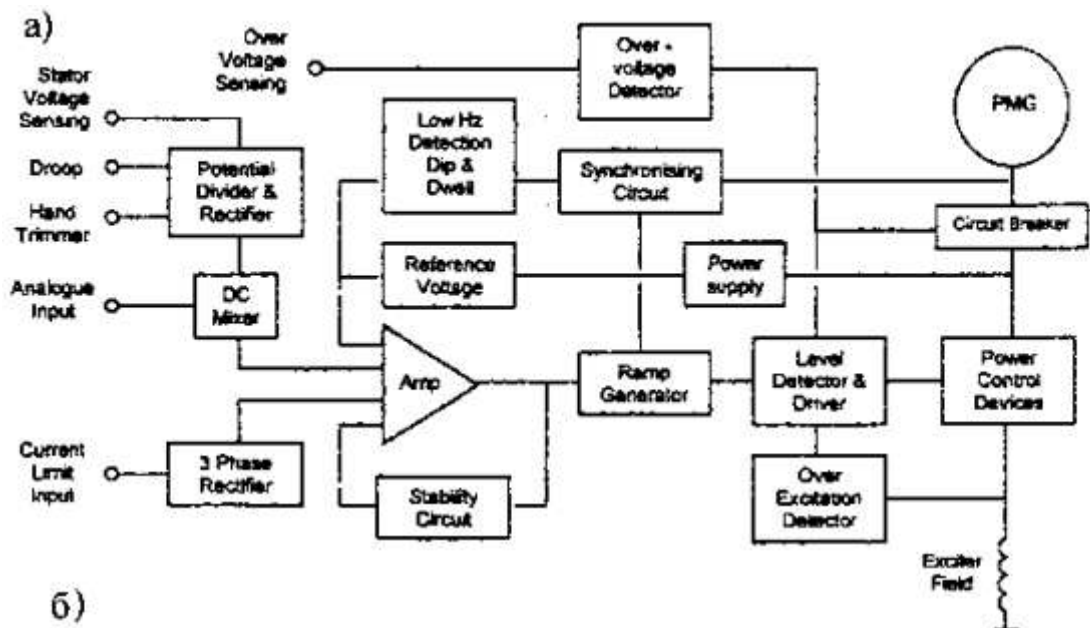


Рис. 4.28 – Схема з'єднань системи збудження і автоматичного регулювання напруги STAMFO



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
DWELL	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 - EXCTIP;

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 АСВ 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 закоротити, 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 $0 \div 300$ В змінного струму між фазою і нейтраллю генератора;
- запустити генератор без навантаження з частотою $60 \div 63$ 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 регулювальній панелі Арн або відрегулювати «I / LIMIT» уставкой.

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)

Таблиця 4.4. Несправності та способи їх усунення

Симптоми	Засоби усунення
1. Немає напруги після пуску генератора.	1. Перевірити K1 - K2 2. Перевірити напругу на P2 - P4 – 50 Гц 170 - 180 В - 60 Гц 200 - 216 В 3. Перевірити PMG 4. Приєднати акумуляторну батарею 5. Перевірити напругу 6 - 8 AVR 6. Перевірити силові діоди
2. $U_{ген}$ нестабільно	1. Відрегулювати уставку «STABILITY» 2. Перевірити частоту обертання ДГ
3. Низьке $U_{ген}$ під навантаженням	1. Перевірити частоту обертання ДГ 2. Відрегулювати уставку «UFRO»
4. Підвищені $U_{ген}$ і частота обертання підрегулювання приводного двигуна навантаженням	1. Перевірити частоту обертання і 2. Відрегулювати уставку «UFRO»
5. Повільне відновлення $U_{ген}$ при включенні навантаження	1. Перевірити частоту обертання і регулювання приводного двигуна 2. Перевірити уставку «Dwell»

Якщо жоден із способів не дав результатів, слід перевірити повітряні зазори у всіх трансформаторів.

Контрольні питання

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

4.7 Системи прямого компаундування синхронних генераторів

У системах прямого компаундування регулює сигнал від компаундуючого пристрою або від коректора напруги подається безпосередньо на обмотку збудження самовозбуджену синхронних генераторів.

Відсутність окремої машини постійного струму - збудника в цих системах підвищило їх швидкодію і надійність.

Принцип дії самозбуджених синхронних генераторів, як і самозбуджених генераторів постійного струму, заснований на користуванні залишкового намагнічування. Однак труднощі здійснення самозбудження синхронних генераторів полягає в тому, що струм статора, перш ніж направити його в обмотку збудження ротора, необхідно випрямити.

Відомо, що опір випрямних пристроїв змінюється по нелінійному закону в залежності від що проходить по ній струму. При малих значеннях струму воно різко збільшується. Крім того, наявність в ланцюзі збудження різних нелінійних електромагнітних елементів і контактного опору щіток призводить до того, що опір ланцюга збудження стає більше критичного і початковий процес самозбудження під дією напруги, індукційного за рахунок залишкового магнітного поля, не може виникнути. Тому компаундуючі пристрої в системах прямого компаундування повинні не тільки підтримувати напругу на заданому рівні, а й забезпечувати початковий процес самозбудження, коли струм навантаження відсутній, а напруга генератора становить 2 - 5% від номінального.

На рис. 4.30 зображені характеристики холостого ходу

генератора $e_g = f(I_B)$ і вольт-амперна характеристика ланцюга збудження $U_{ц.в.} = f(I_B)$. При побудові характеристики $e_g = f(I_B)$ нелінійна початкова ділянка апроксимувати прямою лінією. При такому розташуванні характеристик генератор самозбудиться. Звідси можна зробити висновок, що для самозбудження необхідно, щоб $\operatorname{tg} \alpha > \operatorname{tg} \beta$, де α - кут нахилу прямолінійної ділянки характеристики холостого ходу; β - кут нахилу дотичній до вольт-амперної характеристики, проведеної через точку ЕГ (е.р.с. від залишкового намагнічування).

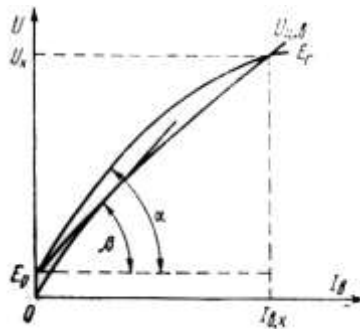


Рис. 4.30 – Характеристики холостого ходу генератора ЕГ і вольт-амперна характеристика ланцюга збудження $U_{ц.в.}$

При опорі ланцюга збудження більше критичного $\operatorname{tg} \beta$ буде більше $\operatorname{tg} \alpha$, тобто вольт-амперна характеристика буде розташовуватися вище характеристики $e_g = f(I_B)$. Тому для надійного самозбудження необхідно підняти характеристику холостого ходу, щоб збільшилася е.р.с. від залишкового намагнічування E_0 або опустити вольт-амперну характеристику.

Для збільшення залишкового намагнічування, тобто для підняття характеристики $e_g = f(I_B)$, частина муздрамтеатру машини виготовляють з намагнічених матеріалів або роблять вставки в полюсах ротора з постійних магнітів. Оскільки цей спосіб пов'язаний з конструктивними змінами машини, він не завжди бажаний. Найчастіше приймається другий варіант-варіант зниження або усунення вправо вольт-амперної характеристики ланцюга збудження. Для цього можуть бути використані такі способи:

а) застосування джерел постійного або змінного струму. Джерело постійного струму короткочасно підключають безпосередньо на обмотку збудження генератора, а джерело змінного струму - на регулятор напруги. Вольт-амперна

характеристика при цьому знижується і зміщується вправо;

б) короткочасне коротке замикання з ланцюга статора генератора;

в) введення в систему компаундування резонансних контурів;

г) використання конденсаторів в якості компаундуючих опорів.

В даний час є велика кількість різних модифікацій схем прямого компаундування.

На рис. 4.31 наведена схема фазового компаундування з трьохобмотковим трансформатором, розроблена ЛЕТІ. Струміві обмотки ω_1 і обмотки напруги ω_2 трансформатора є первинними, а обмотки ω_3 - вторинними. Конденсатори 3 служать для забезпечення кута зсуву між напругою і струмом в обмотках ω_2 на кут, близький до 90° (виконують роль компаундіруючого опорів). Крім того, спільно з обмотками ω_2 конденсатори утворюють резонансний контур, що забезпечує надійне самозбудження при залишковому напрузі 1-2%.

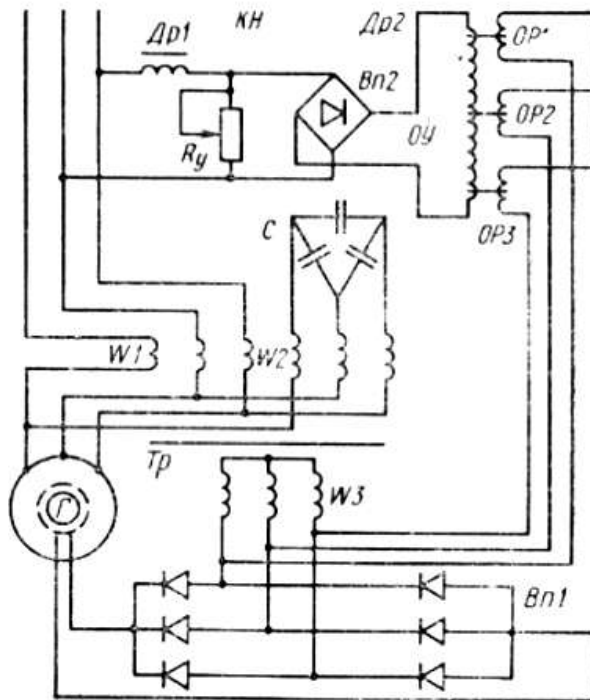


Рис. 4.31 Схема фазового компаундування з трьохобмотковим трансформатором, розроблена ЛЕТІ

Сила, що намагнічує, створювана обмотками ω_1 , буде пропорційна току навантаження генератора, а сила, що намагнічує

обмотки ω_2 - напрузі генератора. Підсумовування намагнічують сил обмоток ω_1 і ω_2 буде здійснюватися аналогічно електричному підсумовуванню при паралельному з'єднанні вторинних обмоток трансформаторів струму і напруги. Відмінність полягає в тому, що в даній схемі в якості компаундуного опору використовуються конденсатори. Принципово для системи фазового компаундування немає різниці, що буде включено в якості компаундуного опору: ємність або дросель. При використанні дросель необхідно тільки передбачити додатковий пристрій, що забезпечує самозбудження.

Таким чином, значення напруги вторинних обмоток ω_3 буде залежати як від струму навантаження, так і від коефіцієнта потужності. При збільшенні струму навантаження і зменшення коефіцієнта потужності напруга на обмотках ω_3 , а отже, і струм збудження генератора будуть зростати.

Резонансний контур налаштовується таким чином, що при частоті струму близько 80% номінальної, внаслідок резонансу, ток в обмотках ω_2 , незважаючи на те, що до них докладено невелика напруга за рахунок залишкового поля, буде значним, і напруга на обмотках ω_3 стане достатньою для здійснення самозбудження.

Коректор напруги КН складається з керованих дроселів Др2, Др1 і випрямляча Вп2. Робочі обмотки керованого дроселя ОР1, ОР2 і ГР3 включені на вихід вторинних обмоток компаундуного трансформатора, паралельно випрямителю Вп1. Таким чином, струм, що виходить з обмоток ω_3 , розгалужуватиметься. Одна частина через випрямляч Вп1 йде на обмотку збудження генератора, інша - на робочі обмотки дроселя. Значення струму, що надходить в дросель, буде залежати від опору робочих обмоток, яке, в свою чергу, визначається струмом в обмотці управління ОУ.

У керованому дроселі ДР1 струм змінюється по нелінійному закону. Дросель розраховується таким чином, що при невеликому відхиленні напруги мережі від номінального струм і опір його змінюються в значних межах.

При збільшенні напруги генератора збільшиться струм, що протікає по обмотці управління ОУ. Опір робочих обмоток ОР1-ГР3 зменшиться, отже, струм, відгалужується в дросель Др2 від обмотки ω_3 збільшиться. При цьому зменшиться струм в обмотці збудження генератора, що призведе до зменшення напруги. При зменшенні напруги мережі збільшиться опір робочих обмоток дроселя Др2, і відгалужується в дросель струм зменшиться. Струм

збудження збільшиться, і напруга відновиться.

Розглянута система фазового компаундування з коректором напруги забезпечує точність регулювання $\pm (0,5-1)\%$ при змінах навантаження від 0 до $1,25I_n$ і коефіцієнта потужності в межах 0,2-1.

У тих випадках, коли не потрібна висока точність регулювання, фазове компаундування пристрій ЛЕТІ можна використовувати і без коректора напруги, але точність регулювання при тих же змінах навантаження буде дорівнювати $\pm (3 - 5)\%$. Зменшення точності регулювання компенсується значним зменшенням маси, габаритів і вартості регулятора за рахунок виключення коректора напруги, а також за рахунок зниження потужності триобмоткового трансформатора і конденсаторів, так як енергія трансформатора в даному випадку необхідна тільки для збудження генератора.

На рис. 13 показана схема самозбудження і фазового компаундування генераторів фірми Сіменс. Система застосовується без коректора напруги і забезпечує точність регулювання $\pm 4\%$ при зміні навантаження від 0 до номінальної і $\cos\varphi 0,7 - 1$.

Фазовий компаундуючий пристрій аналогічний тільки що розглянутої системі. Відмінність полягає в тому, що в якості компаундуючого опору використовується тільки дросель Др. Крім того, для забезпечення самозбудження додатково встановлені конденсатори С.

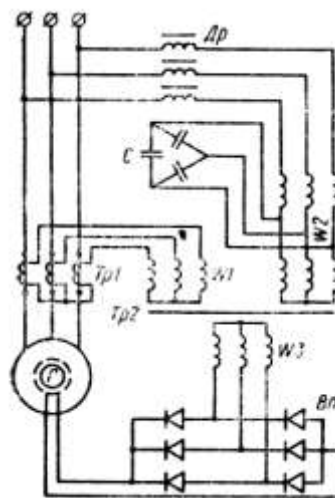


Рис. 4.32 – Схема самозбудження і фазового компаундування фірми Сіменс

4.8 Схема системи токового компаундування із застосуванням керованих діодів в ланцюзі коректора напруги.

На рис. 4.33 приведена схема системи, в якій обмотка збудження синхронного генератора G отримує живлення від ланцюга статора через два силових трансформатора, трансформатор напруги $TV1$ з напівкерованих випрямним блоком $VD1$ і трансформатор струму TA з некерованим випрямним блоком $TV2$. При такій схемі живлення ланцюга збудження генератора режим холостого ходу забезпечується струмом збудження, що надходять від трансформатора напруги $TV1$ через випрямний блок $VD1$. при зростанні навантаження до цього току добався струм, що надходить через випрямний блок $VD2$ від трансформатора TA . Генератор отримує збудження, ступінь форсування якого визначається форсіровочною здатністю трансформатора струму.

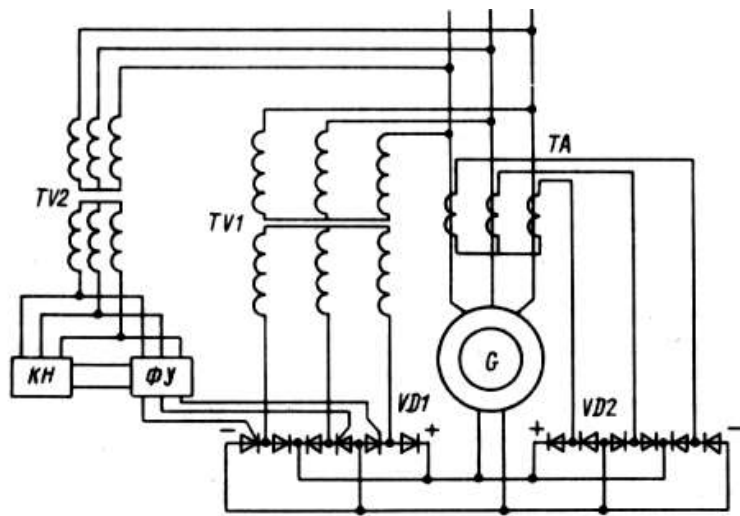


Рис. 4.33

Стабілізація напруги синхронного генератора при різних режимах роботи, так само як і в попередній схемі (див. Рис. 2.10), забезпечується регулюванням струму напівкерованного блоку за допомогою коректора напруги KH і фазорушійного пристрої FY , які отримують живлення від трансформатора $TV2$.

4.9 Схема системи амплітудно-фазового компаундування з застосуванням керованих діодів в ланцюзі коректора напруги.

На рис. 4.34. приведена одна зі схем системи амплітудно-фазового компаундування синхронного генератора G із застосуванням тиристорів як регулюючий елемент коректора напруги $КН$, шунтуючого ланцюга збудження генератора. Тут замість дроселя відбору використовується блок тиристорів VS , мають менші масогабаритні показники і більшу швидкодію. До складу системи амплітудно-фазового компаундування крім зазначених елементів входять трансформатор компаундування TVA , резистори R і випрямляч VD . Розробка тиристора на більш високі напруги і струми дозволить створити досконаліші системи регулювання напруги синхронних генераторів суднових електроенергетичних установок, що володіють рядом позитивних властивостей для побудови комплексних систем автоматизації.

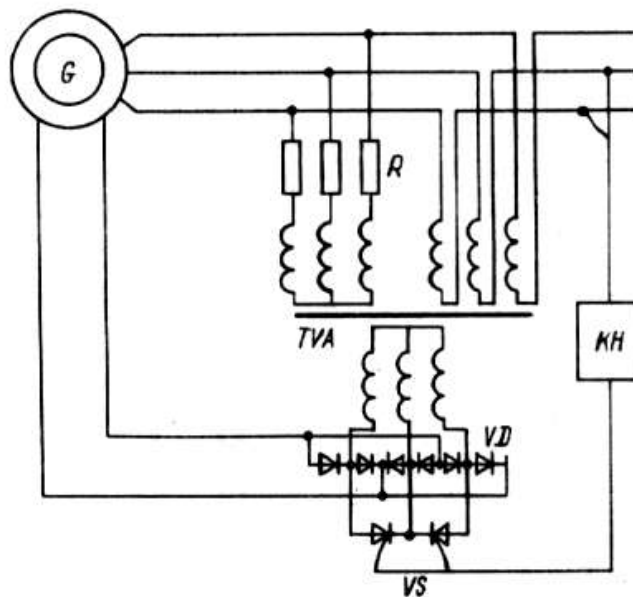


Рис.15

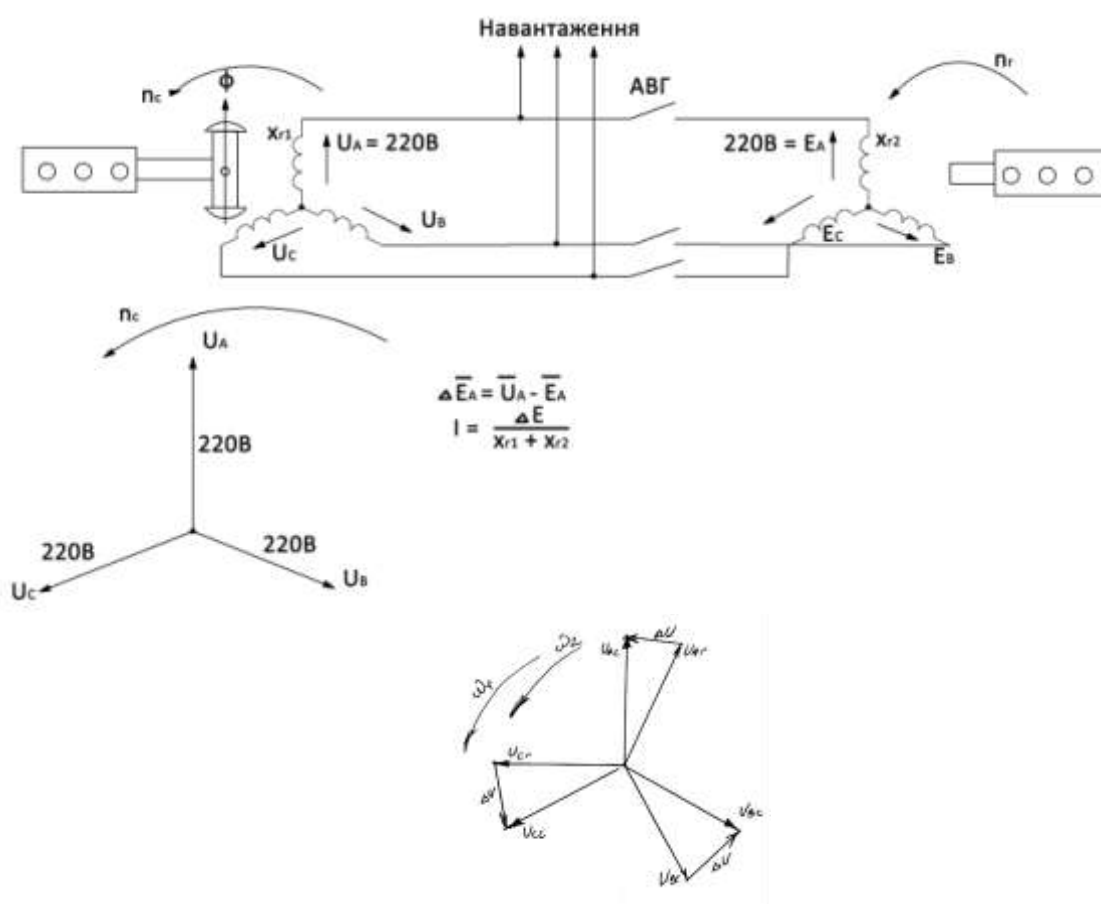
5. ВКЛЮЧЕННЯ ГЕНЕРАТОРНИХ АГРЕГАТІВ НА ПАРАЛЕЛЬНУ РОБОТУ

Переваги паралельної роботи генераторів

Результуюча $\Delta U = U_{\text{ланцюга}} - U_{\text{ГЕНЕРАТОРА}}$

$$I = \frac{\Delta U}{X_{Г1} + X_{Г2}}$$

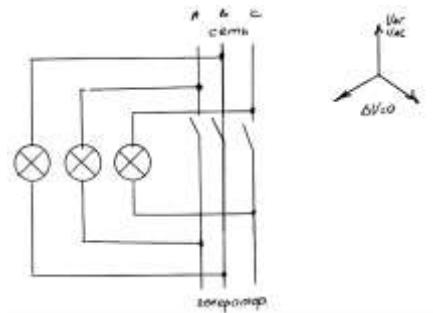
Зробити ΔU мінімальним щоб ударний струм був мінімальним



5.1 Ручна точна синхронізація

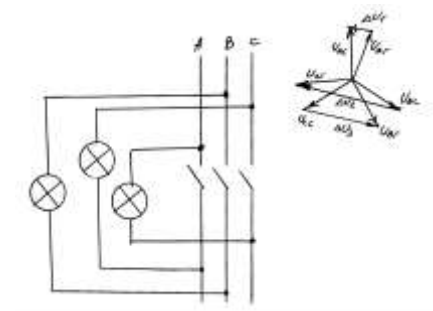
1) включити приводний двигун (см.ДВС); 2) довести швидкість обертання до номінальної; 3) вирівняти напругу підключається до генератора і мережі; 4) добиваємося рівності частот, впливаючи на затягування пружини регулятора швидкості первинного двигуна; 5) добиваємося син фазності роботи впливаючи на затягування пружини регулятора швидкості первинного двигуна. контролюємо за допомогою синхроскопа.

Синхроскопи. 1. Ламповий синхроскоп. Лампи можуть бути включені по схемам: на потухання вогню і на обертання вогню.

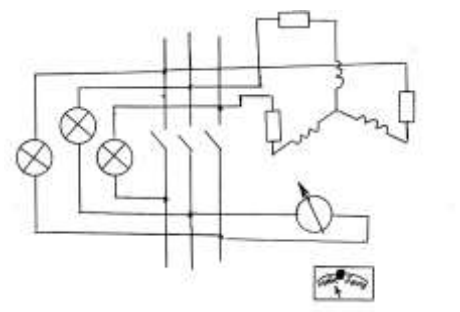


При напрузі менше 30% від номінального лампочки не горять.

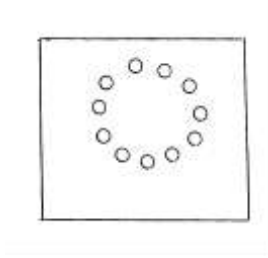
1. На обертання вогню



2. Стрілочний або електромагнітний

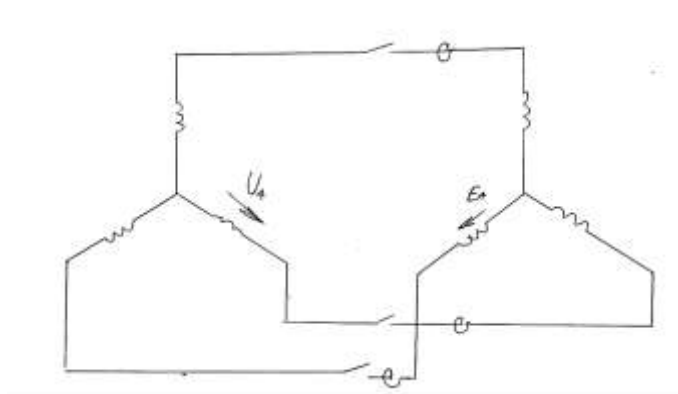


3. Електронний. Два зелених світлодіода, інші червоні.



5.2 Ручна груба синхронізація

Застосовується як резервний або аварійний спосіб синхронізації, якщо аварійна несправна, а точну можна включити, а також на тих судах де передбачений штатний спосіб. При грубої синхронізації свідомо йдуть на великий пусковий струм. В ході синхронізації домагаються двох перших умов після чого генератор включають на паралельну роботу.



- 1) $U_c = U_r$
- 2) $f_{\text{генератора}} = f_{\text{мережі}}$
- 3) на паралельну роботу при цьому виникає струм

$$I = \frac{U_c - E_r}{X_{r1} + X_{r2}}$$

Величина X_r розраховується виходячи з найгірших умов синхронізації

$$I = \frac{440}{X_{r1} + X_{r2} + X_p}$$

Опір реактора розраховується так щоб кидок струму при найгірших умов, $\Delta\phi = 20\%$. Після включення генераторів на паралельну роботу протягом 3-5 сек відбувається коливання ротора

в синхронних машинах, після чого машини втягуються в синхронізм.

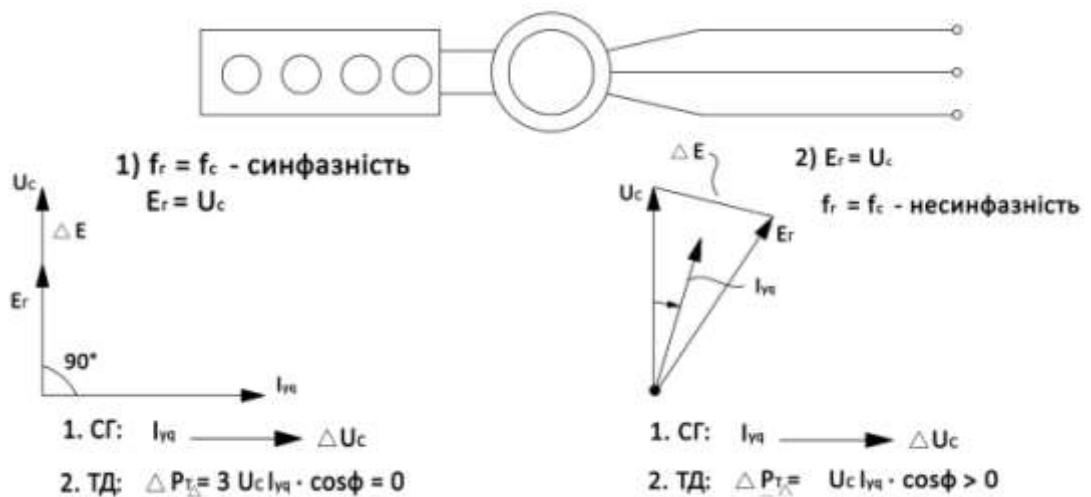
5.3 Автоматична синхронізація

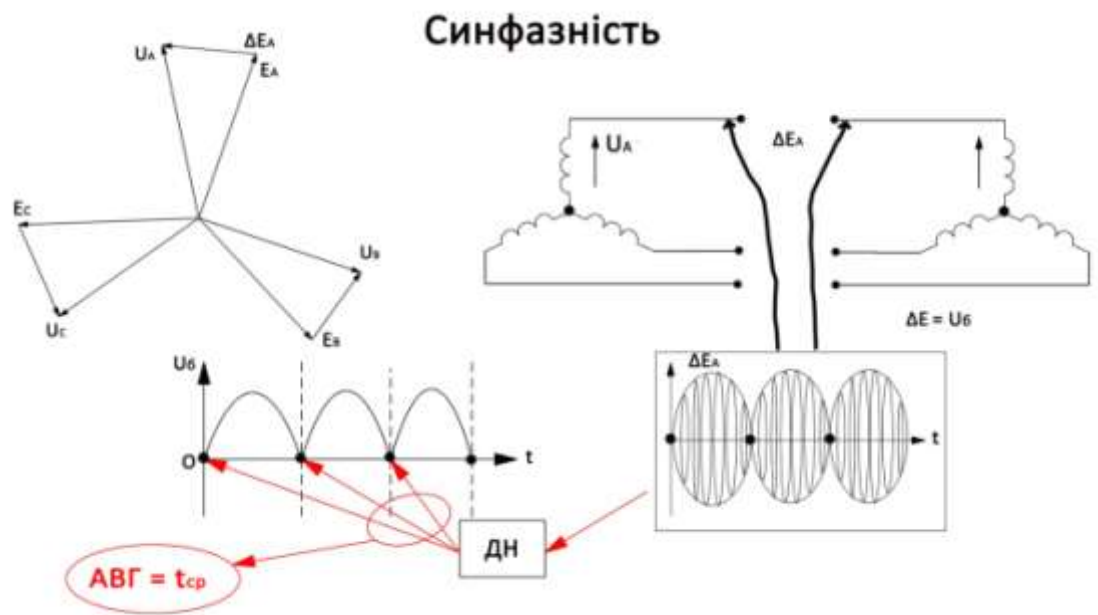
Основні вимоги надають до процесу автоматичної синхронізації: 1) струм статора генератора в процесі включення генераторів на паралельну роботу повинен бути мінімальним; 2) синхронізація повинна бути стійка.

Для виконання першої умови необхідно мінімальне ΔU . Для виконання другої умови слід обмежити різницю частот працює і підключається генераторів. Для забезпечення мінімального струму, різниця напруги між мережею і генератором повинно бути мінімальним $U_c - E_r = U_b = \min (U_b - \text{напруга биття})$

Автоматична синхронізація

1. Вкл. ТД
2. $E_r = U_c$
3. $f_r = f_c$



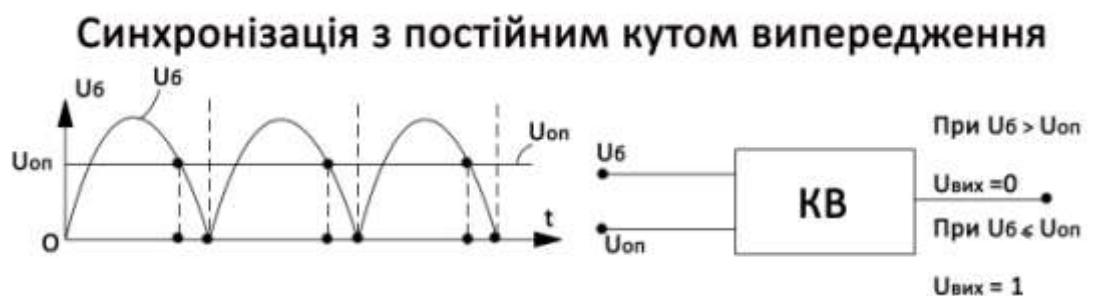


$$U_c = U_r; f_{\text{генератора}} \neq f_{\text{мережі}}$$

Напруга биття є основним керуючим сигналом, за допомогою якого формується вихідний вплив на головний генераторний автомат.

Існує два способи автоматичної синхронізації: 1) з постійним кутом випередження; 2) з постійним часом випередження.

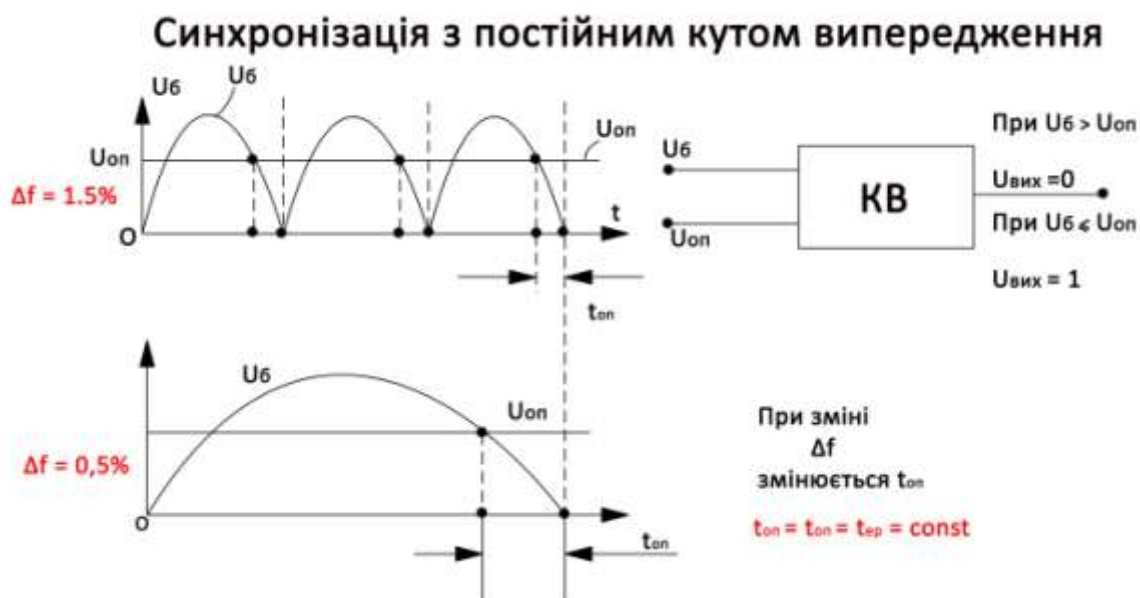
Автоматична синхронізація з постійним кутом випередження. У зв'язку з тим що генераторний автомат має певний час спрацювання 0,05 - 0,4 с, сигнал на його включення необхідно подавати з випередженням рівне цього часу спрацювання.



$$U_{\delta} > U_{\text{опорное}} \rightarrow U_{\text{вих}} = 0$$

$$U_6 \leq U_{\text{опорное}} \rightarrow U_{\text{вих}} = 1$$

Система автоматичної синхронізації генераторів на точність підтримки рівності частоти накладає наступні граничні вимоги $\Delta f = (0,5-1,5)$

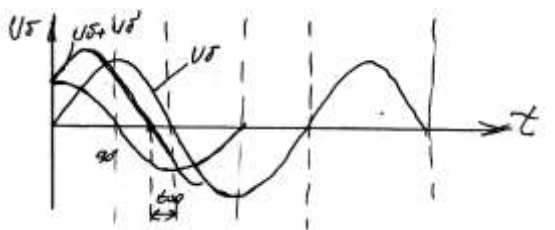


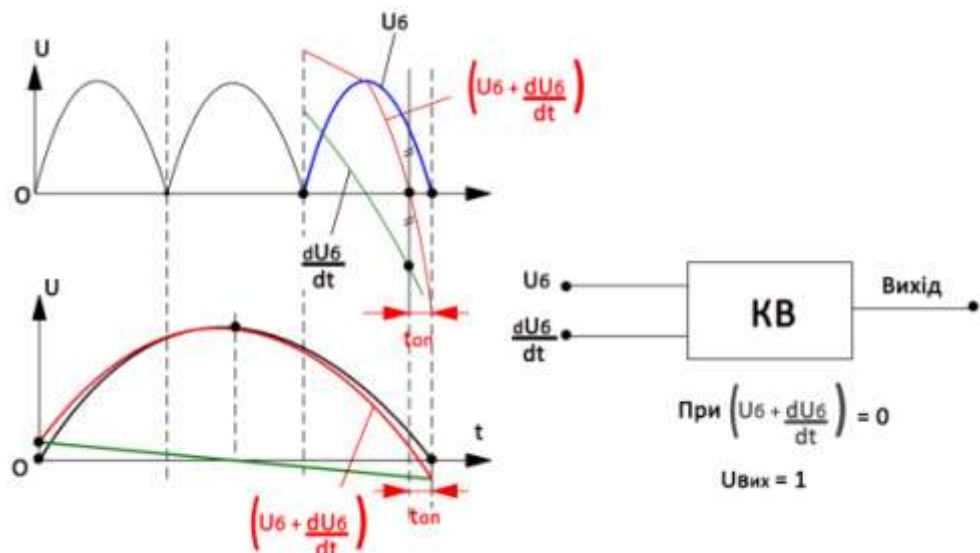
Недолік: 1) оскільки допуск на частоту становить $(0,5-1,5)\%$, період напруги биття може бути в діапазоні 1 до 3 при цьому не вдається забезпечити сталість часу випередження.

5.4 Синхронізація з постійністю часу випередження

На вхід пристроїв, що працюють за цим принципом надходить 2 сигнали: напруга биття, похідна напруги биття по часу.

$$\Delta f = 0,5$$





Сигнал на включення головного автомата коли результуюча напруга дорівнює нулю

$$U_B + \frac{dU_B}{dt} = 0$$

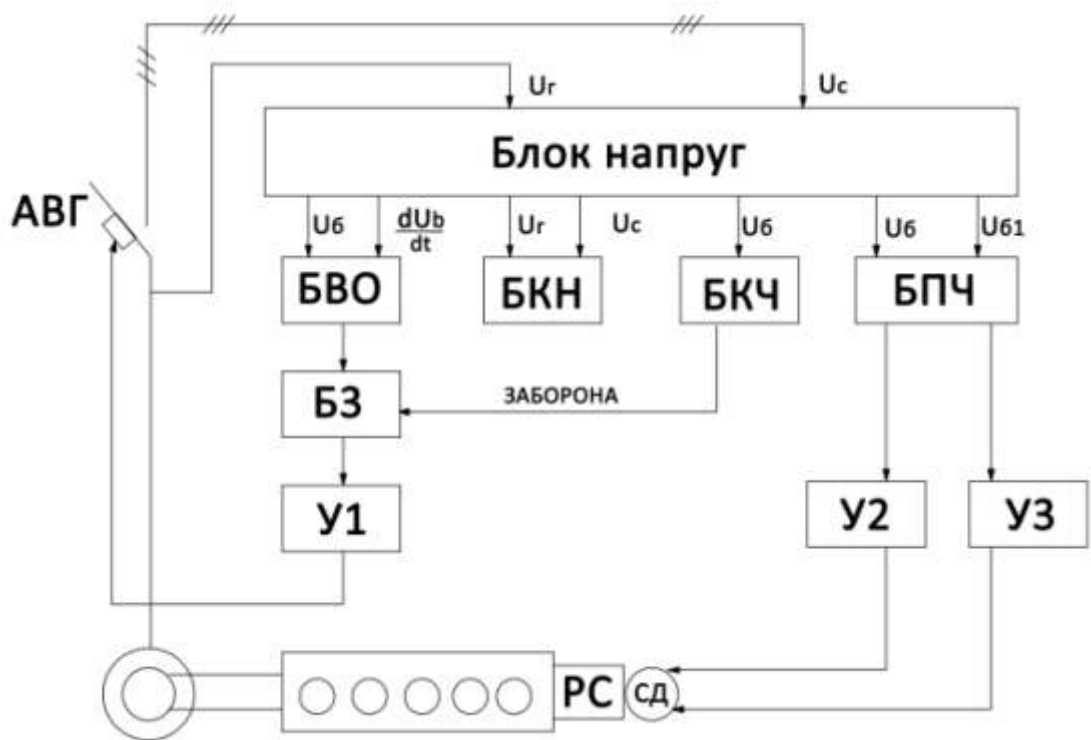
$$\Delta f = 1,5$$

Час випередження практично залишається постійним з достатньою для практики точністю.

При зниженні Δf , знижується темп зміни U_B , одночасно знижується U'_B . в результаті сумарна напруга ($U_B + U'_B$) перетинає вісь абсцис з одним і тим же часом випередження щодо моменту виконання умов синхронізації. Тому синхронізація по стабільності часу випередження забезпечує незмінне значення часу випередження (рівне часу спрацьовування автомата) при будь-якому значенні різниці частот в допустимих межах.

5.5 Пристрій автоматичної синхронізації генераторів

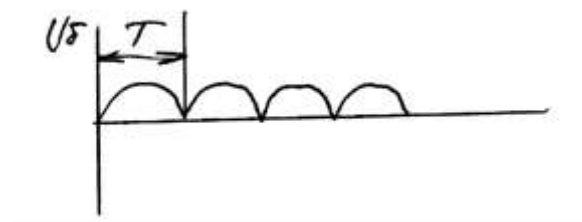
Як приклад розглянемо УСГ1П - пристрій синхронізації генераторів з підгонкою частоти.



TV1 і TV2 формують сигнали на вході блоків.

БКН - блок контролю напруги. Порівнює U_c і U_r , якщо $\Delta U = (U_c - U_r) > 8 - 12\%$ то через блок контролю частоти БКЧ формується сигнал заборони БЗ – без включення автомата.

БКЧ порівнює $f_{генератора}$ і $f_{мережі}$. Δf контролюється по періодом напруги биття.



Знаючи різницю частот знаходимо тривалість періоду.

На блок часу випередження БВО надходить 2 сигнали U_b і U'_b в БВО ці сигнали підсумовуються і в момент рівності 0 ($U_b + U'_b$) формується сигнал на вимикання головного автомата. До тих пір поки на БЗ надходить сигнал, інші не проходять.

Блок підгонки частоти БПЧ підганяє частоту генератора до частоти мережі щоб потрапити в діапазон. Внутрішніми сигналами БПЧ є U_b і U'_b - напруги биття різнойменних фаз генератора і мережі.

6 СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОЇ СИНХРОНІЗАЦІЇ ГЕНЕРАТОРНИХ АГРЕГАТІВ

6.1 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.

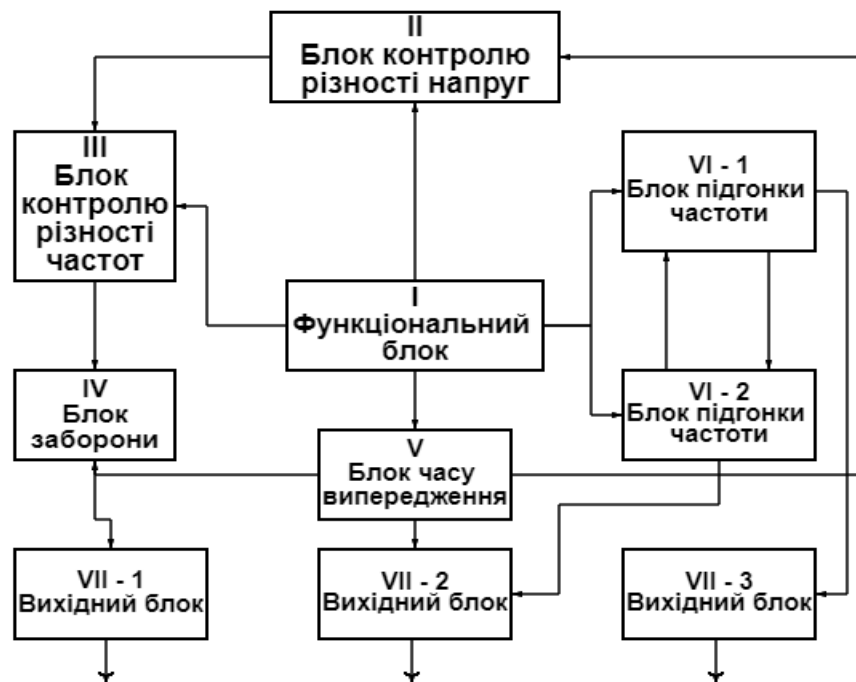


Рис.6.1 Функціональна схема пристрою синхронізації

Функціональний блок І 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 ІІ контролю різниці напруги задають уставку по різниці значень, синхронізують напруги і впливають на елементи блоку ІІІ контролю різниці частот, які спрацьовують при значеннях напруги генераторів і ковзання, відповідних уставці.

Елементи блоків контролю різниці частот ІІІ 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 * 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.

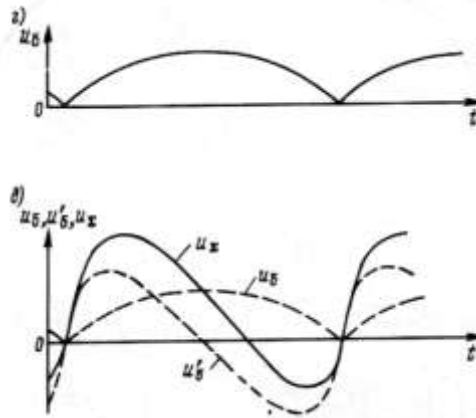


Рис.6.3 – Діаграма напруги биття і керуючих сигналів: а - синхронізуються напруги u_1 і u_2 ; б - напруга биття u_δ ; в - випрямлена напруга биття $U_{\Sigma B}$; г - випрямлена напруга після фільтра (напруга обвідної биття U_{δ}); д - напруга обвідної биття U_{δ} і сумарна напруга u_Σ .

6.2 Блоки контролю різниці напруги

Схема блоку контролю різниці напруги II складається з вимірювального моста на резисторах $R_{13}..R_{16}$, 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 R_{16} . 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.

6.3 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 дільний, 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 $R * 3$ 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).

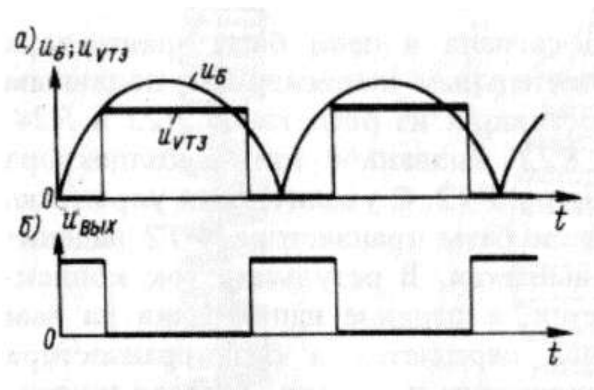


Рис.6.4 – Діаграми основних сигналів:

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.

6.4 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.

6.5 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).

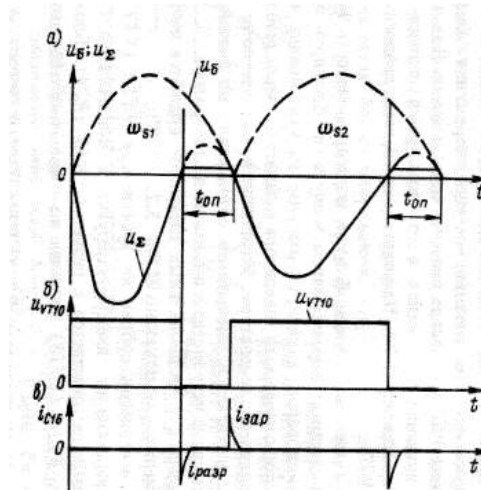


Рис. 6.5 – Діаграма сигналів для різних моментів періодів биття: а - напруга сумарного сигналу u_{Σ} і обвідної биття U_B для двох значень швидкості ковзання ω_{s1} і ω_{s2} ; б - напруга на транзисторі VT10; в - імпульси струму i_{C16} , відповідні часу випередження.

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.

6.6 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 спрацьовування 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 C79(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 спрацьовує формувач VT13, діаграма якого показана на рис. 6.6.

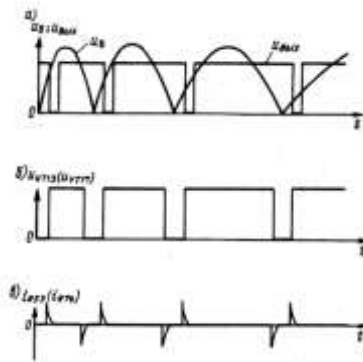


Рис.6.6 – Діаграма основних сигналів: а - напруга обвідної биття $U_{\text{б}}$ і вихідна напруга $U_{\text{вих}}$ на резисторах R59, R80 (див. Рис.14.); б - напруга на транзисторі VT13 (VT17); в - імпульси струму на пусковому резисторі R53.

Вступник імпульс призводить мультивибратор VT15, VT16 в дію. Подальше спрацьовування формувача VT17 не призведе до запуску мультивибратора 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 ррп 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 навантажень, 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 відзнято 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 спрацьовування 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 спрацьовує. 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 спрацьовує і замикає ланцюг серводвигателя регулятора швидкості. У разі зворотного співвідношення частот генераторів діє друга частина схеми, що формує імпульс на збільшення частоти підключається генератора.

6.7 Блок синхронізації генераторів

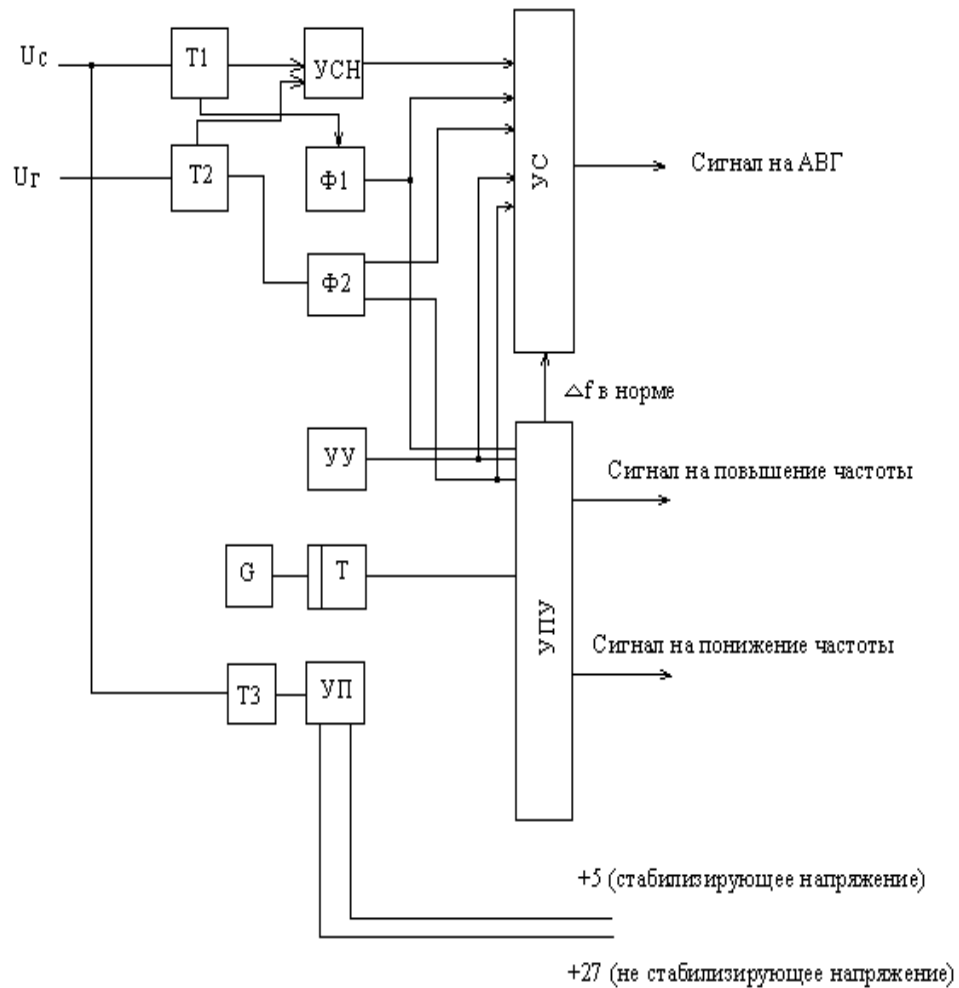


Рис.6.7

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

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

Ф1 і Ф2 виробляють імпульси двох типів:

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

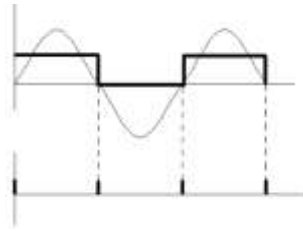


Рис.6.8.

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

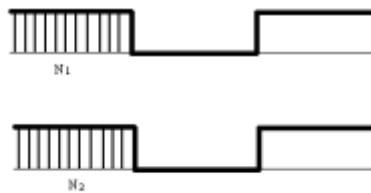


Рис. 6.9

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

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.

6.8 Магнітні підсилювачі

Під магнітним підсилювачем (МУ) розуміється статичний електромагнітний апарат, що дозволяє за допомогою постійного струму невеликої потужності управляти значними потужностями в колі змінного струму. Пристрій МУ в принципі нагадує трансформатор, у якого одна обмотка живиться постійним струмом, а друга включається в ланцюг змінного струму послідовно з приймачем. Якщо МУ призначений тільки для регулювання сили струму, а отже, для зміни напруги на приймачах змінного струму, то в цьому випадку він носить назву дроселя насичення. Взагалі ж під дроселем розуміється котушка зі сталевим сердечником, що володіє великим індуктивним опором і призначена або для регулювання сили струму в колі змінного струму, або для згладжування пульсації випрямленої змінного струму або, нарешті, для отримання необхідного зсуву фаз між напругою і струмом. МУ гранично прості за конструкцією, не мають рухомих частин, не бояться струсів і перевантажень, мають значно більшими коефіцієнтами посилення, ніж електронні або електромашинні підсилювачі, і к. П. Д. Їх вище останніх. Тому вони знайшли широке застосування в суднових електричних установках і в схемах автоматичного управління. За допомогою МУ можна регулювати напругу і частоту генераторів, регулювати або стабілізувати швидкість обертання електричних двигунів постійного і змінного струмів, множити частоту, виробляти різні електричні і магнітні вимірювання, управляти роботою тиратронів і тиристорів і т. п. Магнітні підсилювачі дозволяють досить просто здійснювати підсумовування великої кількості сигналів, поданих одночасно на вхід підсилювача. Це завдання вирішується шляхом накладення на сердечник підсилювача відповідного числа керуючих обмоток. При цьому коефіцієнти посилення для окремих сигналів можна регулювати підбором числа витків керуючих обмоток і опорів керуючої ланцюга.

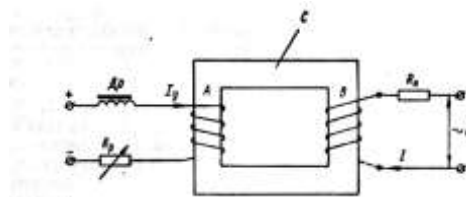


Рис. 6.10. Схема найпростішого магнітного підсилювача.

Магнітні підсилювачі дозволяють досить просто посилювати вельми слабкі постійні струми і напруги (МУ реагує на напругу і потужність постійного струму, починаючи з декількох мільйонних часток вольт і ват). Всі зазначені переваги перекривають наявні недоліки (чутливість до частоти змінного струму, повільність спрацювання, непропорційність посилення внаслідок нерівномірного намагнічування сердечника), тим більше що всі недоліки шляхом відповідних схемних рішень можна значно послабити.

Робота магнітних підсилювачів заснована на нелінійному характері кривої намагнічування феромагнітних матеріалів, що видно з наступних міркувань.

Простий магнітний підсилювач (рис. 6.10) складається з феромагнітного сердечника С, обмотки управління А, по якій пропускається керуючий постійний струм I_u , і обмотки змінного струму В, включеної послідовно з приймачем, що живиться від мережі змінного струму.

Для простоти міркувань покладемо, що обмотка змінного струму В володіє тільки індуктивним опором $X_B = 2\pi fL$, а приймач змінного струму тільки активним опором R_H .

Формулу індуктивного опору обмотки В можна видозмінити, підставивши в неї значення індуктивності L , вважаючи при цьому (як в дійсності і буває), що частота струму f при роботі магнітного підсилювача залишається постійною.

Відповідно до формули індуктивності первинної обмотки ($L_1 = \frac{4\pi\omega_1^2\mu S}{l}$, Де ω_1 - число витків первинної обмотки; μ - магнітна проникність, що дорівнює відношенню магнітної індукції B (Тл) до напруженості поля H (А / м); S - перетин сердечника (м²); l - середня довжина магнітної силової лінії) для побудованого МУ ω_B , S і l є величинами постійними, тому що входить в формулу вираз $\frac{4\pi\omega_1^2\mu S}{l}$ можна позначити через постійну величину K_1 .

Після підстановки в формулу постійної величини вираз для індуктивності набирає вигляду $L = K_1\mu$.

Підставляючи в формулу для індуктивного опору обмотки В значення індуктивності L , отримуємо $X_B = K\mu$, де $K = K_12\pi f$.

Ланцюг змінного струму в розглянутому підсилювачі володіє, як ми домовимося, активним і індуктивним опором, тому

споживаний приймачем струм буде дорівнює

$$I = \frac{U}{\sqrt{R_H^2 + (K\mu)^2}}$$

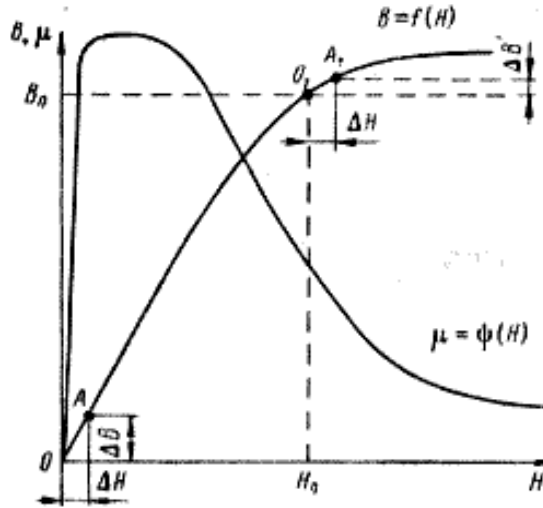


Рис.6.11 – Криві магнітної індукції і магнітної проникності

зданого виразу видно, що при сталості напруги мережі змінного струму U і опору приймача R_H зміна споживаного приймачем струму залежить тільки від зміни магнітної проникності μ . Магнітна ж проникність, є змінною величиною, яка залежить від магнітного стану матеріалу сердечника. Спочатку μ зі збільшенням H (рис. 6.1) швидко зростає, при деякому значенні H досягає свого максимуму. На ділянці, відповідному прямолінійною частини кривої намагнічування, магнітна проникність залишається майже незмінною, а потім, з подальшим збільшенням напруженості магнітного поля, в районі коліна кривої намагнічування різко зменшується, залишаючись далі майже незмінною.

Характер кривої магнітної проникності показує, що при відсутності підмагнічування і роботі магнітного підсилювача, наприклад на ділянці OA кривої намагнічування $B = f(H)$, відповідному ненасиченого магнітного станом сердечника, магнітна проникність має великі значення, а тому струм в приймачу буде невеликий. В цьому випадку цей струм називають струмом холостого ходу підсилювача I_0 , а споживану приймачем потужність - потужністю холостого ходу P_0 .

При підмагнічування осердя постійним магнітним полем H_0 (за рахунок пропускання постійного струму I_U по обмотці управління) індукція збільшується до B_0 , що відповідає

перенесенню початку координат з точки O в точку O_1 і роботі магнітного підсилювача на ділянці O_1A_1 кривої намагнічування, магнітна проникність різко зменшується, що призводить до різкого збільшення струму і споживаної приймачем потужності. При цьому виявляється, що приріст потужності, споживаної приймачем, $P - P_0$ значно більше потужності P_0 , що витрачається в підмагнічуваній обмотці управління. Отже, розглянутий електромагнітний апарат має властивість посилення сигналу, поданого на його вхід. В даному випадку такий апарат носить назву магнітного підсилювача потужності.

Відношення приросту потужності, споживаної приймачем, до потужності, що витрачається в ланцюзі управління магнітного підсилювача називається коефіцієнтом посилення потужності

$$K_{y.m.} = \frac{P - P_0}{P_y} = \frac{P - P_0}{U_y I_y}.$$

Цілком очевидно, що оскільки магнітний підсилювач може працювати (за рахунок регулювання струму в обмотці управління реостатом RP) на різних ділянках кривої намагнічування, що мають різну крутизну, то $K_{y.m.}$ не може бути величиною постійною.

У найпростіших магнітних підсилювачах середнє значення $K_{y.m.} = 50 \div 250$, що відповідає величині керуючої потужності $0,4 - 2\%$ від потужності, споживаної приймачем.

Розглянутий найпростіший магнітний підсилювач має два суттєвих недоліки. Перший недолік полягає в тому, що в обмотці постійного струму індукується, як і в трансформаторі, змінна е. д. з., що створює в ланцюзі постійного струму змінний струм, який спотворює сигнал. Для обмеження цього змінного струму доводиться в керуючу ланцюг включати дросель великої індуктивності Dp .

Другим недоліком є поява в змінному струмі споживача поряд з непарними парних гармонік, що викликають значне спотворення форми кривої струму і впливає звідси ненормальну роботу приймача.

Існування першого недоліку ніяких пояснень не потребує. Для розгляду другого недоліку звернемося до рис.6.9, на якому зображена крива намагнічування без урахування (в найпростішому вигляді) гистерезиса, причому по осі абсцис відкладений струм. пропорційний напруженості поля, а по осі ординат магнітний потік, пропорційний магнітної індукції B .

Раніше зазначалося, що синусоїдальна напруга, прикладена до обмотки, розташованої на феромагнітному осерді врівноважується синусоїдальною е. д. з. Але ця е. д. з. буде синусоїдальною тільки тоді, коли буде синусоїдальним магнітний потік, її індукуючий.

При наявності феромагнітного сердечника гістерезиса пропорційність між струмом в обмотці і магнітним потоком порушується через гістерезиса, тому синусоїдальний магнітний потік створюється несинусоїдальними струмом.

Якщо сердечник НЕ підмагнічений, то форма кривої струму i_1 (див. Рис.6.12) буде синусоїдальною. При підмагнічування осердя до $+\Phi_0$ початок координат з точки Про зміщується в точку 01.

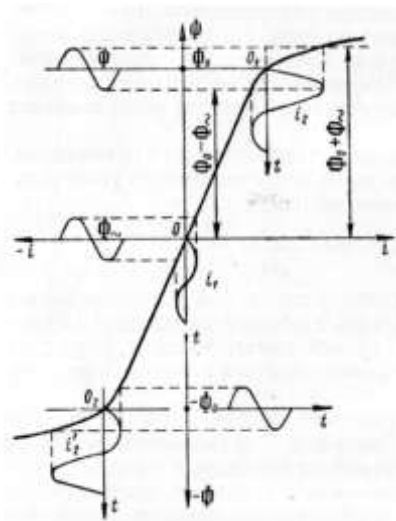


Рис.6.12 – Криві струму при намагнічуванні МУ.

Магнітна проникність при підмагнічується зменшується, а струм, що створює той же змінний магнітний потік $\Phi \sim$, зростає. Але особливо важливо відзначити, що одночасно зі зростанням струму форма його кривої i_2 стає несиметричною, що містить поряд з непарними ще і парні гармоніки, що спотворюють форму кривої струму, споживаного приймачем.

Відзначимо тут же, що зміна полярності підмагнічування тягне за собою переміщення початку координат, наприклад в точку 02, відповідну початкового намагнічування - Φ_0 . У цьому випадку струм змінюється вже не по кривій i_2 , як при позитивному Підмагнічування, а по кривій i'_2 . Характерною тим, що фаза гармонік змінюється на 180° .

Застосування схем магнітних підсилювачів з Ш-образними сердечникам. Виключає обидва зазначених нестачі. У наведених

схемах змінний магнітний потік в середньому стрижні компенсується і в розташованій на ньому обмотці управління змінної е. д. з. НЕ індукується, тому і потреба в дроселі відпадає. Так виключається перший недолік. Другий недолік ліквідується способом з'єднання обмоток змінного струму, розташованих на крайніх стрижнях і з'єднаних між собою послідовно (рис.6.13, а) або паралельно (рис.6.13, б).

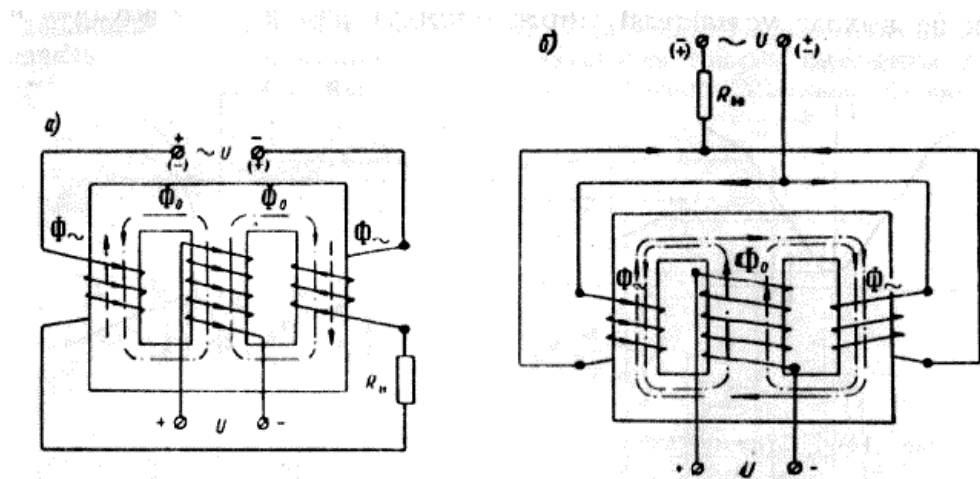


Рис.6.13 – МУ з Ш-образним сердечником.

Цей спосіб полягає в тому, що коли постійна і змінна складові магнітного потоку Φ_0 і Φ в одному стрижні збігаються за напрямком то в цей же час в іншому стрижні вони спрямовані зустрічно (сердечник розмагнічується). Так як в цьому випадку між парними гармоніками струму зрушення фаз дорівнює 180° , а обмотки включені послідовно, то парні гармоніки взаємно компенсуються і причина, що спотворює форму кривої струму приймача, виключається. Приймач буде споживати струм, форма якого показана на рис.6.14. Крива струму і буде синусоїдальною, що виходить як середнє арифметичне з тиків i'_2 і i_2 .

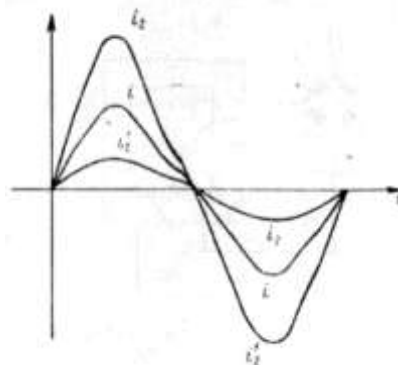


Рис.6.14 – Струм приймача при Ш-подібному МУ.

Для підвищення коефіцієнта посилення МУ використовуються різні методи. Найбільш суттєві з них такі.

1. Застосування спеціальних магнітних сплавів. У сучасних магнітних підсилювачах широко застосовуються сердечники з залізонікелевих сплавів твань пермалоя або мідистого пермалоя, що володіють малою коерцитивною силою. При певних значеннях магнітної індукції для зменшення магнітної проникності в 10 разів потрібно підмагнічене поле, в середньому в 20 разів менше але порівняно з полем, необхідним для створення тих же умови при звичайному сталевому сердечнику.

2. Підвищення частоти струму. Зі збільшенням частоти різко збільшуються індуктивний опір і коефіцієнт посилення. Однак в цьому випадку доводиться стикатися з явищами поверхневого ефекту я іншими, пов'язаними з високою частотою (наприклад, зі збільшенням втрат на вихрові струми).

3. Застосування резонансних схем. Використовуючи явище резонансу можна значно знизити струм холостого ходу і отримати значне збільшення коефіцієнта посилення.

4. Введення позитивного зворотного зв'язку. При цьому змінний струм на виході підсилювача випрямляється твердими випрямлячами і надходить в обмотку зворотного зв'язку, яка створює додаткове підмагнічування, що підсилює поле сигналу.

Крива залежності струму приймача від струму управління при відсутності зворотного зв'язку представлена на рис.6.15, а. Ця крива симетрична. Якщо ж на осерді буде розташована обмотка зворотного зв'язку (ОС на рис.6.15.), То крива струму буде несиметричною (рис.6.15, б) так як по відношенню до одного напрямку постійного струму в обмотці управління зворотний зв'язок буде позитивною (при якій коефіцієнт посилення збільшується), а але відношенню до іншого напрямку струму (при зміні полярності сигналу) вона буде негативною (при якій коефіцієнт посилення зменшується).

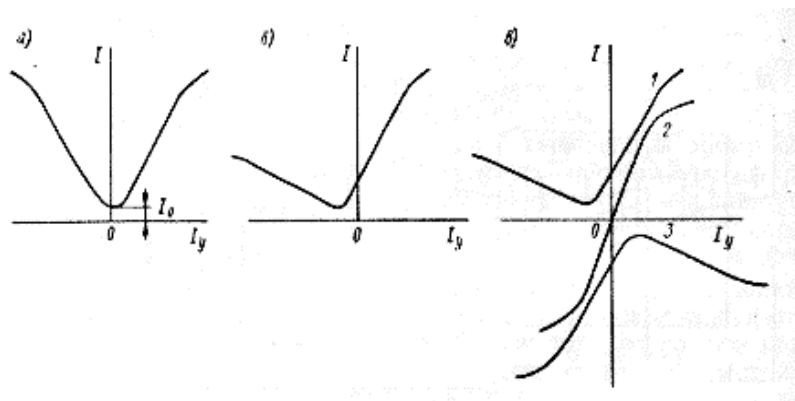


Рис.6.15 – Статичні характеристики МУ.

У багатьох випадках необхідно, щоб при відсутності струму в обмотці управління (відсутність сигналу) струм на виході підсилювача дорівнював нулю, а при зміні напрямку струму в обмотці управління змінювалася б фаза струму на виході. Цим вимогам задовольняють двотактні МУ, які зазвичай представляють комбінацію двох одноктактних МУ, вихідні струми яких спрямовані зустрічно. Статична характеристика 2 (рис.6.15, в) двотактного МУ виходить як накладення характеристик 1 і 3 двох одноктактних МУ.

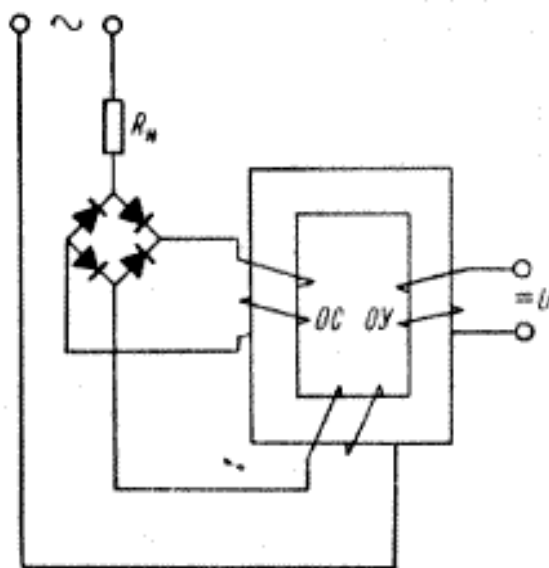


Рис.6.16 – МУ з обмоткою зворотного зв'язку.

Для отримання двотактних підсилювачів використовуються в основному дві схеми: диференціальна і бруківка. Для прикладу розглядається двотактний підсилювач з диференціальною схемою (рис.6.16.). У цій схемі використовуються два абсолютно однакових магнітних підсилювача. Обидва харчуються від трансформатора Tr з двома однаковими вторинними обмотками. Підсилювачі мають



де i_{l1} - струм в обмотках $\omega \sim$ першого дроселя;

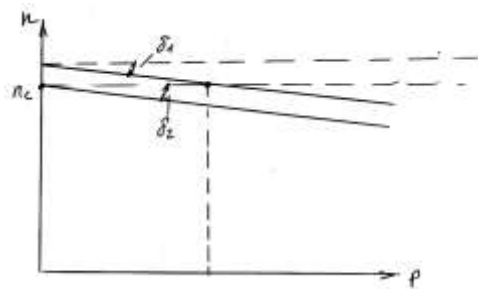
i_2 - струм в обмотках $\omega \approx$ першого дроселя:

При відсутності керуючого струму іл

7 СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РОЗПОДІЛУ НАВАНТАЖЕННЯ МІЖ ПАРАЛЕЛЬНО ПРАЦЮЮЧИМИ ГЕНЕРАТОРНИМИ АГРЕГАТАМИ

7.1 Розподіл активних навантажень при паралельній роботі генераторів

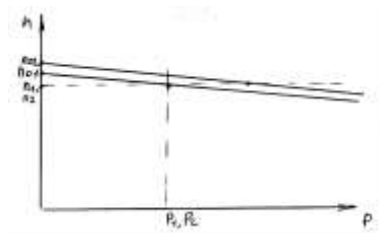
Після включення генераторів на паралельну роботу з мережею (при точному виконанні умов синхронізації) він не візьме на себе навантаження



Виникає необхідність в примусовому розподілі навантажень паралельно працюючих генераторів. Для цього необхідно збільшити уставку швидкості підключеного генератора одночасно знизити уставку працював раніше. Величина навантажень на кожен генератор і частота обертання паралельно працюють дизель-генераторів (вона може в загальному випадку не збігатися з рядом стандартних значень швидкості при синхронізації. Визначається точкою перетину швидкісних характеристик.

Розглянемо розподіл активного навантаження при різних швидкісних характеристиках приводних двигунів $n_1 = n_2 \neq n_c$ $P_1 + P_2 = P_{EC}$ ($P_1 \neq P_2$).

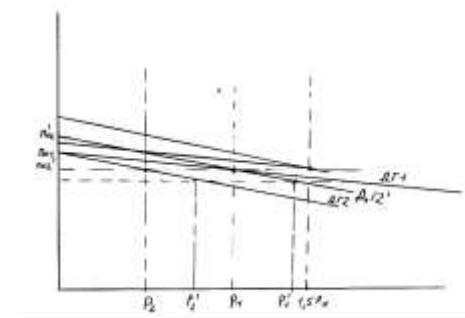
1. Розподіл навантажень між паралельно працюючими генераторами при співпадаючих характеристиках приводних двигунів.



Критерій блокування характеристик: рівність статизму $\delta_1 =$

82. Генератори беруть навантаження порівну. При зміні навантаження на СЕС для збереження частоти струму на шинах ГРЩ необхідно одночасно змінювати уставку швидкості обох генераторів.

2. Розподіл навантаження при не збігаються характеристик первинних двигунів.

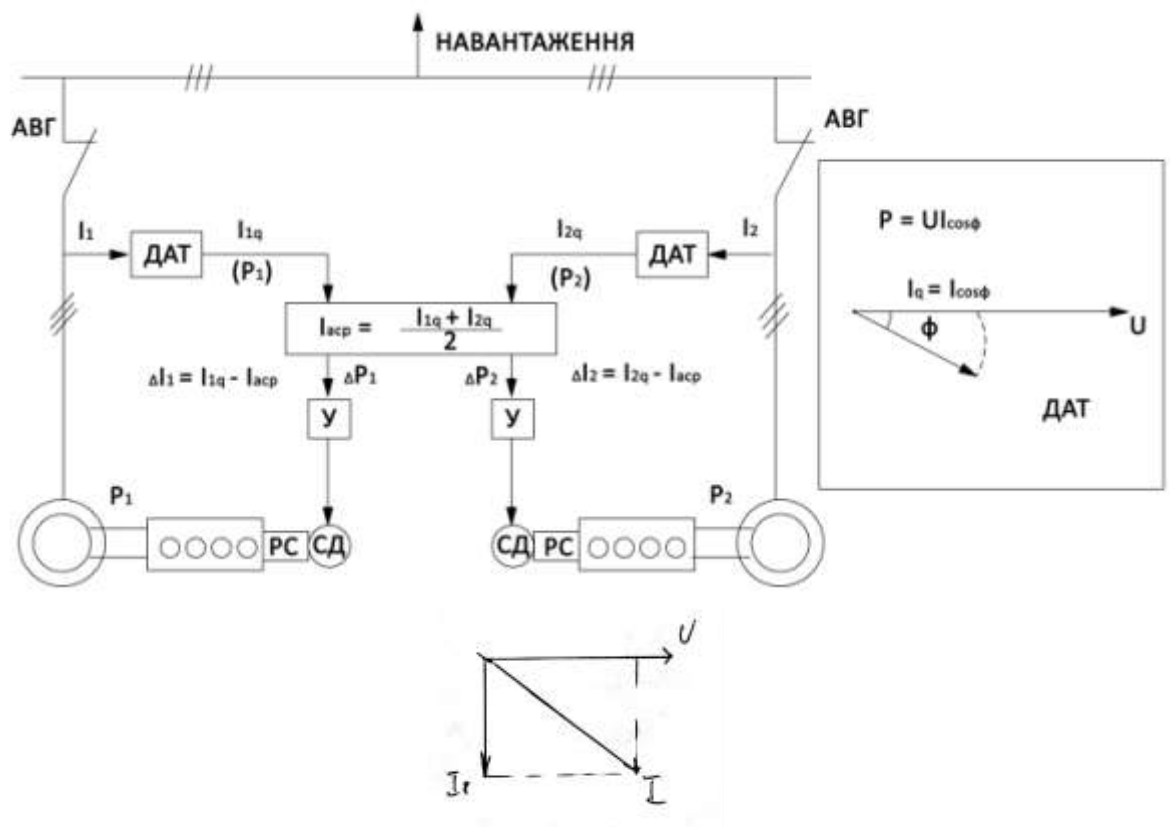


$P_1 + P_2 = P_{\text{ном}}$ з'явилися? P і Δf - погано. Вийшло перерозподіл генераторів. Потрібно збільшити уставку швидкості 2-го генератора (меншого) щоб $P_1 = P_2$ і $f_1 = f_2$ - рівномірність завантаження.

3. Припустимо навантаження на ел.станцію зросла $P''_{\text{ном}} = 1,5P_{\text{ном}}$ (див рис)

4. Розподіл навантаження із заданим співвідношенням. У разі якщо тех. стан ДГ не відповідає необхідному має сенс знизити з нього навантаження і збільшити навантаження на інший. У цьому випадку порядок дії той же: змінюючи уставку швидкості добиваємося потрібного розподілу навантаження.

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



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

7.2 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.

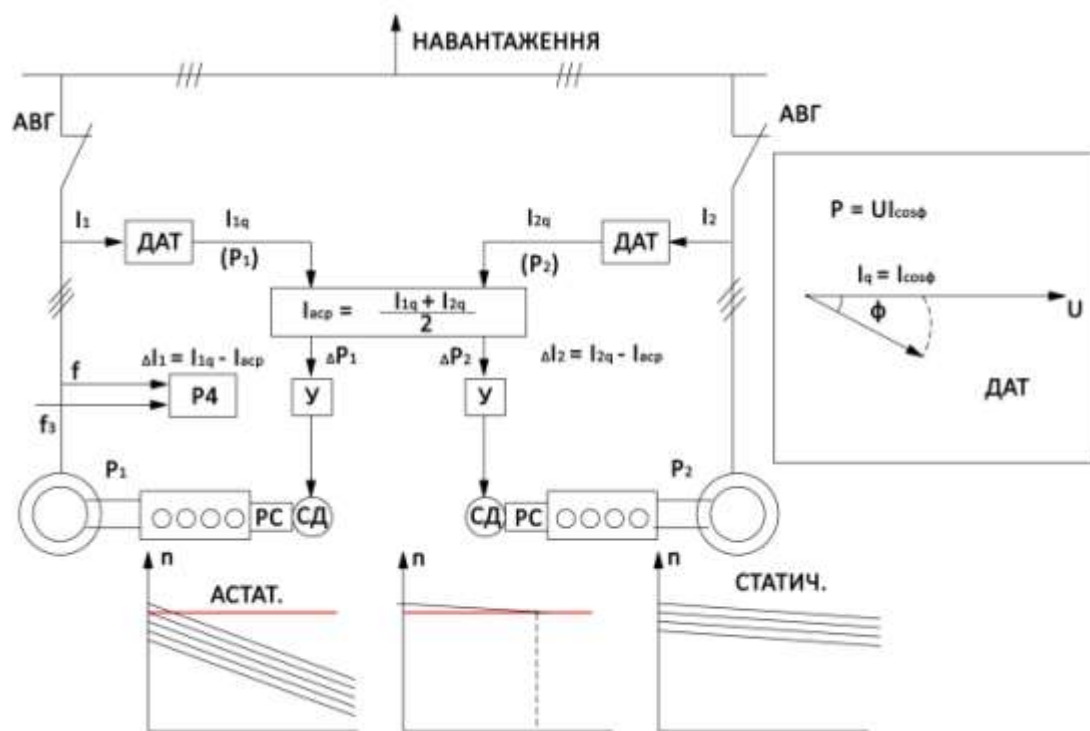


Рис.7.1. Блок-схема УРЧН.

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

7.3 Пристрій регулювання частоти і навантаження

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

результаті частота струму на шинах ел.станції змінюється. Для того щоб виключити це негативний вплив вводять поняття так званого базового генераторного агрегату. СД цього агрегату відключають від системи автоматичного розподілу навантаження і замикає на локальну систему приводного двигуна.

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

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

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

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

7.4 Датчик активного струму

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

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

Включенням додаткових резисторів $R_{д1} - R_{д4}$ забезпечується отримання штучного «нуля», завдяки чому при чисто активному навантаженні генератора ($\cos\varphi = 1$) фази напруги живильного трансформатора Tr і фази струму вторинної обмотки трансформатора струму, від якого живиться узгоджувальний трансформатор Tc 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.

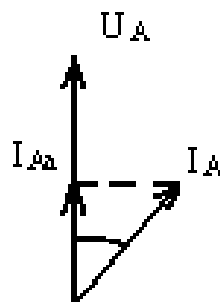


Рис.7.2 – Векторна діаграма фази генератора.

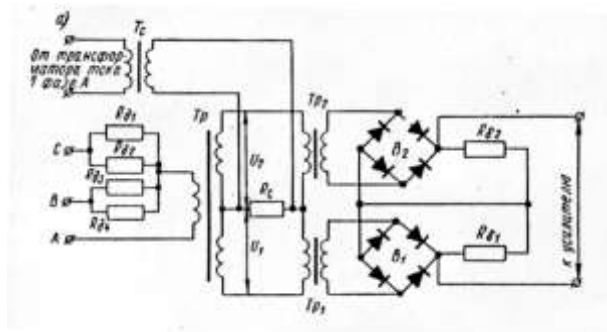


Рис. 7.3 – Принципова схема датчика активного струму

При відсутності струму навантаження напруги U_1 і U_2 (рис.7.3.) Однакові, напруги на вторинних обмотках трансформаторів TP_1 і TP_2 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 TP_2 зменшується, а на виході трансформатора TP_1 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 TP_1 і

ТР2 однакові, тобто датчик не реагує на реактивний характер навантаження.

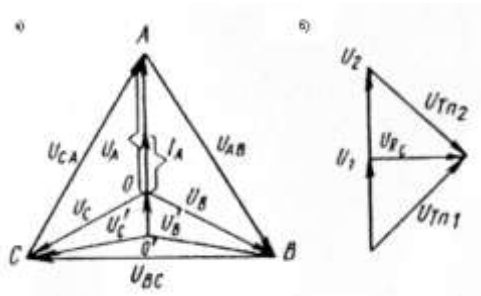


Рис.7.4 – а) векторна діаграма напруг і струму вимірювальної частини датчика; б) векторна діаграма при індуктивному навантаженні.

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

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 X_L і X_C , 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).

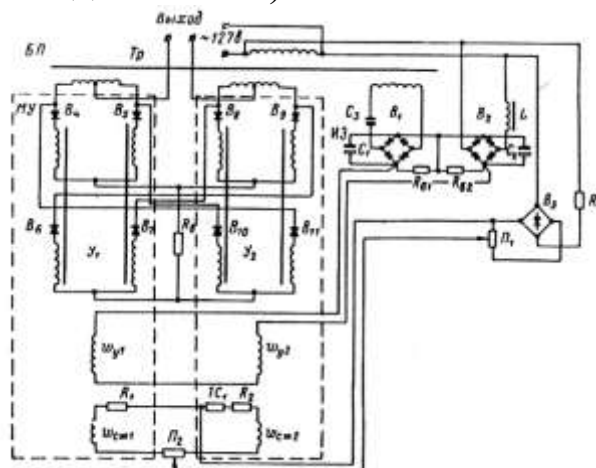


Рис.7.5 – Принципова схема датчика частоти

7.6 Підсилювач

Підсилювач УРЧН - 1У виконаний по двухкаскадній схемою. Кожна половина підсилювача складається в свою чергу з двох каскадів посилення: 1У1, 2У1 (1У2, 2у2). Розглянемо принцип роботи однієї половини підсилювача, друга працює аналогічно.

Обмотка зміщення ω_{cm1} отримує харчування від випрямляча В1. Напруга зсуву регулюється резисторами R9 і R10. Одна з обмоток управління підключається до датчика частоти, інша до датчика активного струму. Вихід робочої обмотки першого підсилювального каскаду 1У1 (діагональ моста) підключена до опору R1 другого каскаду посилення (другий каскад посилення виконаний без обмоток зсуву). При відсутності вхідного сигналу, опору робочих обмоток першого каскаду посилення однакові. Падіння напруги на резисторі R1 дорівнює 0. Опір обмоток другого каскаду однаково і велике, падіння напруги на серводвигуном (клемма 7,8) практично дорівнює 0.

При появі струму в обмотці управління на виході першого каскаду посилення (R1) з'являється напруга певної полярності (принцип роботи МУ). Ця напруга зсуву в залежності від полярності напруги з обмотки 3, 4 трансформатора ТР1, підмагнічуванням черзі розташованої «по діагоналі» обмотки 3, 4 - 5, 6 та відповідно 1, 2 - 7, 8 різко зменшуючи тим самим величину їх опору (принцип роботи МУ), в цьому випадку все напруга живлення припадатиме на серводвигун, він починає обертатися у відповідну сторону.

Шлях протікання струму: точка 3 - В1 - СД - В3 - обмотка 7,8 (ТР1) - R3 - В1 - обмотка 5,6 (2У1) - точка 4.

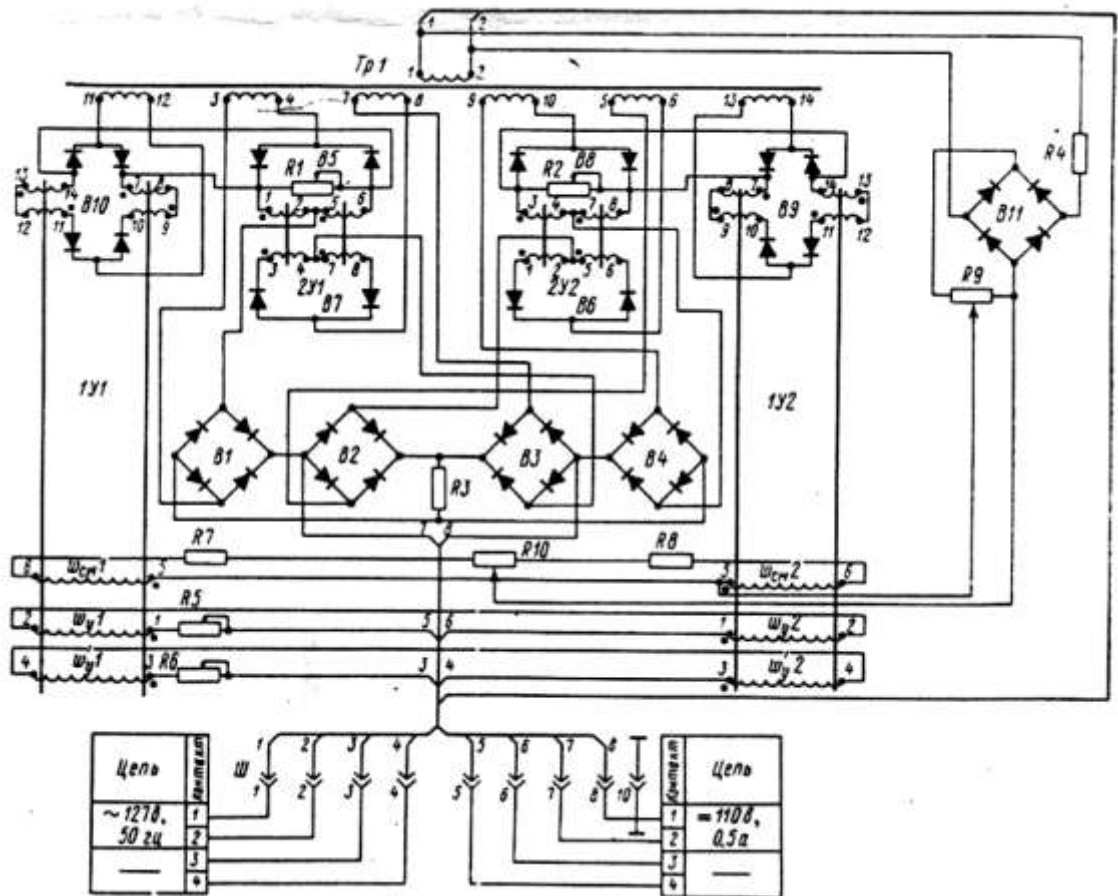


Рис. 7.6 – Принципова схема підсилювача.

7.7 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.

Мультівібратор 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 ТР1 знак «-», а на обмотці 8 - «+»; тоді тригер і мультивібратор отримує харчування по ланцюгу: «-» обмотки 6 - діод Д14 - на тригер і мультивібратор, і «+» обмотки 8 - Д15 - на тригер і мультивібратор.

Підсилювач ІІІ 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 .

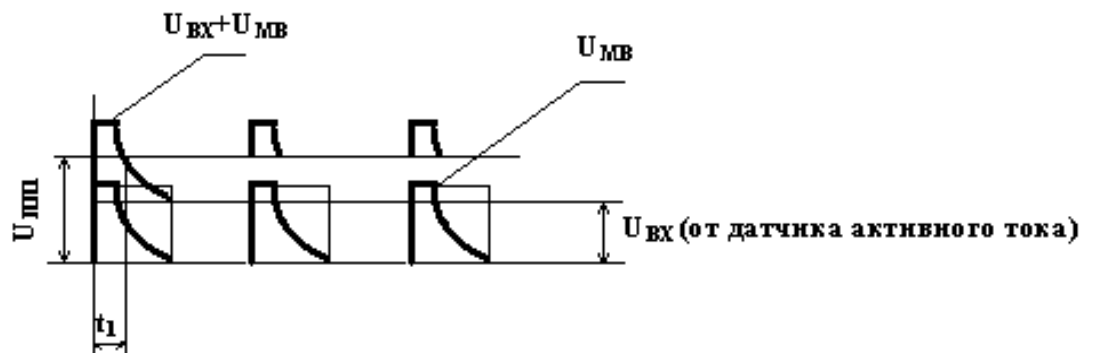


Рис. 7.7

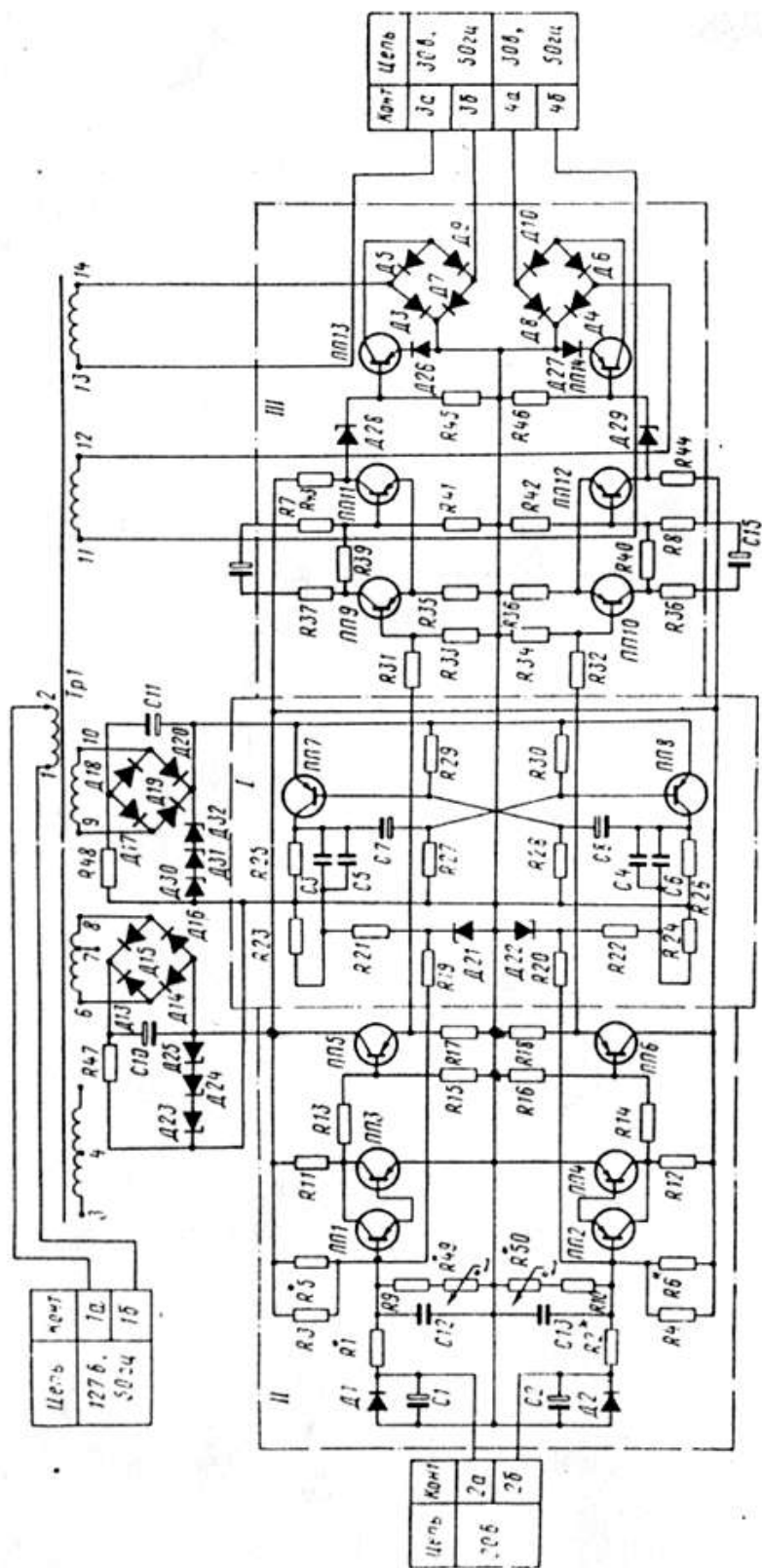


Рис. 7.8 – Принципова схема перетворювача.

7.8 Автоматизація суднової електростанції

Відповідно до рис. 7.9 може бути викладена наступна послідовність автоматичних операцій, що виконуються системою «Аргунь». Один з генераторів, наприклад Г2, прийнятий в якості резервного. Спочатку генератор не працює, струм його дорівнює нулю. Відповідно до режимами роботи електростанції працює генератор перевантажується, викликаючи тим самим спрацювання пристрою НВР.

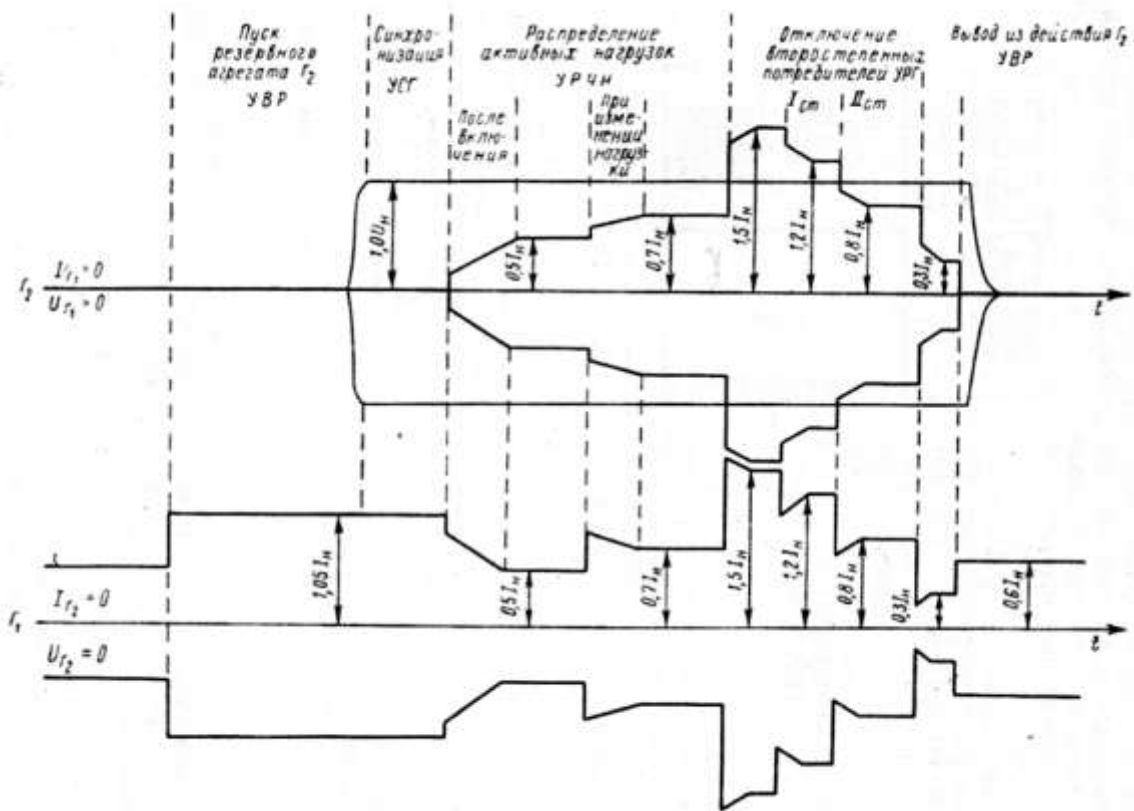


Рис. 7.9 – Послідовність автоматизованих операцій

При надходженні сигналу про запуск резервного генератора відбувається його автоматичний запуск протягом ~ 30 сек. В кінці запуску на клеммах резервного генератора з'являється напруга і агрегат виходить на номінальну швидкість обертання. У цей момент автоматично вступає в дію пристрій УСГ-1П. Після закінчення процесу синхронізації автоматично включається пристрій УРЧН і відбувається зрівнювання потужності між генераторами. Як видно з рис.7.9, в даному випадку характеристика

системи регулювання швидкості у дизеля генератора Г1 виявилася менш крутий, ніж у дизеля генератора Г2, так що будь-яке збільшення навантаження більшою мірою лягає на генератор Г1, після чого система УРЧН вирівнює навантаження. З тієї ж причини при зниженні навантаження генератор Г1 розвантажується сильніше, ніж генератор Г2, після чого навантаження вирівнюється в результаті роботи УРЧН.

При збільшенні струму навантаження генераторів до значення, відповідного уставці пристрої автоматичного розвантаження, з витримкою часу спрацьовує перший ступінь пристрої УРГ і відбувається відключення споживачів першої черги. Оскільки при цьому навантаження знижується недостатньо, спрацьовує другий ступінь відключення - ступінь більш відповідальних споживачів.

У зв'язку зі зменшенням навантаження кожного генератора до величини, меншої, ніж уставка пристрої УРГ, третій ступінь не спрацювала. Надалі навантаження електростанції зменшилася і пристрій НВР з витримкою часу відключило резервний генератор.

Даний обсяг автоматизації, виконаний на судні, дозволяє організувати роботу електростанції в оптимальних режимах без участі вахтового і таким чином виключає аварійність в результаті його можливих помилкових дій.

8 РЕГУЛЯТОРИ РОБОТИ ОБЕРТАННЯ ТЕПЛОВИХ ДВИГУНІВ ГЕНЕРАТОРНИХ АГРЕГАТІВ

8.1 Двухімпульсний електромеханічний регулятор швидкості обертання

Двухімпульсний електромеханічний регулятор складається з механічного відцентрового датчика швидкості обертання і електричного датчика активної потужності з електромагнітними і гідропідсилювачами. На рис. 8.1 показана функціональна, а на рис. 8.2 електрична схема регулятора. Електричний датчик потужності реагує на зміну активного навантаження і за допомогою електромагнітів ЕМ1 або ЕМ2 пересуває золотник гідропідсилювача ГУ1, який впливає паралельно з відцентровим регулятором через гідропідсилювач ГУ2 на виконавчий орган рейку паливного насоса. Двигель агрегату з'єднаний з генератором (Г).

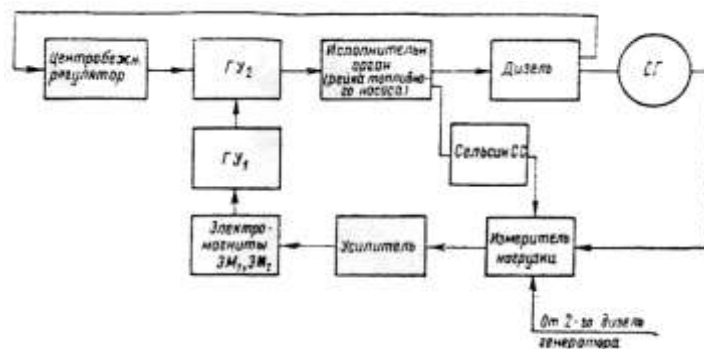


Рис. 8.1 – Функціональна схема двухімпульсного електромеханічного регулятора швидкості обертання

Для отримання астатичній характеристики необхідно, щоб гідравлічний золотник, на який діють електромагніти, повернувся в початкове положення після того, як рейка паливного насоса пересунеться відповідно нової навантаженні генератора. Це означає, що при відхиленні навантаження в системі виникає сигнал, що призводить до відхилення золотника, і потім, після переміщення рейки в положення, що відповідає даній навантаженні, дія сигналу припиняється.

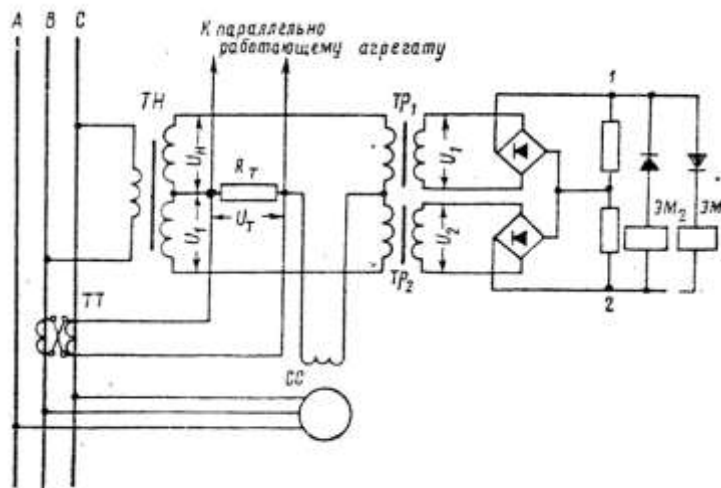


Рис. 8.2 – Електрична схема електромеханічного регулятора швидкості обертання.

У даній системі переміщення ріпки паливного насоса призведе до повороту сельсина СС, і коли алгебраїчна сума сигналів від трансформатора струму ТТ і сельсина буде дорівнює нулю, електромагніт відпустить якір і золотник гідропідсилювача повернеться в початкове положення. Е. д. С- сельсина з залежності від кута неузгодженості змінюється за таким законом:

$$e = E_m \sin \theta$$

При малих кутах повороту характеристику сельсина можна прийняти прямолінійною, тому між переміщенням рейки і е. д. з. сельсина зберігається пропорційність. Основною частиною схеми регулятора (рис.8.2) є датчик активного навантаження.

Принцип роботи такого датчика полягає в наступному. Вторинні обмотки трансформаторів ТН, ТР1 і ТР2 мають однакове число витків, тому при відсутності струму навантаження напруги на цих обмотках у трансформаторів ТР1 і ТР2 будуть однакові і різниця потенціалів на виході датчика дорівнює, нулю.

При набиранні на генератор активного навантаження падіння напруги на опорі R_T збігається по фазі з напругою на одній з вторинних обмоток трансформатора ТН і знаходиться в протифазі з напругою на іншій обмотці (рис.8.3). Отже, на одному з трансформаторів ТР напруга підвищується, а на іншому знижується, і між точками 1 і 2 (рис.8.2) з'являється різниця потенціалів. На рис.8.3 показано також підсумовування сигналів трансформаторів струму.

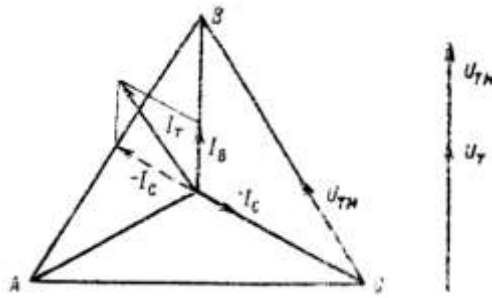


Рис. 8.3 – Векторна діаграма, яка пояснює принцип дії датчика активного навантаження

При чисто реактивній навантаженні генератор падіння напруги на опорі R_T буде зрушено на $+90^\circ$ щодо напруги на одній з обмоток трансформатора TN і на -90° щодо напруги на іншій обмотці. Це викличе однакове збільшення напруги на вторинних обмотках трансформаторів $TP1$, $TP2$ і різниця потенціалів на виході датчика, а отже, і на затискачах обмоток електромагнітів $EM1$ і $EM2$ буде дорівнює нулю. При змішаному навантаженні генератора величина різниці потенціалів на виході буде пропорційна активній складовій струму навантаження.

Вже згадана система працює таким чином. При холостому ході генератора напруги на вихідних обмотках трансформаторів $TP1$ і $TP2$ однакові і напруга між точками 1 і 2 дорівнює нулю. Електромагніти $EM1$ і $EM2$ позбавлені харчування. При набірці на генератор активного навантаження баланс напруг на вхідних обмотках трансформаторів $TP1$ і $TP2$ порушується; з'являється напруга такого знака, при якому спрацює електромагніт $EM1$, що впливає через гідропідсилювач на збільшення подачі палива. Рейка паливного насоса починає переміщатися, разом з нею повертається ротор сельсина $СС$, який запроваджує в ланцюг, що живить первинні обмотки трансформаторів $TP1$ і $TP2$ напруга, зворотне по знаку напрузі на затискачах опору R_T . Процес триватиме до тих пір, поки рейка паливного насоса не займе положення, відповідного нового навантаження. При цьому напруга сельсина врівноважить напруги на затискачах опорі R_T і електромагніт $EM1$ втратить харчування. При скиданні активного навантаження напруга па опорі R_T зменшиться і напруга сельсина, протилежне йому по фазі, виявиться більше. Це змінить співвідношення напруги на вхідних обмотках трансформаторів $TP1$, і $TP2$ і знак напруги між точками 1 і 2. Чи спрацює електромагніт $EM2$, що впливає на систему подачі

палива в сторону його зменшення. Рейка паливного насоса буде переміщатися в зворотну сторону, а разом з нею стане повертатися і ротор сельсина, зменшуючи напругу на виході. Процес триватиме до тих пір, поки рейка паливного насоса не займе положення, відповідного нової навантаженні, при якій напруги на затискачах сельсина і опори R_T виявляться збалансованими і електромагніт EM_2 відключиться.

Оскільки є ймовірність надмірного підвищення вхідних напруг, що може привести до пошкодження випрямлячів, то для захисту останніх від перенапруг трансформації

тори TP_1 і TP_2 виконуються насиченими.

У розглянутій схемі важко отримати значні зусилля, що розвиваються електромагнітом, що пояснюється обмеженою потужністю трансформатора струму і сельсина. Тому сигнал на виході фазочувствительного пристрої посилюється, наприклад, за допомогою напівпровідникового підсилювача (рис.8.4).

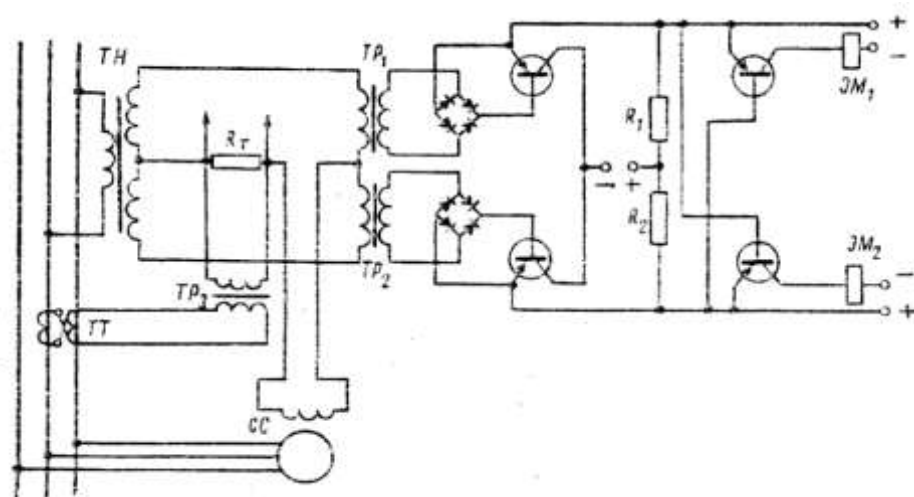


Рис.8.4 – Принципова схема електромеханічного регулятора з напівпровідниковим підсилювачем.

Велике значення при застосуванні напівпровідникових тріодів набуває вимога стабільності характеристик і особливо стабільності нуля, так як виникнення деякого струму в навантаженні при відсутності напруги сигналу викликає поява додаткової статичної помилки.

Вимога повернення гідравлічного золотника в початкове положення після пересування рейки паливного насоса призводить до необхідності такого включення першого каскаду посилення, при якому в сталому режимі струми електромагнітів і тріодів другого

каскаду дорівнюють нулю.

Токовий сигнал вводиться в систему від стандартного трансформатора струму ТТ, максимальний вторинний струм якого не перевищує 5 А.

Щоб трансформатор струму не перевантажувався, опір навантаження повинно бути малим. порядку 0,2-0,15 Ом.

Практично встановити такий опір в схемі не представляється можливим. Тому після трансформатора струму ставиться розділовий трансформатор ТРЗ, коефіцієнт трансформації якого вибирається залежно від величини опору. Розділові трансформатори ТР1 і ТР2 забезпечують незалежну роботу обох плечей схеми, виключаючи зв'язок з середньою точкою трансформатора ТН і тим самим появу зрівняльних струмів.

Істотним недоліком розглянутої схеми є непропорційність сигналу на виході потужності при несиметричного навантаження генератора. Цей недолік усунуто в іншому варіанті схеми двухімпульсного регулятора (рис.8.6.), Принципи побудови якої розглядаються нижче.

Як відомо, вимір активної потужності генератора змінного струму проводиться методом двох ватметрів (рис.8.5.). При цьому потужність трифазної системи визначається як сума показань двох ватметрів:

$$P = U_{1,3} I_1 \cos(U_{1,3} I_1) + U_{2,3} I_2 \cos(U_{2,3} I_2)$$

$U_{1,3}$, $U_{2,3}$ - чинне значення лінійних напруг;

I_1 , I_2 - діючі значення лінійних струмів.

$(U_{1,3} I_1)$, $(U_{2,3} I_2)$ - кути зсуву фаз між відповідними лінійними струмами і напругами.

При наявності системи автоматичного регулювання напруги генератора можна прийняти

$$U_{1,3} = U_{2,3} = U_L = \text{const}$$

$$P = U_L [I_1 \cos(U_{1,3} I_1) + I_2 \cos(U_{2,3} I_2)]$$

Вимірювання потужності в цьому випадку можна звести до визначення проекцій лінійних струмів на відповідні лінійні напруги. Похибка буде залежати від точності підтримки напруги

генератора і не буде залежати від асиметрії навантаження.

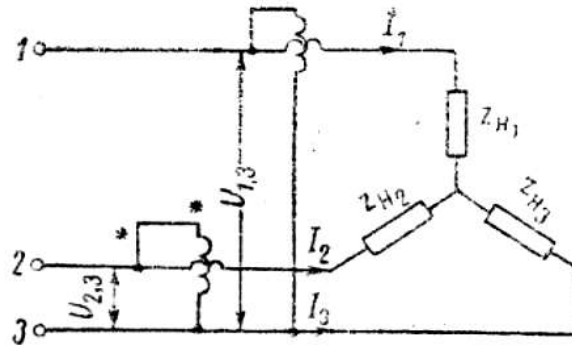


Рис.8.5 – Схема включення двох ватметрів для вимірювання потужності.

Схема вимірювального пристрою складається з двох діодних фазових дискримінаторів 1 і 2 (рис.8.3.). Напруга на виході кожного дискримінатора за умови $U_L \gg 10U_T$ може бути визначено за виразом

$$U_{CP} = 2k \frac{R}{Z} U_T \cos(UI) = 2k \frac{R}{Z} rI \cos(UI)$$

Де k - коефіцієнт пропорційності;

R - опір навантаження;

Z - повний опір контуру;

r - опір навантаження трансформатора струму.

беручи $K_1 = 2k \frac{R}{Z} r$ отримаємо на виході

дискримінаторів т. е. напруга на виході пропорційно сумі проекції струмів на відповідні лінійні напруги. Якщо $U_L = \text{const}$, то ця сума є пропорційною активної потужності.

Сигнал, пропорційний потужності повинен відпрацьовуватися сельсином або обертовим трансформатором (ВТ). Так як останній дає на виході змінну напругу, а для відпрацювання сигналу потужності потрібне постійне напруга змінного знака, то в схему введений ще один фазовий дискримінатор.

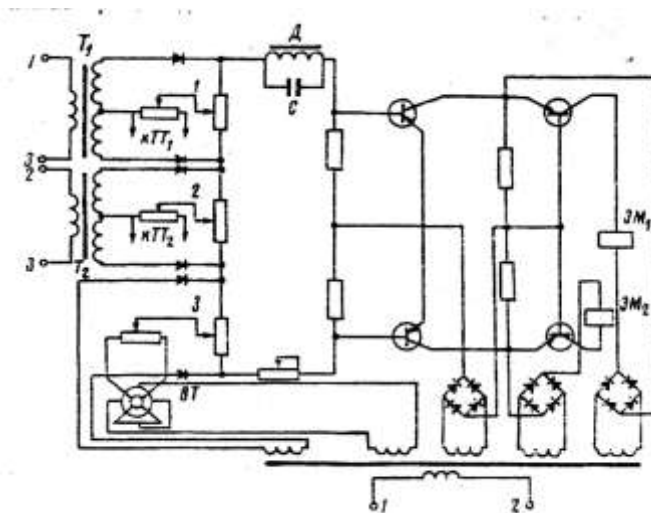


Рис.8.6.Електрична схема двухімпульсного регулятора.

Постійні напруги, одержувані на виході фазових дискримінаторів, недостатні для впливу на регулюючий орган, так як малі вхідні сигнали ($U_t < 1V$). Тому після вимірювального елемента вводиться двохкаскадний підсилювач на напівпровідникових тріодах-

Двухімпульсний електромеханічний регулятор діє в такий спосіб (рис.46). При відсутності навантаження рейка паливного насоса і пов'язаний з нею ротор обертового трансформатора ВТ знаходяться в положенні, при якому напруга на виході останнього дорівнює нулю. Токи на виході підсилювача також дорівнюватимуть нулю.

При набірному навантаженні (активної) на виході двох дискримінаторів 1 і 2 з'явиться постійна напруга, пропорційне активної потужності, що призведе до посилення струму в електромагніті, який збільшує подачу палива. Після того як рейка паливного насоса буде встановлена за допомогою гідропідсилювача в положення, відповідне нової навантаженні дизеля, ротор ВТ повернеться на кут, пропорційний потужності дизеля. При цьому на виході дискримінатора 3 з'явиться постійна напруга зворотного знака в порівнянні з сигналом по потужності. На вході підсилювача напруга буде дорівнювати нулю, і якор електромагніту займе своє початкове положення, припинивши дію на рейку паливного насоса. При скиданні навантаження працює другий електромагніт.

Електромеханічний двухімпульсний регулятор швидкості обертання володіє хорошими статичними і динамічними характеристиками.

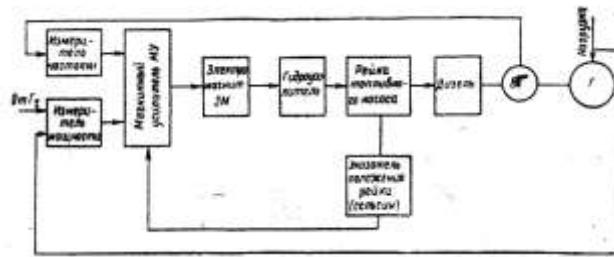


Рис.8.7. Блок-схема двухімпульсного електричного регулятора частоти.

8.2 Двухімпульсний електричний регулятор частоти

Регулятор складається з електричних датчиків швидкості обертання і активної потужності, магнітного і гідравлічного підсилювачів і електромагніту.

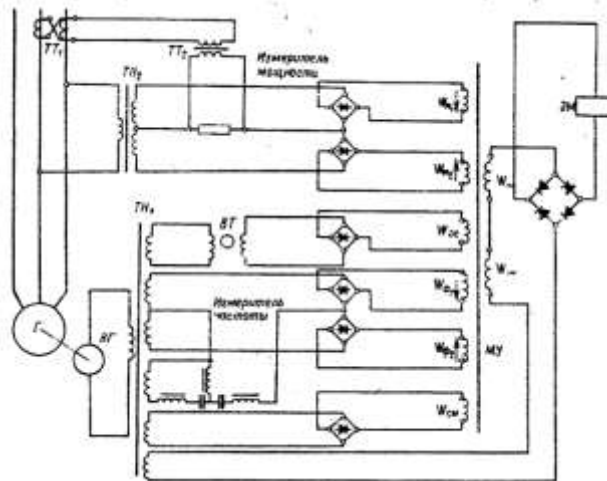


Рис.8.8 – Принципова електрична схема двухімпульсного електричного регулятора частоти.

Блок-схема і принципова електрична схема наведені на рис.8.7 і 8.8. У регуляторі використовується індуктивно-ємнісний смуговий фільтр в якості вимірювального елемента, що реагує на відхилення частоти. Вихід полосного фільтра включається в діагональ фазочутливі схеми, що складається з трансформатора з виведеною середньою точкою ТН1 і навантаження - обмоток управління $W_{Ф1}$ і $W_{Ф2}$ магнітного підсилювача МУ. смуговий фільтр (рис.8.9) змінює величину і знак зсуву фаз між напругою на вході і виході його та залежності від частоти в межах смуги пропускання (від f_1 до f_2).

При зміні частоти поза смуги пропускання і при $UBX = \text{const}$

напруга на виході фільтра змінюється лише але амплітуді. а зрушення фаз залишається постійним.

При зміні частоти а смузі пропускання від f_1 до f_2 і при $U_{BX} = \text{const}$ амплітуда напруги на виході залишається постійною, а кут φ змінюється від 0 до 180° .

Фільтр повинен бути налаштований таким чином, щоб при номінальній частоті вихідну напругу випереджало вхідний на кут 90° .

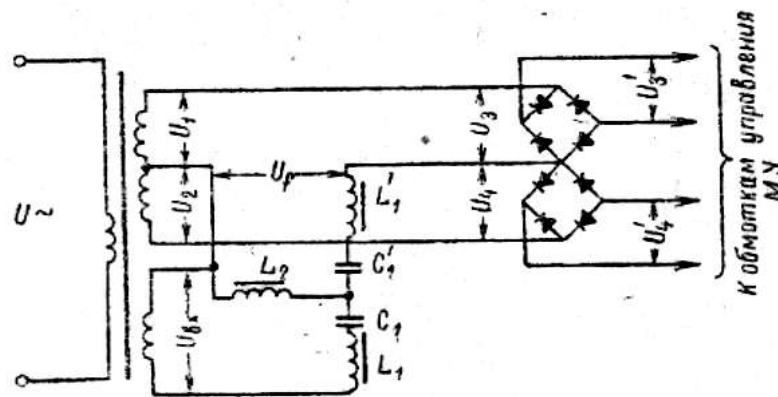


Рис.8.9 – Схема полосного фільтра.

Для пояснення сказаного на малюнку 50 наведено векторні діаграми напруг полосного фільтра.

Трансформатор ТН2 має виведену середню точку, отже, $U_1 = U_2$ і при $f = f_N$ рівні також результуючі напруги $U_3 = U_4$ (рис.8.10, а й 8.9). При цьому сигнали, що подаються на обмотки МУ, будуть однаковими.

При зниженні частоти кут φ зменшується (рис.8.10, б), а при підвищенні збільшується (рис.8.10, в), тому на виході вимірювального елемента виходить результуюча напруга $\Delta U = U_3 - U_4$.

З векторних діаграм слід:

$$U_3 = \sqrt{U_1^2 + U_f^2 - 2U_1U_f \cos \varphi} ;$$

$$U_4 = \sqrt{U_2^2 + U_f^2 + 2U_2U_f \cos \varphi} .$$

Найкращим режимом роботи схеми, з точки зору ККД і конструктивних міркувань, вважається режим при виконанні умови

$$|U_1| = |U_2| = |U_f| = |U| .$$

тоді

$$U_3 = 2U \sqrt{\frac{1 - \cos \varphi}{2}}$$

$$U_4 = 2U \sqrt{\frac{1 - \cos(\pi - \varphi)}{2}}$$

або

$$\Delta U = 2U \left(\sin \frac{\varphi}{2} - \sin \frac{\pi - \varphi}{2} \right)$$

Таким чином, при зміні кута φ від 0 до π результуюча напруга ΔU змінюється в межах від $-2U$ до $+2U$.

Вимірювальний елемент з частотним порожнинним фільтром має високий к.к.д. і малої інерційністю.

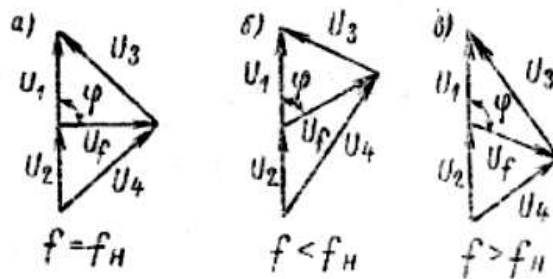


Рис.8.10 – Векторні діаграми напруг для смугового фільтра.

У діагональ фазочутливі схеми вимірювача потужності підводиться напруга, пропорційне току навантаження.

Принцип роботи схеми той же, що у електромеханічного регулятора.

Як підсилювального елемента використовується магнітний підсилювач МУ (рис.8.5), що має, крім обмоток WM1 WM2 Wф1 Wф2, пов'язаних з вимірювальними елементами, обмотку зміщення Wсм. Для підвищення коефіцієнта посилення в МУ може бути введена позитивний зворотний зв'язок. В іншому регулятор не відрізняється від електромеханічного.

Розглянута система з двухімпульсним електричним регулятором має ряд переваг:

- 1) відсутність відцентрового елемента підвищує надійність роботи, так як з системи регулювання виключена рухливі частини;
- 2) забезпечується більша точність розподілу навантажень між паралельно працюючими генераторами;
- 3) помилка підтримки частоти в статичному режимі складає $\pm 25\%$;
- 4) динамічне відхилення частоти не перевищує 4-5%;
- 5) тривалість перехідного процесу при набиранні номінального навантаження становить не більше 1 сек.

9 СИСТЕМИ ЗАХИСТУ І СІГНАЛІЗАЦІЇ

9.1 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 суднових 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 неспрацювання).

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.

9.2 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 відключень 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 (кормові 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 частоти 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 перемилок 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 на 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.

9.3 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 спрацьовування в зоні к. з .;
- 3) проводиться перевірка вимикача по граничним струмів к. з .;
- 4) визначається уставка вимикача на струм спрацьовування в

зоні к. 3 .;

5) перевіряється чутливість вимикача до мінімальних струмів к. 3.

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

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

де I_{ϕ} - розрахунковий струм фідера; $k_{одн.}$ - Коефіцієнт одночасності роботи споживачів; $k_{завр.i}$ - 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. 3. 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 досвіді 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;

$$\begin{aligned}i_{yd.} &\geq i_{yd.доп.} \\ I_t &\geq I_{t.доп.}\end{aligned}$$

де $i_{yd.}$, $i_{yd.доп.}$ розрахункова і допустиме значення ударного (максимального) струму к.з., кА; I_t , $I_{t.доп.}$ - 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:

$$k_{cp} \geq \frac{k_{над} k_{доп} k_{пуск} k_a}{1 - \delta_i} \frac{I_{ном.дв.}}{I_{ном.р.}}$$

де k_{cp} - Уставка на струм спрацьовування в зоні к. з. вимикача по ТУ; $k_{над}$ коефіцієнт надійності, рівний 1,05; $k_{доп}$ - 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

$$k_{cp} \geq (1 + E_{ост}) \frac{k_{над} k_{доп} k_{пуск} k_a}{1 - \delta_i} \frac{I_{ном.дв.}}{I_{ном.р.}}$$

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

$0,6U_{пер}$ - 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

$$k_q = \frac{I_{к.з.\min}}{k_{cp} I_{ном.р.}}$$

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

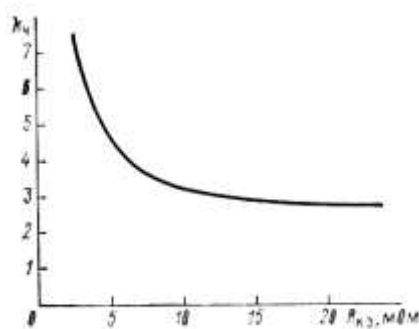


Рис.9.1 – Залежність коефіцієнта чутливості від опору ланцюга к.з. постійного струму.

Вибір запобіжників. Номінальний струм плавкої вставки запобіжника $I_{ном.п.в.}$ 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

$$t_p \geq 1,05t_{\text{пуск}}$$

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

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

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 відрізнятися 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 па розривну здатність по одному з умов, що задаються заводом-виготовлювачем для даного типу запобіжника:

$$i_{\text{уд}} \leq i_{\text{уд.доп.}}$$

$$I_{\text{П}} \leq I_{\text{П.доп.}}$$

де $i_{\text{уд}}$ ($i_{\text{уд.доп.}}$) і $I_{\text{П}}$ ($I_{\text{П.доп.}}$) - 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

$$I_{\text{maxдоп}} \leq I_{\text{max}}$$

де $I_{\text{maxдоп}}$ допустима відключається струм; I_{max} - Розрахунковий максимальний ток к.з.

9.4 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 короточасне 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 активної 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

$$k_{cp} = \frac{k'_{cp} I_{ном}}{I_{ном.г.} \cos \varphi_c}$$

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

9.5 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.

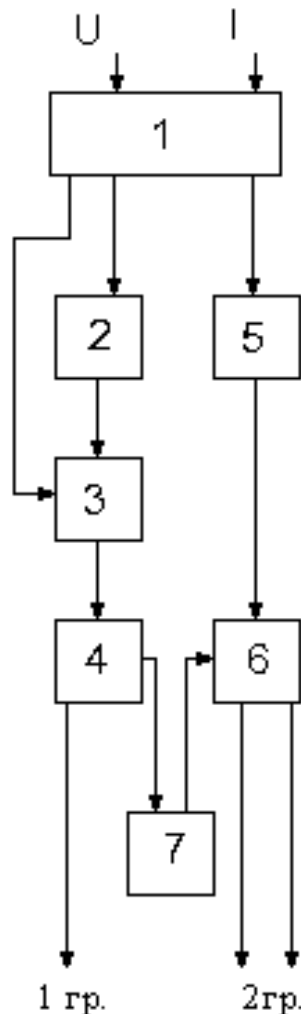


Рис.9.2 – Блок-схема УТЗ.

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 спрацює елемент 5 і реле 6 відключає обидві групи споживачів. Витримка часу близько 1 сек.

КЗУ фірми ACEA типу RYGIA. 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 5A і 110V.

Перший ступінь відключення менш відповідальних споживачів налаштовується на струм 3 ... 5A. 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.

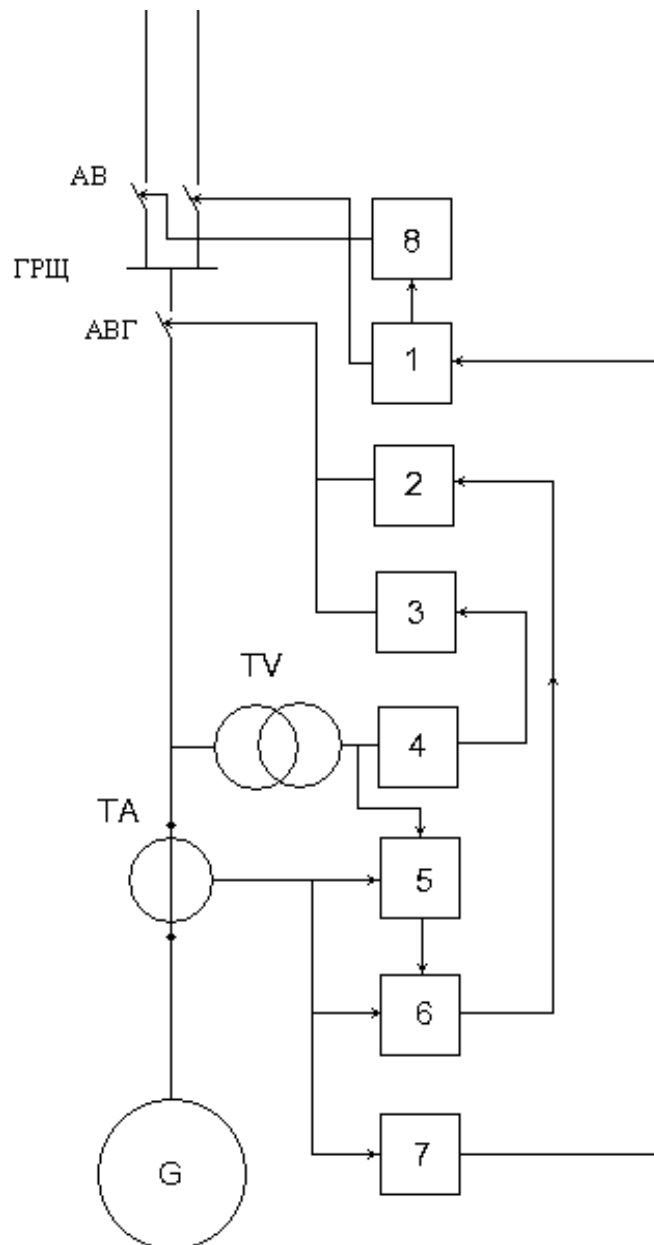


Рис.9.3 – КЗУ фірми ACEA типу RYGIA

9.6 Системи централізованого контролю.

Як уже сказано вище, в суднових електроустановках потрібно здійснювати контроль великої кількості параметрів.

У тих випадках, коли індивідуальний контроль оператором кожного параметра утруднений, а в ряді випадків і неможливий через їхню численність, вдаються до систем централізованого контролю.

У сучасних системах централізованого контролю передбачається обчислювальний пристрій, призначений для порівняння виміряних велич з уставками. Результати цих обчислень реєструються і видаються на цифровий прилад але вимогу

оператора.

На рис.76 наведена блок-схема централізованого контролю. Датчики Д1 ... Дп, застосовані в даній системі централізованого контролю, мають на виході однаковий діапазон вихідної напруги порядку 10 В. Підключення датчиків здійснюється спеціальним перемикачем П1, який працює під дією тактових імпульсів, що посилаються генератором імпульсів ГІ. Вихідні напруги датчиків по черзі підключаються до детектора відхилення ДО, який фіксує величини датчиків. Перемикач П2 працює синхронно з перемикачем П1, і включає лампи сигналізації, які повідомляють про стан контрольованого параметра, наприклад: лампа ЛВ - «вище», лампа ЛН - «нижче».

До перемикача П1, підключається цифровий перетворювач ЦП. Цифрові реєструючі пристрої фіксують відхилення параметра контрольованих об'єктів.

Всі ці дані, а також числові значення параметрів вводиться в центральне розподільний пристрій ЦРУ пристроєм введення УВ.

Система централізованого контролю наводиться в дію елементом часу ЕВ для періодичної реєстрації всіх параметрів через 2 ч, однак в разі необхідності оператор може викликати будь-яке його параметр.

За даними зарубіжній пресі, загальне число контрольованих параметрів, наприклад на танкерах, перевищує 200 точок, на рефрижераторних судах - 400, внаслідок чого на неавтоматизованих судах на контроль і реєстрацію (запис) показань приладів витрачається до 70% часу вахт.

При централізації і автоматизації управління число контрольованих параметрів зростає і безпосереднє уявлення всієї інформації на пульті оператора стає неможливим як через габаритних обмежень, так і внаслідок того, що оператор не може впоратися з великою кількістю даних, що надходять.

Внаслідок цього при розробці систем централізованого контролю необхідно передбачати логічну обробку даних про параметри і про роботу суднових електроустановок.

На системи централізованого контролю при роботі їх в складі комплексних систем управління покладаються також завдання з контролю систем управління.

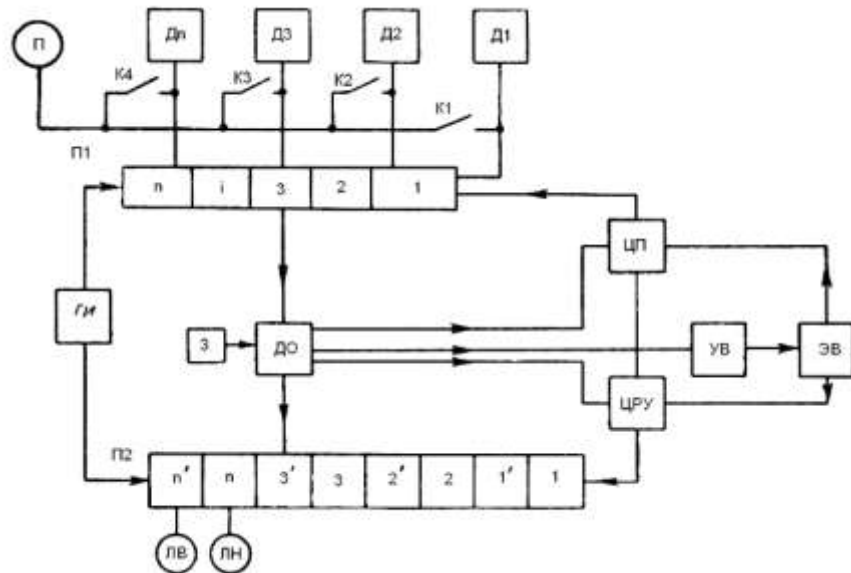


Рис.9.4 Блок-схема централізованого контролю.

Д1 Д2 Д3 Дп - датчики; П1, П2 - перемикачі; ГІ - генератор імпульсів; З - задатчик; ДО - детектор відхилень; ЛВ, ЛН - сигнальні лампи; ЦРУ - цифрове пристрій, що реєструє; ЦП - цифровий перетворювач; І - розмір; УВ - пристрій введення; ЕВ - елемент часу.

Контроль систем управління призначений для визначення ступеня їх працездатності, виявлення несправних вузлів і елементів. Автоматизований контроль значно скорочує час пошуку несправності, а отже, період ремонту системи, і тим підвищує експлуатаційну надійність комплексної системи управління.

Існують два основні методи контролю систем управління: автоматичний централізований контроль параметрів обслуговується системи і автоматизований схемний контроль системи управління.

Перший з них заснований на аналізі результатів вимірювання, другий безпосередньо пов'язаний з визначенням факту несправності елементів керуючої системи. Схемний контроль розглядається як сукупність вимірювальних і логічних операцій, спрямованих на визначення факту і адреси несправності (рис.9.5).

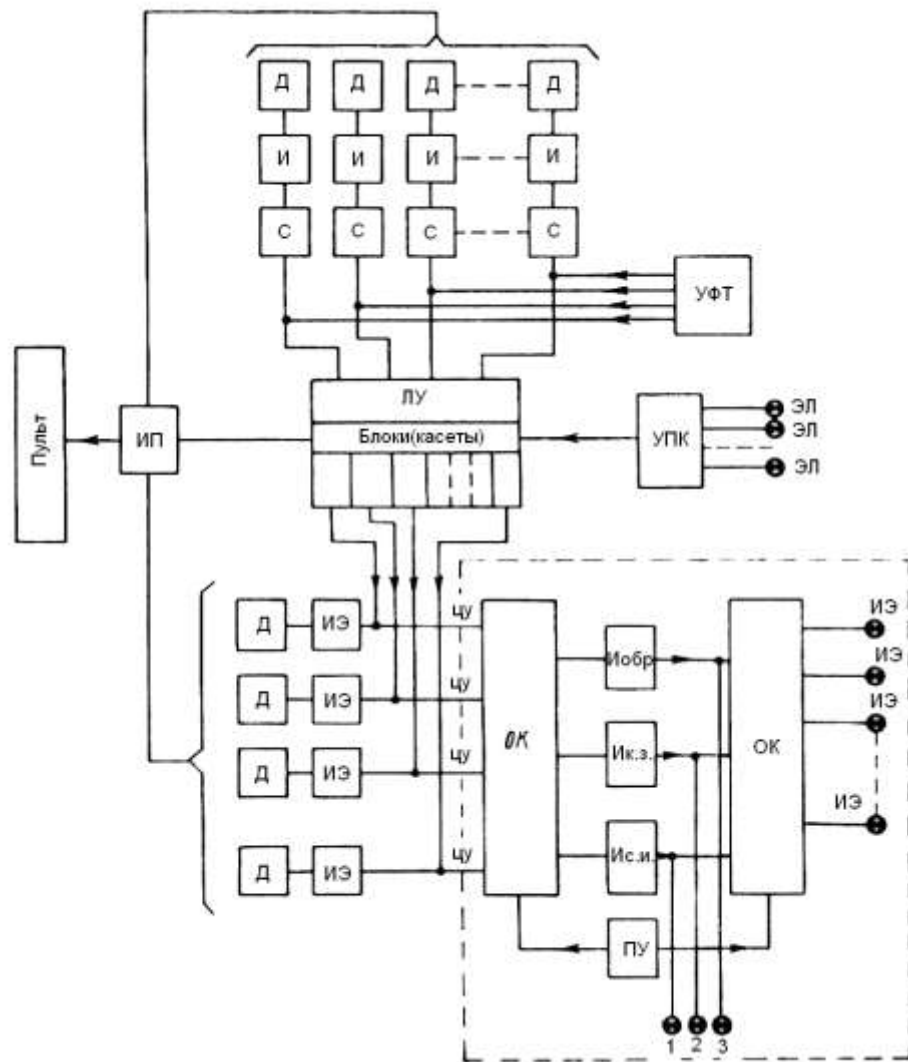


Рис. 9.5 – Блок-схема автоматичного системного контролю.

Контроль параметрів об'єкта управління проводиться, як правило, одночасно з процесом управління. При цьому часто використовуються загальні джерела (датчики) інформації. Як приклад може бути розглянута система управління електроенергетичної установкою судна. Працездатність системи управління може бути перевірена за відхиленнями напруги, частоти і струму від номінальних значень, причому в системі контролю можуть бути використані ті ж датчики параметрів, що і в системі управління.

Автоматичний схемний контроль включає в себе оперативний, регламентний і базовий контроль.

Оперативний контроль передбачає перевірку об'єкта управління перед його пуском в умовах нестачі часу і неможливості виконання ремонту апаратури автоматики на судні. Завдання оперативного контролю обмежуються визначенням факту

працездатності системи. До систем оперативного контролю пред'являються вимоги максимальної швидкості, мінімуму контрольних операцій та контрольної апаратури.

Регламентний контроль обумовлює можливість проведення періодичного профілактичного огляду і виробництва обмеженого ремонту в суднових умовах. У регламентний контроль може бути включено виявлення легко усуваються несправностей, а також подача сигналів на пристрої заміни несправних блоків або елементів.

Базовий контроль включає в себе як оперативний, так і регламентний контроль, його можливості безумовно ширше. Він містить операції по виявленню несправних елементів, так як в цьому випадку час і можливості здійснення ремонту зростають. На рис.74 пунктиром вказана схема оперативного контролю. Вона призначена для перевірки найбільш відповідальних і вразливих ділянок системи: пенею управління ЦУ, виконавчих елементів ІЕ (реле і котушок автоматичних вимикачів тощо). При цьому контролюється відсутність обривів, коротких замикань і зниження опору ізоляції. За допомогою обхідника-комутатора ОК, керованого програмним пристроєм ПУ, по черзі підключаються індикатор обриву Іобр, короткого замикання Ік.з. і індикатор зниження ізоляції Іс.і .. При появі відмови вказується його вид (лампи 1, 2, 3) і номер виконавчого елемента.

Регламентний контроль крім перерахованих вище операцій включає в себе перевірку справності касет блоку логічного управління ЛУ шляхом подачі тестових сигналів від пристрою формування тестів УФТ. Тести імітують різні набори вхідних сигналів від штатних джерел інформації. Працездатність системи при цьому контролюється за сигналами системи обробки та подання інформації П. В ЦП надходить інформація як від датчиків параметрів, так і від датчиків стану виконавчих елементів Д через вимірювальні перетворювачі І і сигналізатори С.

Базовий контроль, як уже зазначалося вище, включає оперативний і регламентний контроль і, крім того, призначений для перевірки і заміни несправних елементів касет. Перевірка проводиться за допомогою тестового приладу - пристрої для перевірки касет КПК, що визначає відмовили елементи.

10 УНІФІКОВАНІ ПРИСТРОЇ СУДНОВОЇ ЕЛЕКТРОАВТОМАТИКИ

10.1 Прилади контролю опору ізоляції.

На судах крім переносних мегомметрів застосовується безперервний контроль опору ізоляції мереж під напругою і без. Цю функцію виконують спеціальні щитові прилади. Щитові прилади забезпечують контроль опору ізоляції, але не дозволяють заміряти його. Для вимірювання опору ізоляції функція контролю відключається, і включається функція вимірювання і включаються інші прилади.

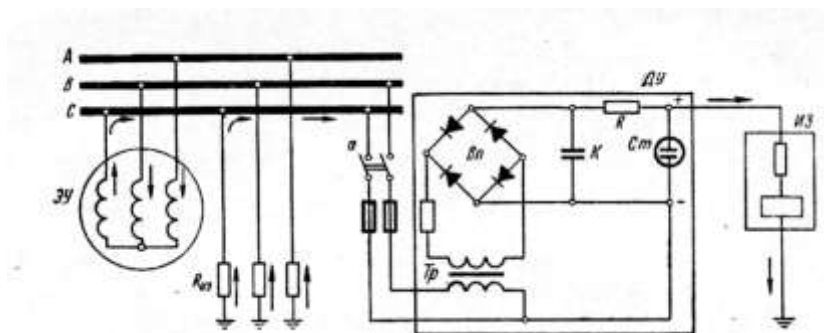


Рис.10.1 – Елементна схема включення щитового мегомметра для вимірювання опору ізоляції мережі змінного струму під напругою.

На рис.10.1 зображена елементна схема щитового мегомметра, який вимірює одночасно опір ізоляції трьох фаз мережі змінного струму (без поділу величини опору ізоляції по окремих фазах). Мегомметр складається з двох основних частин; вимірювального приладу ІЗ і додаткового дистанційного.

Вимірювальний прилад - магнітоелектричної системи зі шкалою в Ом·с. Додатковий пристрій складається з понижуючого трансформатора $Тр$, випрямляча $Вп$, ємнісного фільтра, що згладжує $Дф$ і стабілізатора напруги $Ст$.

Призначенням додаткового пристрою є отримання постійного струму, який проходить по вимірювальному приладу і ізоляції всіх трьох фаз мережі. Ланцюг протікання постійного струму починається від точки, позначеної плюсом в додатковому пристрої. Далі струм протікає по приладу і розгалужується за трьома паралельно включеним опорам ізоляції фаз мережі $R_{из}$. Потім через

обмотки різних електричних установок ЕУ, підключених до ГРЩ (генератори, двигуни і ін.), Все три струму направляються до точки «а» і мінуса додаткового пристрою. Опір обмоток споживачів мізерно мало в порівнянні з опором ізоляції мережі, тому можна вважати, що значення струму, що протікає через вимірювальний прилад, і, отже, показання приладу визначаються результирующим опором паралельно включених опорів ізоляції всіх трьох фаз мережі.

Додатковий пристрій може бути підключено до будь-яких двох фаз. При цьому прилад буде показувати еквівалентний опір паралельного з'єднання опору ізоляції всіх трьох фаз мережі.

Мегомметр можна використовувати також для вимірювання результирующего опору ізоляції мережі постійного струму при збереженні живлення приладу від мережі змінного струму, а при встановленні відповідного перемикача можна контролювати опір ізоляції різних мереж постійного і змінного струму. Мегомметр розрахований на короткочасну роботу і тому приєднується на шини ГРЩ через вимикач.

Як приладів контролю опору ізоляції використовуються:

1. «Електрон»;
2. УКІ - контрольний прилад ізоляції;
3. ПКІ - прилад контролю ізоляції;
4. БКІ - блок контролю ізоляції.

Вони розраховані на контроль опору ізоляції мережі напругою до 400 В і частотою 50 - 400 Гц.

Тип приладу	Уставки опору ізоляції, кОм			
	електро н	УКІ1	ПКІ	БКІ
	25-50 500 ±	25-50 200 ±	25-50 50 ±	25-50 50 ±
	100	60	15	15
	500 ±	200 ±	100 ±	50 ±
	100	60	30	15
	200 ±	100 ±	50 ±	25 ±
	40	20	12,5	7,5

10.2 Пристрій контролю опору ізоляції

Пристрій дозволяє здійснювати автоматичний контроль і періодичні вимірювання опору ізоляції вбудованим мегомметром.

Пристрій контролю ізоляції (рис.10,2) складається з трьох основних блоків: вимірювального, що сигналізує і блоку живлення.

У вимірювальний блок входять кнопки SB1 (контроль справності кола сигналізації) і SB2 (включення вимірювального приладу), перемикач уставок SA, резистори R7 - R12, R24 - R34, діод VD9, конденсатори C5 і C7, мегомметр.

Сигналізує блок складається з двох тригерів, виконаних на транзисторах VT1-VT4 і резисторах R13 - R23. Сюди ж входять стабілітрони VD16, VD17, конденсатор C6, сигнальна лампа HL і котушка реле KV для включення акустичного пристрою.

Блок живлення представлений багатообмотувальним трансформатором TV з обмотками I-V, діодами VD1-VD8, баластними резисторами R1-R6, конденсаторами C1-C4 і стабілітронами VD10 - VD15.

Вимірювальний блок підключений до випрямлення стабілізованому напрузі 150 В, що одержуються від обмотки II трансформатора TV. При цьому утворюється наступна ланцюг струму: «+», який розмикає контакт кнопки SB1, контрольована мережа, опір ізоляції мережі, корпус судна, який розмикає контакт кнопки SB2, перемикач SA, резистор R10, резистор R12, діод VD9, перемикач SA, резистори R25 і R30, «-». У цьому ланцюзі протікає струм, що залежить від опору ізоляції контрольованої мережі.

На базу транзистора VT1 подається позитивний потенціал, що знімається з дільника напруги. У верхнє плече цього подільника входять опір ізоляції мережі, резистори R10, R12, а в нижнє плече - резистори R25, R30. Неважко бачити, що при зменшенні опору ізоляції мережі позитивний потенціал на базі транзистора VT1 зростає. Коли опір ізоляції знизиться нижче заданого значення, відбувається перекидання 1-го тригера, а це в свою чергу викликає спрацювання 2-го тригера, в результаті чого транзистор VT4 буде відкритий - з'являться світловий і звукові сигнали.

Перемикач SA дозволяє змінити співвідношення опорів верхнього і нижнього плечей дільника напруги, т. Е. Змінити опір ізоляції мережі, при якому спрацює сигналізує блок. Обмотки III і IV трансформатора TV служать для харчування відповідно 1-го та

2-го тригерів, а обмотка V створює негативний зсув на базах транзисторів VT3 і VT4 для зменшення впливу температури на роботу 2-го тригера.

При натисканні кнопки SB2 в контрольоване коло включається прилад вимірює струм витoku через ізоляцію мережі. Цей прилад від градуйований в мегомах. Натисканням кнопки SB1 замість опору ізоляції включається резистор R8, і сигналізує блок якщо він справний, повинен спрацювати.

Прилад дозволяють отримувати інформацію про стан опору ізоляції мереж СЕЕО в цілому.

Разом з тим пошук елемента СЕЕО, що має дефект в ізоляції, ґрунтується на особистому досвіді обслуговуючого персоналу, і його проводять вручну шляхом почергового відключення фідерів від ГРЩ. При цьому відключають і приймачі, у яких відсутня ушкодження ізоляції.

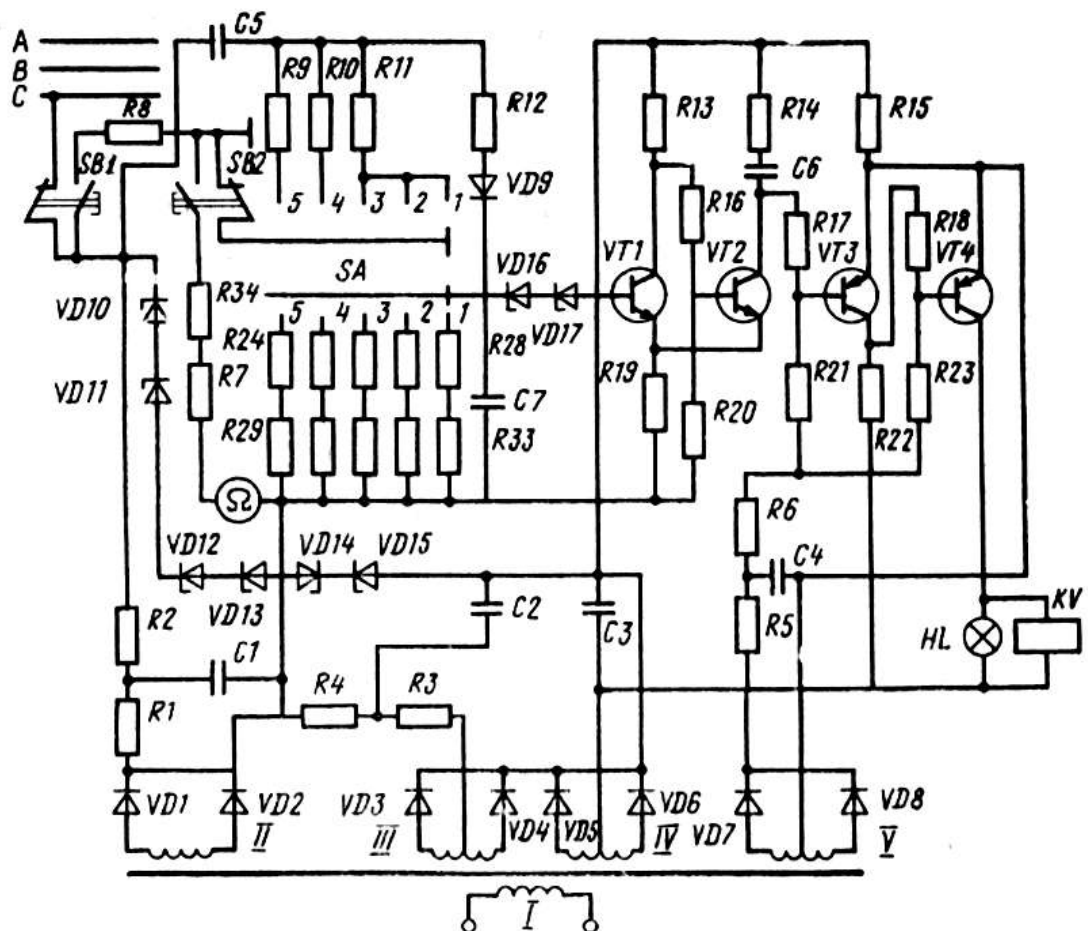


Рис.10.2 – Принципова схема пристрою

10.3 Пристрій контролю опору ізоляції в суднових мережах змінного струму (ПКІ).

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).

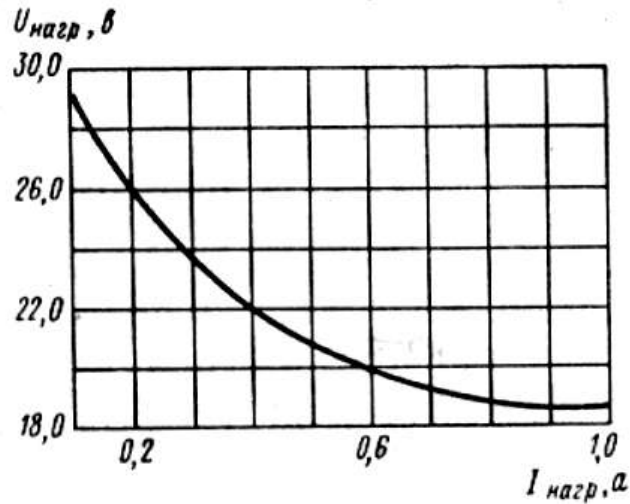


Рис.10.3 Зовнішня характеристика ланцюга виходу приладу ПКІ.

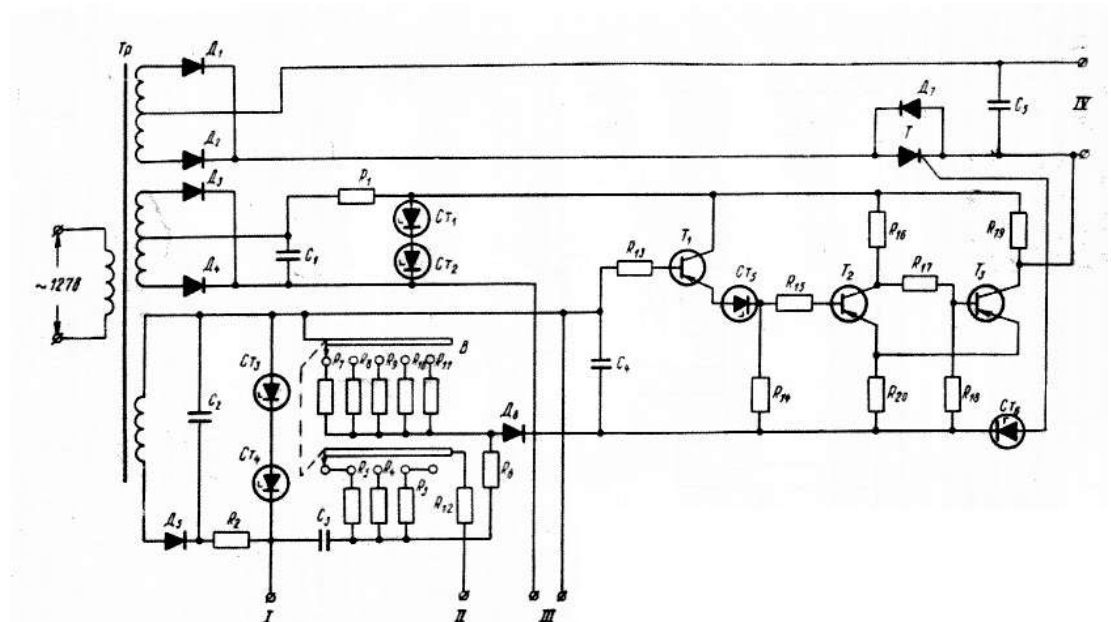


Рис.10.4 Принципова схема приладу ПКІ

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 вимірювальній ланцюга, в яку включені конденсатори С3, С4 для шунтування змінної складової струму витоку, змінюється струм витоку, а отже, і падіння напруги на резисторі уставки. Це падіння напруги докладено до входу емітерного повторювача, виконаного на транзисторі Т1. Завдяки великому вхідному опору емітерний повторювача шунтує опору уставки, що особливо важливо при уставці 500 кОм, так як в цьому випадку по вимірювального ланцюга протікає малий струм витоку.

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 вхідному 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

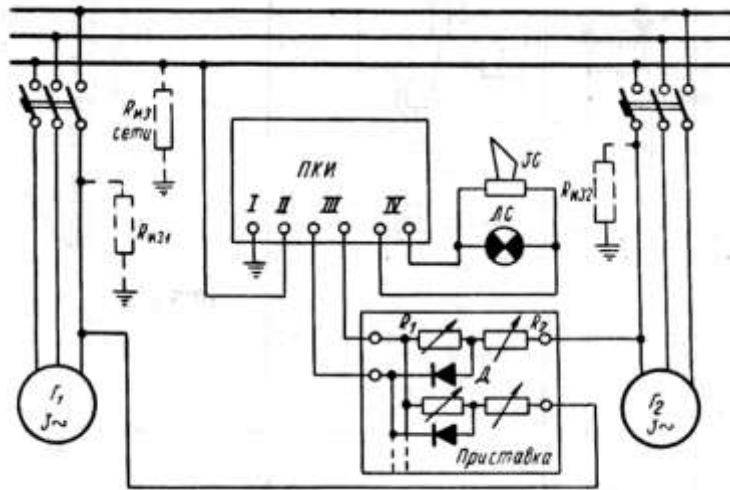


Рис.10.5 – Схема включення приладу ПКІ і приставки.

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.

10.4 Пристрій контролю порядку чергування фаз

При подачі живлення з берега можлива зміна порядку чергування фаз трифазної системи, що пов'язано з небажаним зміною напрямку обертання електродвигунів або стоянкою під струмом і т. П. Тому на секції управління встановлюють так званий Фазопоказчики ФУ. Даний прилад ваттметрового типу феродинамічні системи має схему включення, представлену на рис.

54, а. Обмотка рухомий рамки приладу ЗР включена на напругу фази А, так як точка 0 є штучною нульовою точкою. Обмотка збудження 0В включена послідовно з конденсатором на лінійну напругу ВС. Якщо при перемиканні Фазопоказчики за допомогою перемикача П з шин ГРЩ на харчування з берега (рис.10.6, б) зміниться чергування фаз, то в першому положенні стрілка його відхилиться в одну сторону, а в другому-в іншу. Це пояснюється зміною напрямку вектора струму I_B в обмотці 0В (рис.10.6, в), в результаті чого крутний момент, діючий на рамку приладу, також змінює свій напрямок.

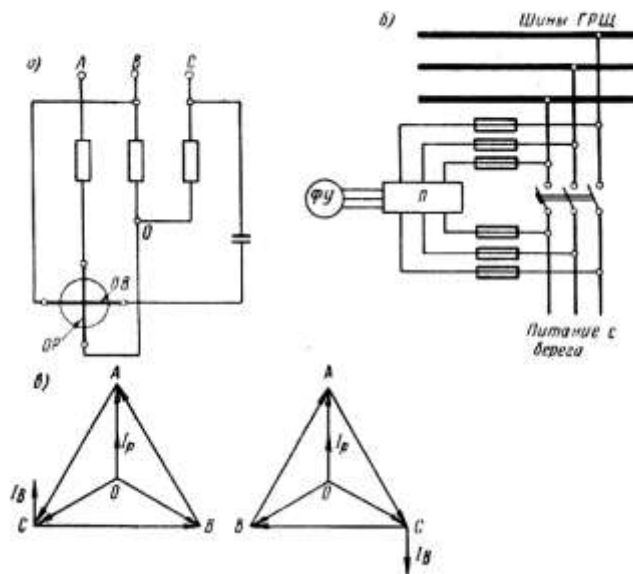


Рис. 10.6 – Схеми включення і векторні діаграми роботи Фазопоказчики.

10.5 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 В3, В4 резисторів R3, R4 фільтруючого конденсатора С3, і тригера на транзисторах Т3, Т4, включеного на реле РП2. Стабілітрон Ст дає можливість різко змінювати керуючий сигнал в ланцюзі транзистора Т3, при

невеликих змінах напруги. Реле РП3, через прикінцеві контакти реле РП1 і РП2, підключено до трансформатора Тр через накопичувальні конденсатори С5 -С10 і випрямляч В6.

При значенні напруги мережі вище уставки спрацьовувань негативна напруга в ланцюзі бази транзистора Т3, тримає його відкритим. При цьому транзистор Т4, замкнений і реле РП2, живиться через резистор R20, втягнуто, його контакт в ланцюзі РП3, розімкнути. При зниженні напруги нижче уставки Т3, замикається і Т4, відкриваючись, шунтує котушку реле РП2, яка відпускає якір і замикає контактом ланцюг котушки РП3.

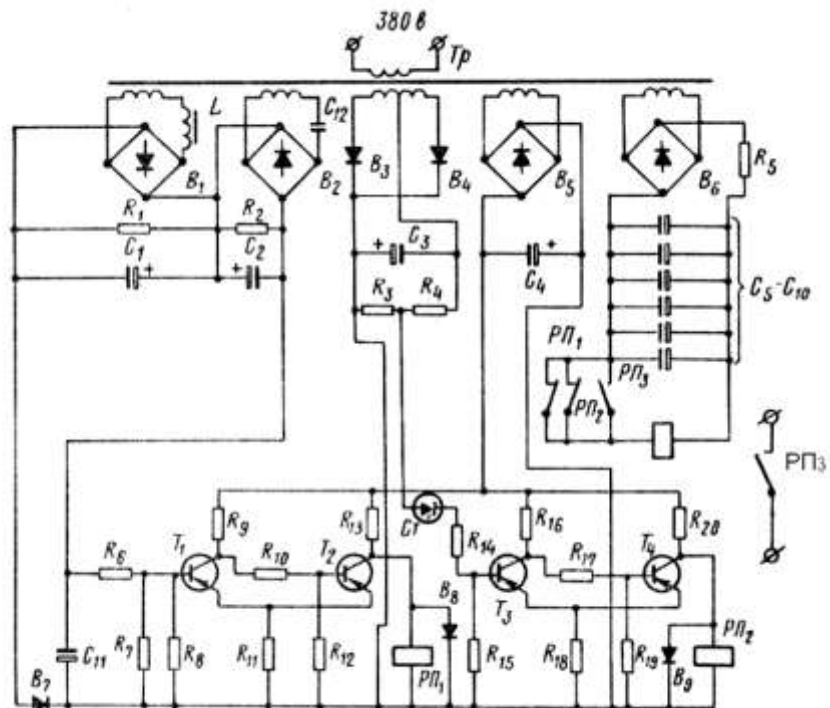


Рис. 10.7 – Схема пристрою.

Датчик частоти включає в себе індуктивність L, конденсатор С12, тригер на транзисторах Т1, Т2 і проміжне реле РП1. 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 UR1 і UR2. Зменшення частоти до уставки спрацьовування викликає збільшення напруги UR1 і зменшення падіння напруги UR2, включеного зустрічно напрузі UR1. В результаті напруга на вході транзистора Т1 зменшується і Т1 закривається.

Несиметричний тригер на транзисторах Т1, Т2 переключається, транзистор Т2 відкривається і шунтує котушку

реле РП1, контакт реле замикає ланцюг котушки реле РП3. При номінальній частоті (більше уставки) падіння напруги на UR2, більше, ніж на UR1, а до бази транзистора Т1, докладено негативне напруга по відношенню до емітера. В результаті Т1 відкритий, а Т2 замкнений і реле РП1, котушка якого живиться через резистор R13, втягнуто, його контакт в ланцюзі котушки РП3 розімкнути.

Надійне спрацьовування реле РП3, при коротких замиканнях в контрольованій мережі, коли напруга на затискачах пристрою УПП-1 знижується до нуля, забезпечується накопичувальними конденсаторами С5 - С10, розряд яких на котушку реле РП3 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.

10.6 Пристрій захисту від обриву фаз і сигналізації про зниження напруги.

Пристрій ЗОФН призначене для захисту суднових електроенергетичних систем трифазного змінного струму від роботи споживачів на двох фазах і сигналізації про зниження напруги при харчуванні з берега. Пристрій передбачено для роботи в мережах змінного струму з частотою 50 Гц, при напрузі до 380В і струмі навантаження до 800А, при цьому трансформатори струму включаються на повний струм кожної фази фідера харчування з берега.

Пристрій не дає помилкових спрацьовуванні при симетричних і несиметричних коротких замикань, несиметричних напруг і струмів навантаження електростанції, що доходять до 70%, пусках електродвигунів, порівнянних за потужністю з потужністю електростанції, а також на підйомі будь-якого навантаження і скидах навантаження до нуля.

Пристрій ЗОФН складається з блоку реле, що складається в свою чергу з блоку захисту при обриві фази, і блоку сигналізації про зниження напруги, змонтованих в одному корпусі, а також

блоку трансформаторів струму. Схема ЗОФН приведена на рис.10.8.

Блок захисту при обриві фази складається з двох частин - вимірювальної та виконавчої. Вимірювальну частину схеми складають випрямний міст В1, вимірювальне реле Р1, конденсатор С1 і резистор R1 - елементи форсування і обмеження струму реле Р1.

Виконавчу частину схеми складають: трифазний випрямний міст В2, виконавче реле Р2, R2 і С2 - елементи витримки часу при спрацьовуванні реле Р2, Rш - шунтуючі опір.

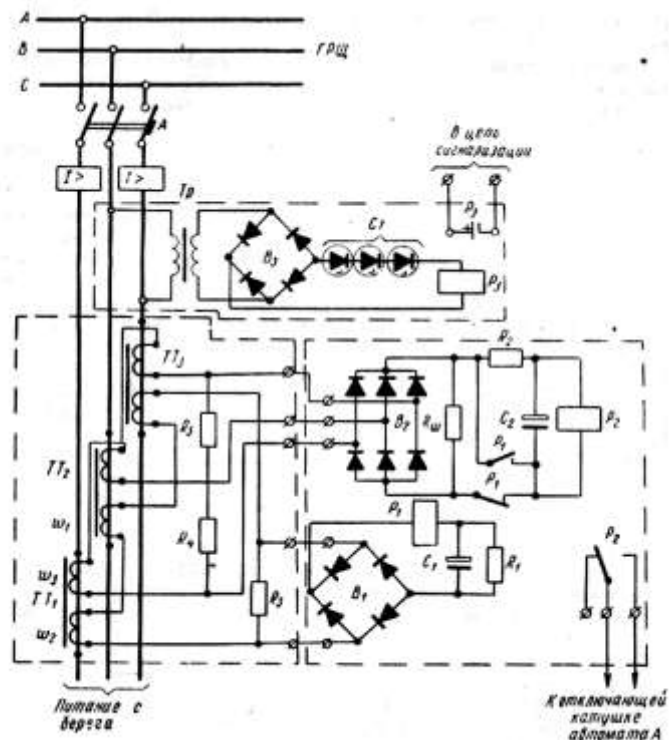


Рис. 10.8 – Принципова схема ЗОФН.

Подача імпульсу на відключення в разі обриву будь-якої фази забезпечується при токах навантаження з 15А і більше. Залежність часу спрацьовування реле Р2 від струму навантаження.

Подача імпульсу про зниження напруги виробляється блоком сигналізації при зниженні напруги до 80-85% від номінального.

Блок трансформаторів струму складається з трьох спеціальних швидконасичених трансформаторів струму ТТ1 - ТТ3 з двома вторинними обмотками ω_2 і ω_3 (див. Рис.10.8). Вторинні обмотки ω_2 , з'єднані послідовно, включаються на вимірювальну частину схеми блоку реле. Вторинні обмотки ω_3 , з'єднані в зірку, включаються на виконавчу частину схеми блоку реле. Для захисту

вторинних обмоток трансформаторів струму від перенапруг і забезпечення безпеки обслуговування вихід вторинних обмоток ω_2 і ω_3 шунтований резисторами R3 - R5.

Принцип дії захисту від обриву фази заснований на виділенні і підсумовуванні гармонійних складових е.р.с., кратних трьом, шляхом послідовного з'єднання вторинних обмоток ω_2 швидконасичених трансформаторів струму, а також на використанні в схемі захисту е. д. з., що виникає в обмотках ω_3 , з'єднаних в зірку.

Гармонійні складові е.р.с., кратні трьом, впливають на вимірювальну частину схеми, яка контролює справність фаз; е.р.с. складної форми впливає на виконавчу частину схеми, що дає сигнал про обрив фази.

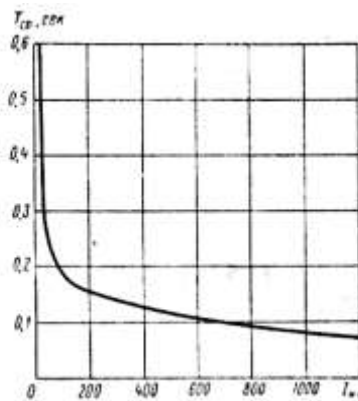


Рис.10.9 – Залежність часу спрацьовування виконавчого реле від струму навантаження.

Пристрій захисту працює наступним чином. При відсутності струмів в фазах контрольованому колу воно знаходиться в неробочому стані. Після появи струмів в фазах, в разі ненасиченої магнітної системи трансформаторів (при токах навантаження до 3А) у вторинних обмотках наводиться е.р.с. синусоїдальної форми основної частоти, геометрична сума яких при послідовному з'єднанні обмоток ω_2 буде дорівнює нулю. Коли струм навантаження досягне 3 - 4 А, магнітна система насититься. При цьому форма кривої е.р.с. у вторинних обмотках різко спотвориться, е.р.с. - стане несинусоїдною. Як відомо з основ електротехніки, е.р.с. будь-якої форми може бути представлена у вигляді суми синусоїдальних е.р.с. різної амплітуди і частоти. Ці е.р.с. називають гармонійними складовими, або гармоніками.

Гармонійну складову основної частоти називають основною, або першої, складовою; інші гармоніки характеризуються числом, що вказує, у скільки разів їх частота вище частоти основної гармоніки. Так, в мережі частотою 50 Гц третя гармоніка має частоту 150Гц, п'ята - 250Гц і т. Д.

Третя гармонійна складова характерна тим, що, змінюючись в три рази швидше основної частоти, вона виявляється в фазі з третіми гармоніками інших фаз трифазної мережі. Тому в послідовно з'єднаних обмотках ω_2 третя гармоніка е.р.с. підсумовується, в результаті чого реле Р1 спрацьовує, відключаючи котушку реле Р2 від випрямляча В2 і замикаючи конденсатор С2 на резистор R2. Спрацьовування реле Р1 відбувається прискорено, оскільки через конденсатор на його котушку подається підвищена напруга, після заряду конденсатора надлишок напруги падає на резисторі R1.

Схема блоку захисту побудована таким чином, що при набиранні будь-якого навантаження першим завжди спрацьовує реле Р1 (в нормальному режимі). Це досягається прискоренням включенням реле Р1 і витримкою часу при спрацьовуванні реле Р2, одержуваної за допомогою ланцюжка R2-С2, де С2, заряджаючись, шунтує котушку Р2.

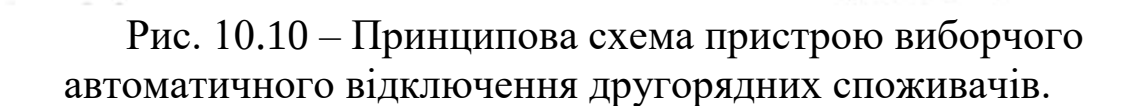
При обриві будь-який з фаз мережі живлення трифазна навантаження перетворюється в однофазну. Токи в справних фазах стають рівними за величиною і зсунутими один щодо одного на 180° . В цьому випадку у вторинних обмотках трансформаторів струму, з'єднаних послідовно (в ідеальному випадку), наводяться рівні і протилежно направлені. е.р.с., геометрична сума яких буде дорівнює нулю. Реле Р1, втративши харчування, включить своїм нормально закритим контактом обмотку виконавчого реле Р2 на вторинні обмотки ω_3 , з'єднані в зірку. Реле Р2, спрацювавши, подасть імпульс на відключення автомата станції харчування з берега або включить сигналізацію про обрив фази.

Блок сигналізації про зниження напруги складається з понижуючого трансформатора напруги Тр, вторинна обмотка якого включена на випрямний міст В3, стабілітронів, що виконують функції нелінійних о

Принцип дії блоку сигналізації про зниження напруги полягає в наступному. При нормальному напрузі в мережі реле Р3 порушено і нормально закриті контакти його, включені в ланцюг

Пристрій виборчого автоматичного відключення складає

Принципová схема přístroje je představena na рис. 16.16



Блок вимірювання включає датчик активного струму Д.

МУ, що працює в релеинному режимі, налаштовується на спрацьовування при струмі генератора вище 110% ІН. При

МУ, що працює в релейному режимі, налаштовується на спрацьовування при струмі генератора вище 110% ІН. При

виникненні такої перевантаження на шинах генератора спрацьовує реле в робочій ланцюга МУ 1Р. Реле 1Р замикає контакти в схемі управління та в ланцюзі напівпровідникового реле 1РВ. Останнє спрацьовує з витримкою часу 3 сек. Отримує харчування котушка реле 2Р, яке своїм контактом замикає ланцюг відключає розчеплювач автомата.

Перша група мало відповідальних споживачів відключається. При зниженні струму генератора до номінального значення реле 1Р розмикає прикінцеві контакти і схема управління втрачає харчування. Якщо з яких-небудь причин перевантаження не припинилася, реле 2Р замикає контакти 2Р в ланцюзі реле часу 2РВ і воно спрацьовує з витримкою часу 3 сек. Замикається ланцюг реле 3Р. і відключається друга група споживачів.

Подальша робота схеми протікає аналогічним чином. Для відключення схеми від мережі передбачений пакетний вимикач, винесений на пульт управління (на схемі не показаний).

Готує та налагоджує пристрої проводиться шляхом установки відповідного струму зміщення МУ. Відключення споживачів відбувається автоматично; включення здійснюється обслуговуючим персоналом вручну.

Витримка часу спрацьовування реле 1РВ необхідна для виключення спрацьовування пристрою при коротких замиканнях і пусках асинхронних короткозамкнених двигунів.

Пристрій вибірково відключити другорядних споживачів може бути використано для всього діапазону потужностей СГ серій МС і МСК.

Коефіцієнт повернення пристрою, рівний 0,9, дозволяє забезпечити автоматичне розвантаження генератора при перевантаженні його по току вище 110% ІН в три ступені відключення мало відповідальних споживачів з рівними витримками часу 3 сек.

Зміна частоти на уставки спрацьовування пристрою впливає незначно.

Пристрій вибірково відключити при відповідній його налаштування може бути застосовано для захисту турбогенераторів від перевантаження з уставками 1,35 ІН генератора.

10.8 Пристрій світловий і звуковий сигналізації.

При експлуатації суднової електроустановки необхідно здійснювати попереджувальну сигналізацію про виникаючі несправності.

В системі контролю і сигналізації суднових автоматизованих електроустановок в якості пристроїв, що сповіщають обслуговуючий персонал про стан контрольованого параметра, можуть застосовуватися світлові і звукові сигнали. У ряді випадків ці сигнали використовуються як доповнюючи один одного. При цьому звуковий сигнал грає роль сповіщає, звертаючи увагу обслуговуючого персоналу на виникнення аварійної ситуації. При усуненні аварійної ситуації робота пристрою звукової сигналізації (УЗС) припиняється.

Як сповіщає сигналу для приміщення, де постійно перебуває вахтовий персонал, може бути застосована лампа з миготливим світлом. Для отримання миготливого світла застосовуються спеціальні пристрої, наприклад пристрій світлової сигналізації типу УС.

Пристрій УС. Складається з блоку живлення, мультівібратора і магнітного підсилювача (рис.10.11).

Блок живлення, що включає трансформатор Тр, випрямляч В4 і ємнісний фільтр С3, забезпечує постійну напругу для живлення мультівібратора. Мультівібратор (транзистори Т1, Т2) призначений для генерування імпульсів управління магнітним підсилювачем, який, в свою чергу, посилює вихідний сигнал мультівібратора.

Принцип роботи пристрою полягає в наступному. При включенні напруги живлення мультівібратора він переходить в режим автоколивань. Припустимо, що в початковий момент в симетричній схемі струми в обох транзисторах Т1 і Т2 однакові. Поява несиметрії порушує цей стан, яке є нестійким. Припустимо, дещо зменшився струм транзистора Т1. Це призведе до зменшення падіння напруги на резисторі R1, і збільшення негативного потенціалу на колекторі транзистора Т1. Збільшення напруги на колекторі передається через конденсатор С1, на базу транзистора Т2, який ще більше відкривається. Мультівібратор знаходиться в такому стані протягом усього часу розряду конденсатора С1 через відкритий транзистор Т2, резистор R3, і джерело живлення.

Падіння напруги на резисторі R3 від струму розряду конденсатора C2 підтримує закритим транзистор T1. У міру розряду конденсатора C2 потенціал точки A2 зменшується до нуля, при цьому починає відмовлятися транзистор T1.

При потенціалі точки A2, що дорівнює нулю, конденсатор C1, розряджається через T1, резистор R2 і джерело живлення, знижуючи потенціал точки a 1, і підтримуючи у відкритому стані транзистор T1, і в закритому транзистор T2. Після розряду конденсатора C1 цикл повторюється. В результаті подібної роботи мультивібратора на резисторі навантаження R4 з'являються прямокутні імпульси, що подаються на магнітний підсилювач, виконаний з внутрішньої зворотним зв'язком і без обмоток управління. Тривалість імпульсу вихідної напруги визначається часом розряду конденсаторів C1 і C2. При відсутності керуючої напруги на R4 струм через випрямлячі B2 і B3 внутрішнього зворотного зв'язку магнітного підсилювача розгалужується в обидві половини робочої обмотки, що не намагнічуючи сердечники до насичення. При цьому по навантаженню підсилювача протікає струм холостого ходу. Керуюча напруга на R4 перешкоджає розгалуження струму в обидві гілки робочої обмотки. У кожен напівперіод живлячої напруги один з сердечників підмагнічується і в навантаженні підсилювача протікає струм, достатній для запалювання ламп (при замиканні нормально відкритого контакту контрольованому колі). Частота миготіння ламп (шина МС) відповідає роботі мультивібратора. Вона регулюється за допомогою резисторів R2 і R3, і не залежить від величини навантаження магнітного підсилювача.

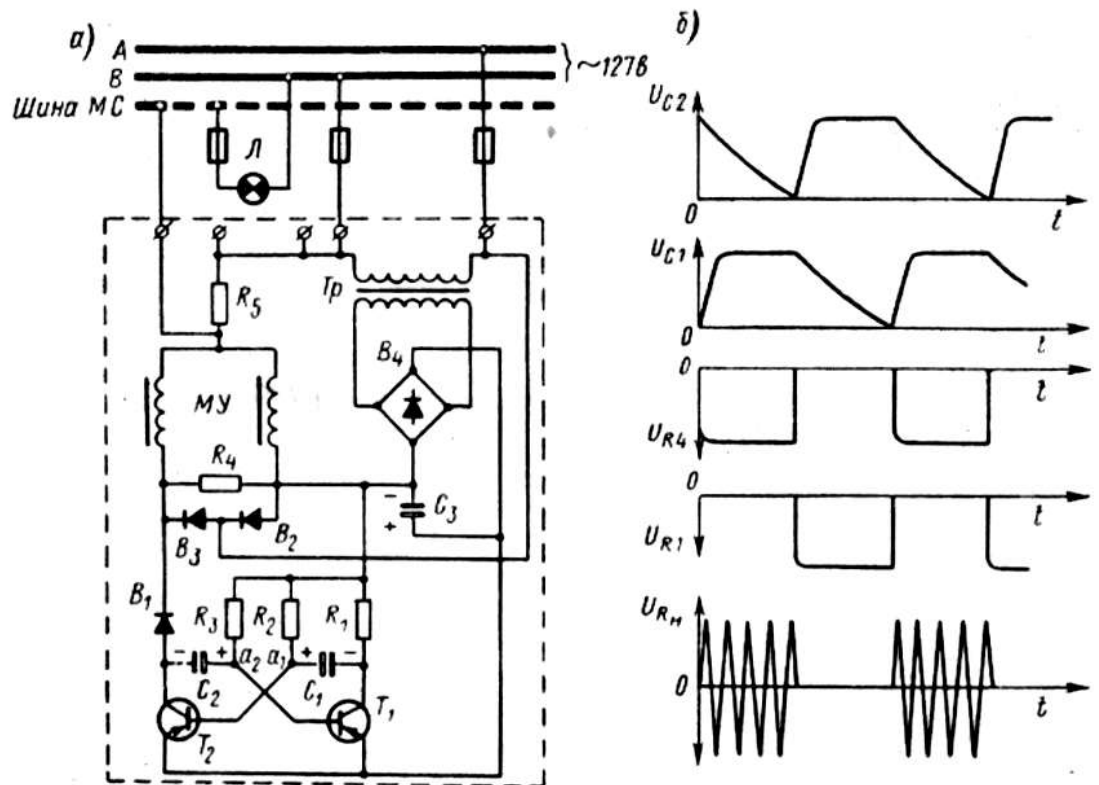


Рис. 10.11 – Принципова схема пристрою УС (а) і діаграми його роботи (б).

Пристрій типу УС забезпечує надійну роботу при коливаннях напруги $\pm 5\%$ і частоти $\pm 2,5\%$. Потужність, споживана пристроєм від суднової мережі, не перевищує 40 ВА. Пристрій типу УС призначене для роботи з сигнальними лампами розжарювання напругою 127 а, загальною потужністю не більше 50 ВА і газосвітними лампами напругою 127 В в кількості 100 шт. Вага пристрою 4,5 кг, виконання брызгозащищеному.

Пристрій. У ряді випадків застосовується пристрій звукової та світлової сигналізації (УЗС), що разом з комутаційної і захисної апаратурою і подає сигнал про стан електроустановки при замиканні блок-контактів. Схема пристрою наведена на рис. 10.12.

Пристрій УЗС-1 містить симетричний тригер на транзисторах Т1, Т2, що диференціюють ланцюга з конденсаторами С1 - С10, резисторами R1 - R10, і діодами Д1-Д10, а також блок живлення, що складається з трансформатора Тр, випрямляча на діодах Д12, Д13, і ємнісного фільтра на конденсаторах С14, С15. При подачі живлення на пристрій, через діод Д14 заряджається конденсатор С14. Струм заряду створить на резисторі R17 падіння напруги, що відкриває транзистор Т2 „ в результаті чого транзистор Т1

виявляється замкненим. При замиканні будь-якої ланцюга сигналізації напруга буде підключатися до сигнальної лампи і резистору диференціюються ланцюга, включеному паралельно цій лампі (наприклад, контакт К2 подає напругу на лампу Л2 і резистор R2). Струм заряду конденсатора (по ланцюгу R2, R16, Д2, С2) створює падіння напруги на резисторі R16 і тригер перемикається, подаючи харчування на дзвінок. Розмикання контакту К2 не приведе до зняття звукового сигналу, так як розряд конденсатора С2 буде відбуватися через велике зворотне опір діода Д2 малим струмом, що не впливає на стан тригера. Повернення тригера в початковий стан (зняття звукового сигналу) проводиться натисненням кнопки зняття сигналу (КСС). Струм, що протікає при цьому через резистор R17, створить на ньому падіння напруги, перемикаючи тригер. Діод Д11 шунтує навантаження (дзвінок) і захищає транзистор Т1 при замиканні від е. д. с. самоіндукції навантаження.

Кнопка КПС служить для перевірки сигналізації. Її натискання аналогічно замикання контакту К1 при справному пристрої призводить до появи сигналу.

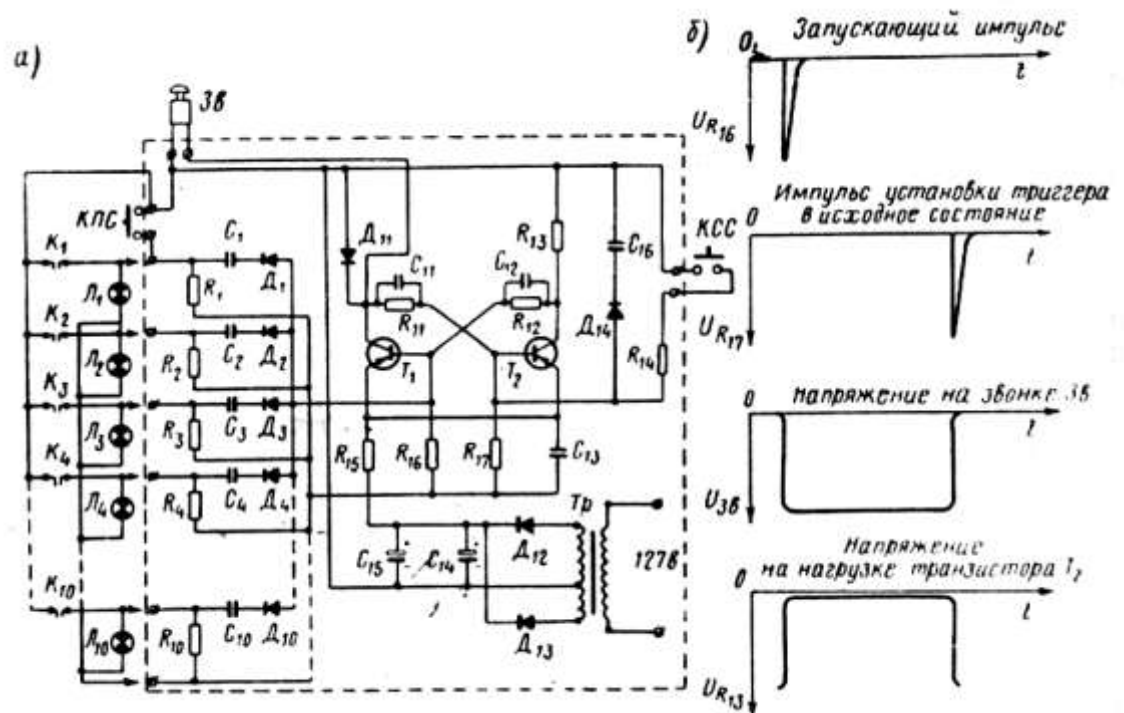


Рис.10.12 – Принципова схема пристрою УЗС (а) і діаграми його роботи (б).

11 ПРИСТРОЇ ТА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ДВИГУНАМИ ЗУЛЬЦЕР RT-FLEX

11.1 Концепція RT-flex

Концепція RT-flex була застосована до без кулачкової технології Sulzer 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 Industriegesellschaft 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).

11.2. Переваги RT-flex

RT-flex своєю концепцією магістралі дають великі можливості управління впорскування палива «**common rail fuel injection**» (**комон рейл фьюел інжекшн**) 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 впорскування може змінюватися окремими паливними клапанами, отримавши по черзі, потрібне (**triple injection**) (**трипл інжекшн**) або попереджуваче (**preinjection**) (**приінжекшн**) впорскування.

У той же самий час тиск впорскування може вільно вибиратися в межах до 1000 bar і вище на всіх діапазонах навантаження. У комбінації з різними варіантами впорскування це забезпечує можливість оптимізації роботи двигуна по різних 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).

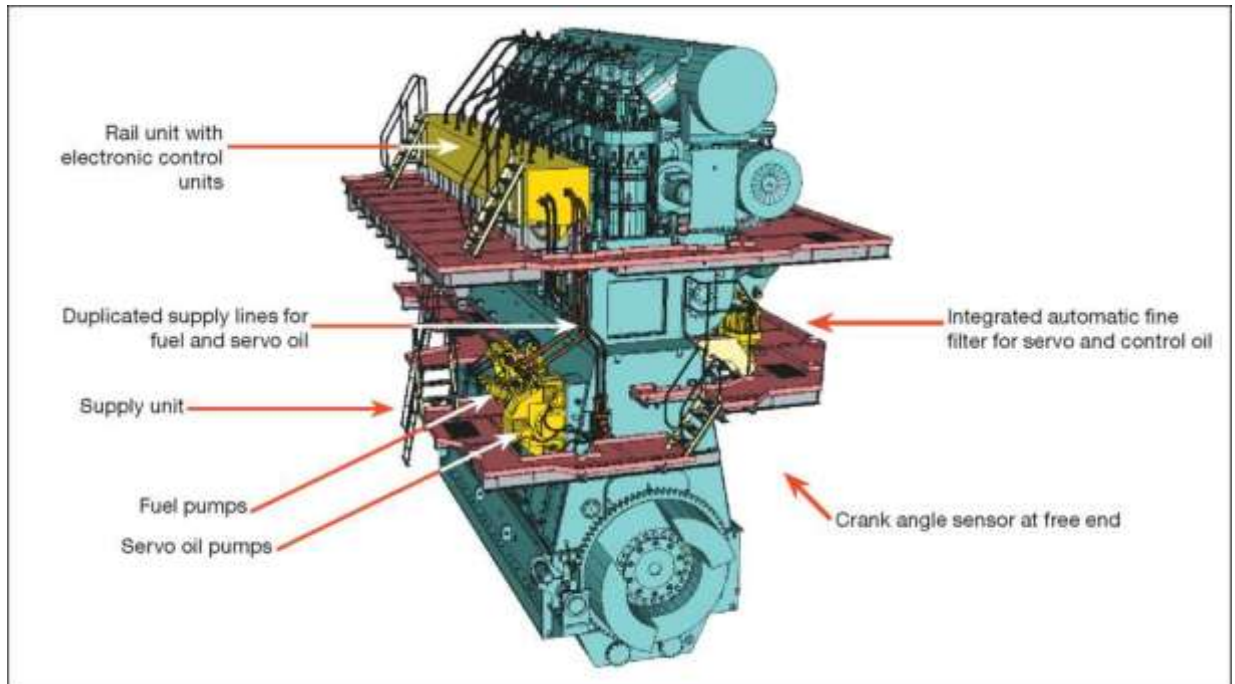
Волюметричне паливне впорскування (примусове впорскування палива за допомогою форсунок у впускний колектор або в циліндр).

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

Наявність допусків виробника, похибки в механічних регулювань і «не нове» (not-as new) стан після деякого часу експлуатації, призводить до того, що 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:



11.3. 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.

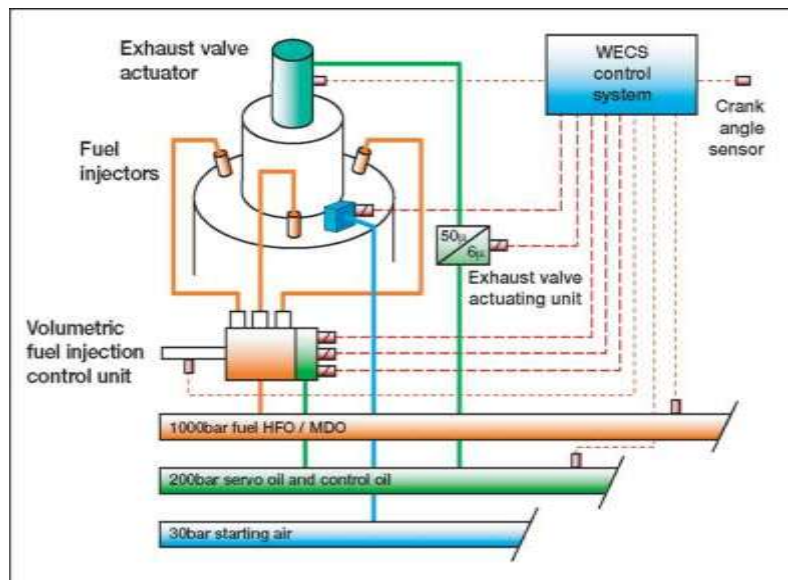


Рис. 11.1 – Схема загальної магістралі Sulzer Common Rail

Два редантантних (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 насоси 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.

11.4. Система управління Sulzer Common Rail типу WECS 9500

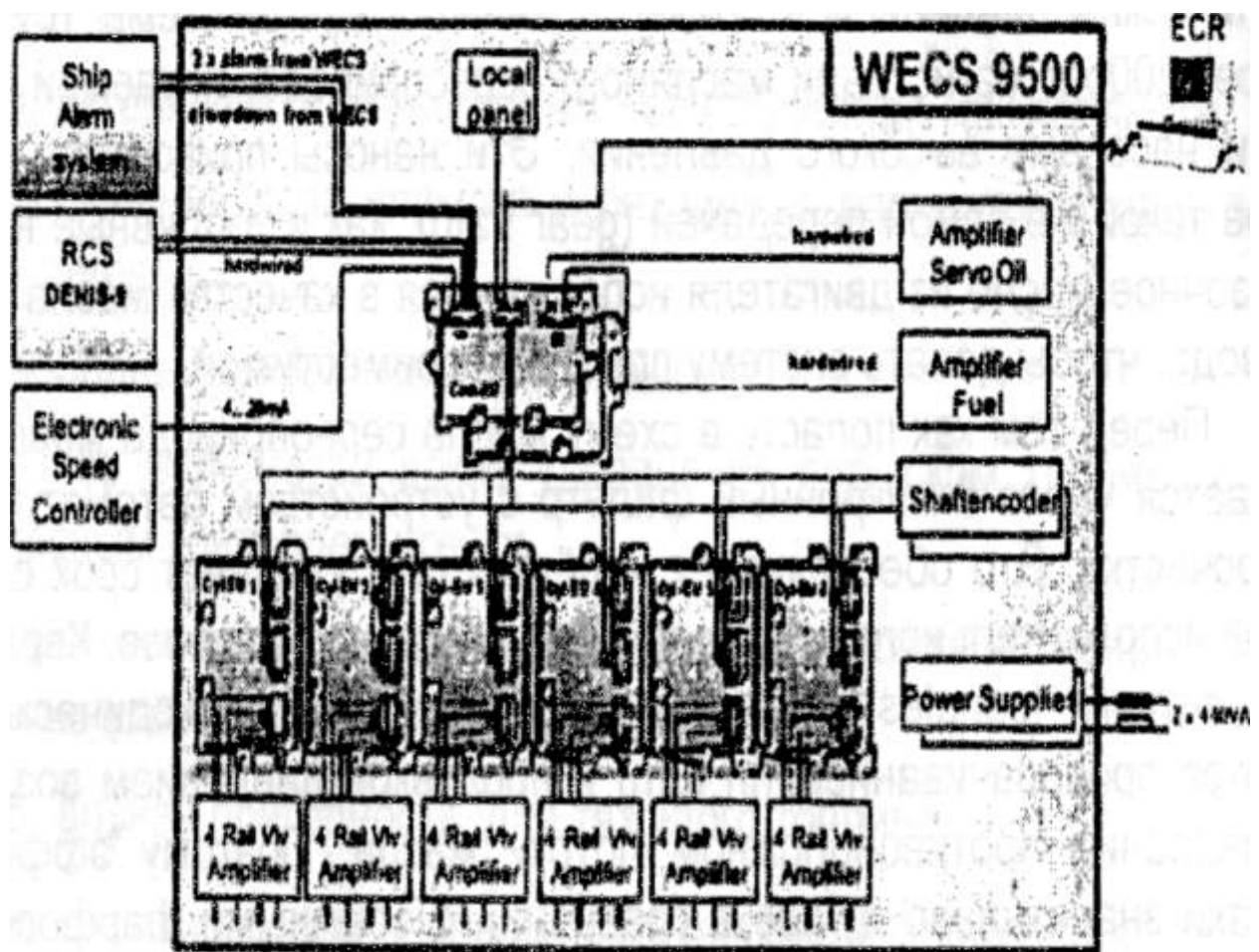


Рис. 11.2 – Система управління Sulzer Common Rail типа WECS 9500

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.

11.5 Характерні особистості та безпека RT-flex:

- безпека (**safety**), гнучкість та доступність (**flex specific availability**);

- головні функції і датчики повинні бути зарезервовані (редандантними); 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.

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

Блок - схема системи WECS-9500

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

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

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

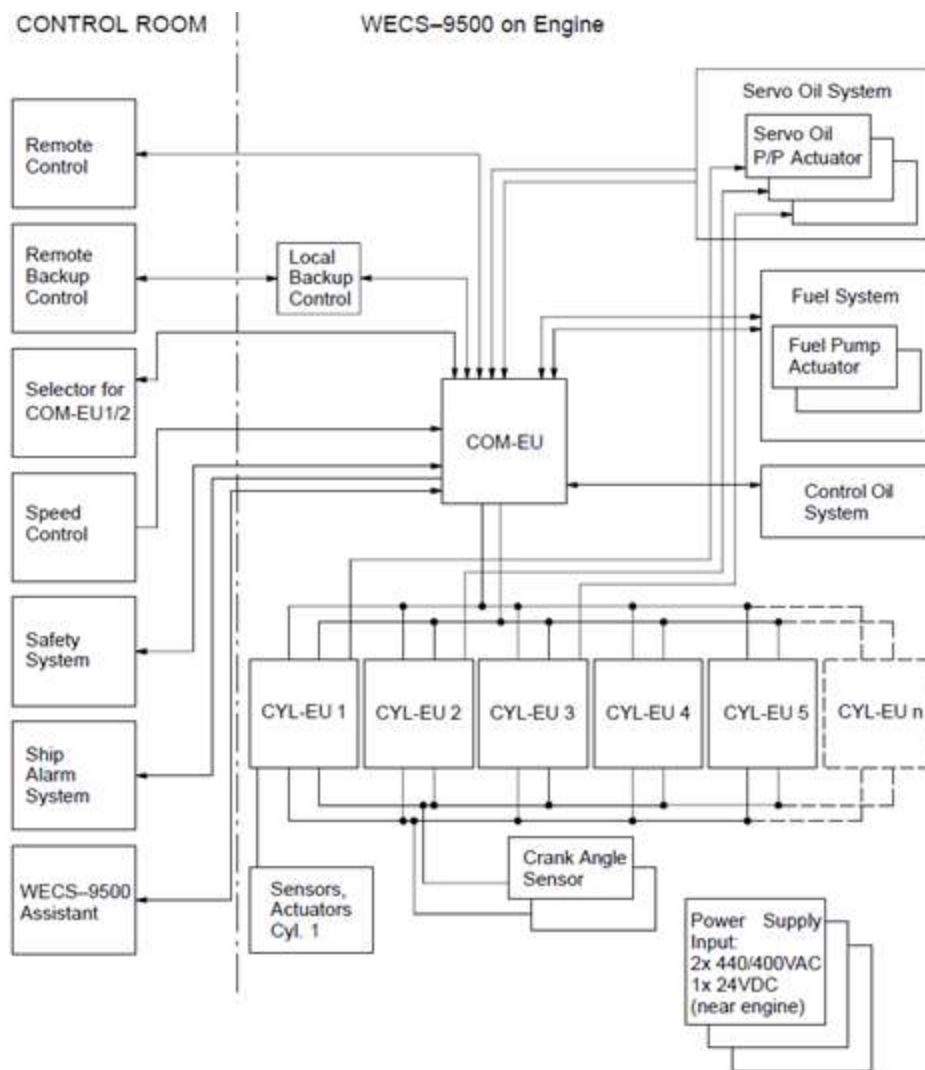


Рис. 11.3 – Блок-схема системи WECS-9500

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.

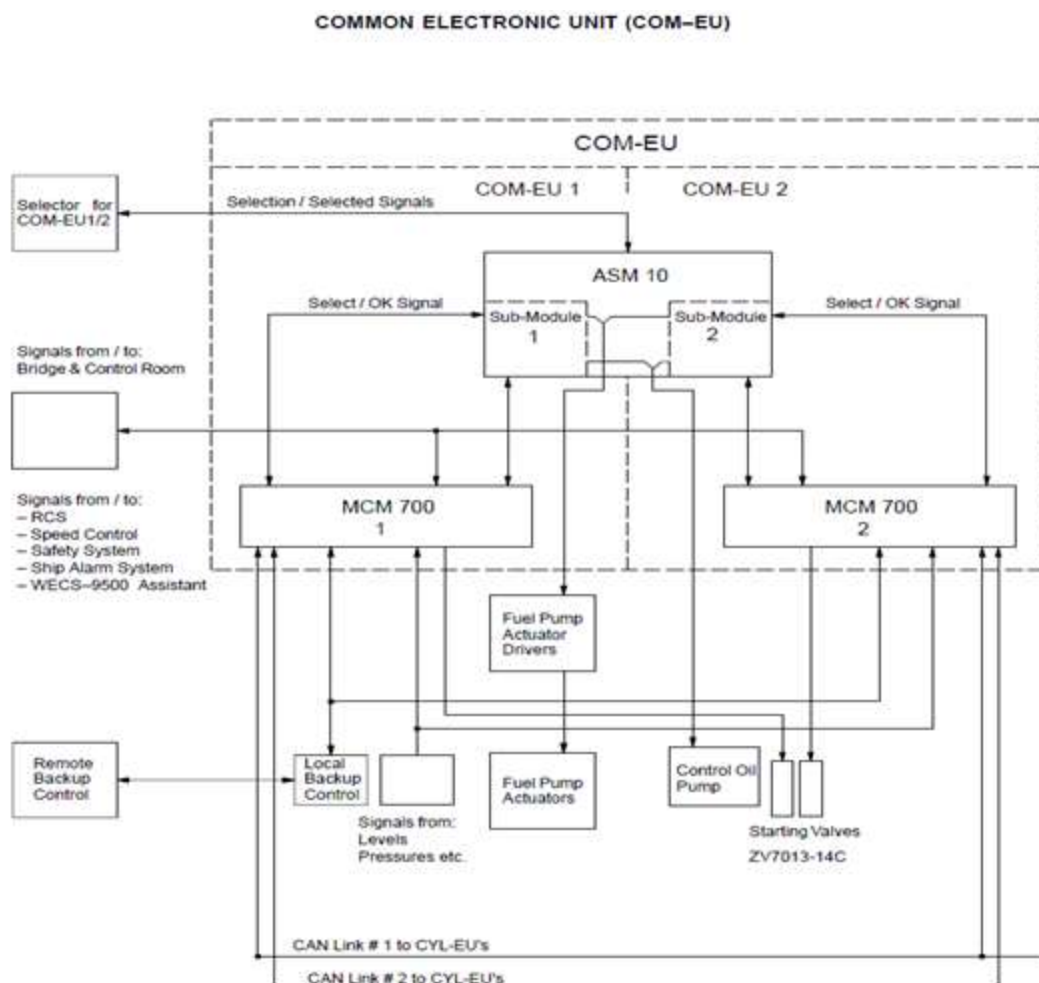


Рис 11.4 – Функціональна схема модуля COM-EU

Функціональна схема електронного блока CYL-EU

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

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

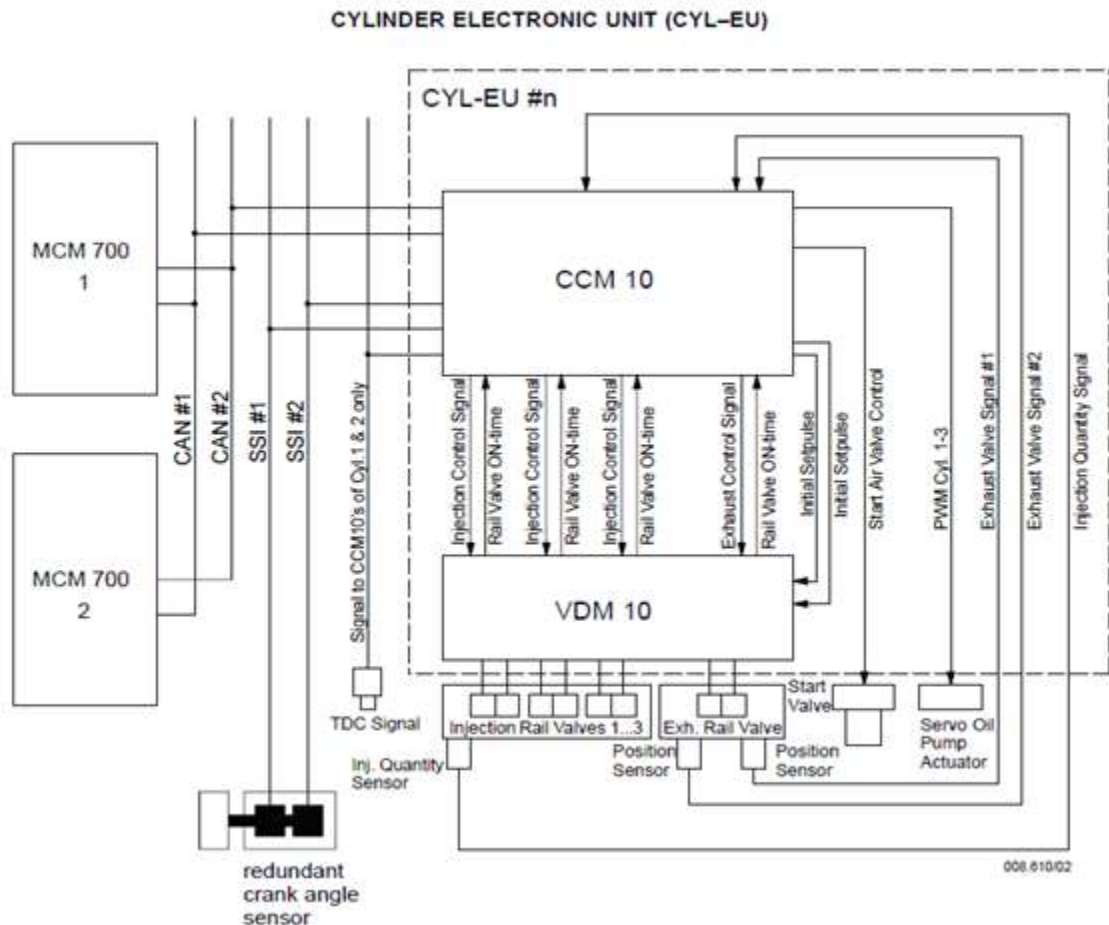


Рис. 11.5 – Функціональна схема електронного блоку CYL-EU

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-9520 така ж, як і у попередньої системи.

11.7 Керування вприском - Volumetric Injection Control

Кожен модуль CCM розраховує для свого циліндра необхідний час вприскування, шляхом обробки сигналу за кутом повороту колінчастого вала і команди на вприскування 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 уприскування. Час нечутливості вимірюється протягом часу уприскування шляхом порівняння часу, пройденого між командою припинення впорскування і початком зчитування з датчика кількості подачі палива. Датчик кількості палива використовується також для зворотного зв'язку за величиною палива, що впорскується, яка порівнюється з командою подачі палива від регулятора. Початок уприскування і кінець розраховуються модулем **CCM (Cylinder Controller Module)** і реалізується через модуль **VDM (valve deliver module)**.

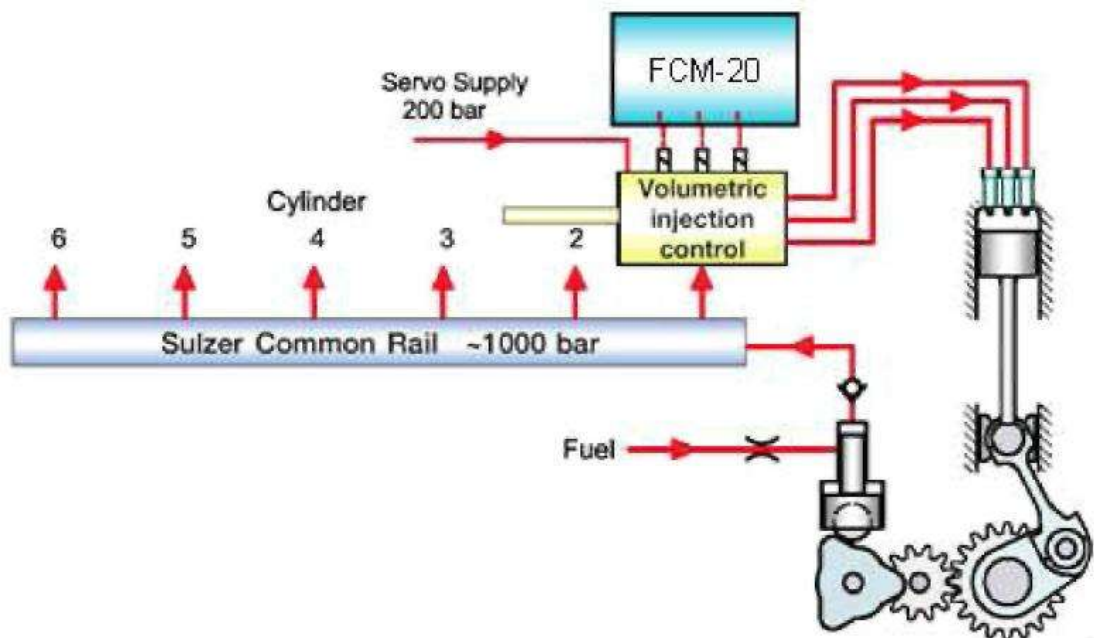


Рис. 11.6 – Схема системи управління впорскуванням

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).

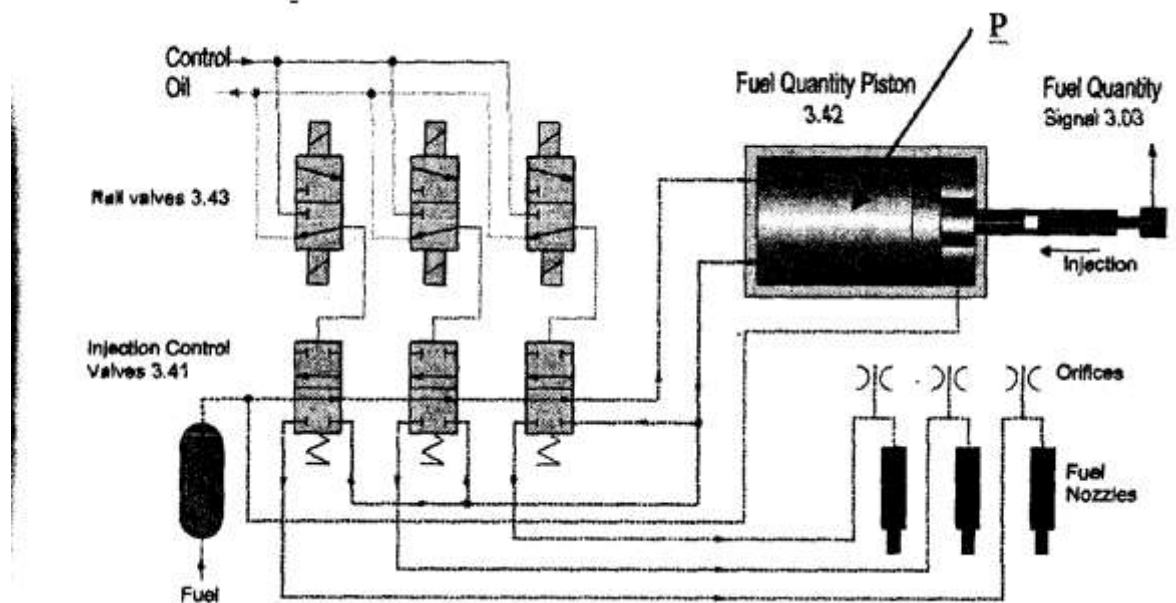
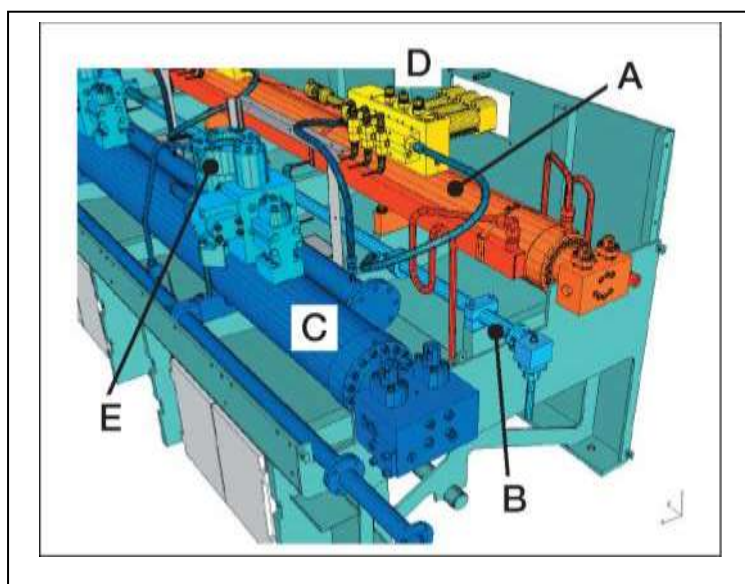


Рис. 11.7 – Схема блока впорскування топлива

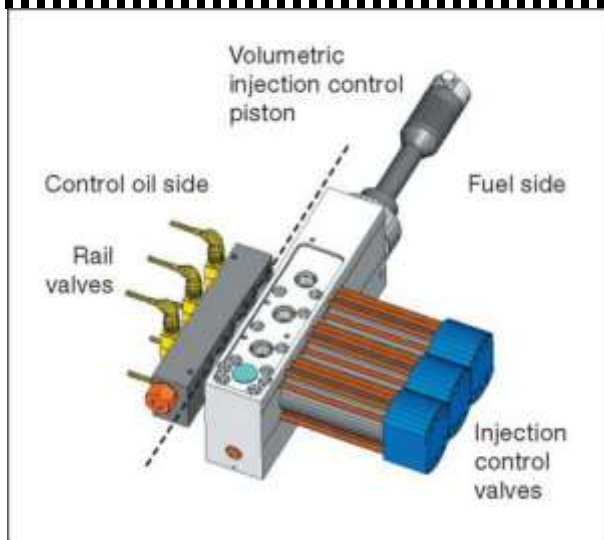


На малюнку 9 зліва: Th-подібний креслення внутрішньої частини рейковий блок для двигуна RT-fl ex96C, що показує: паливний рейок (A), керуюча масляна рейка (B) і сервомашіна (C) з блоками управління для впорскування (D) і вихлопними газами (E) зверху їх відповідних рейок. Інші труби колектора передбачені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

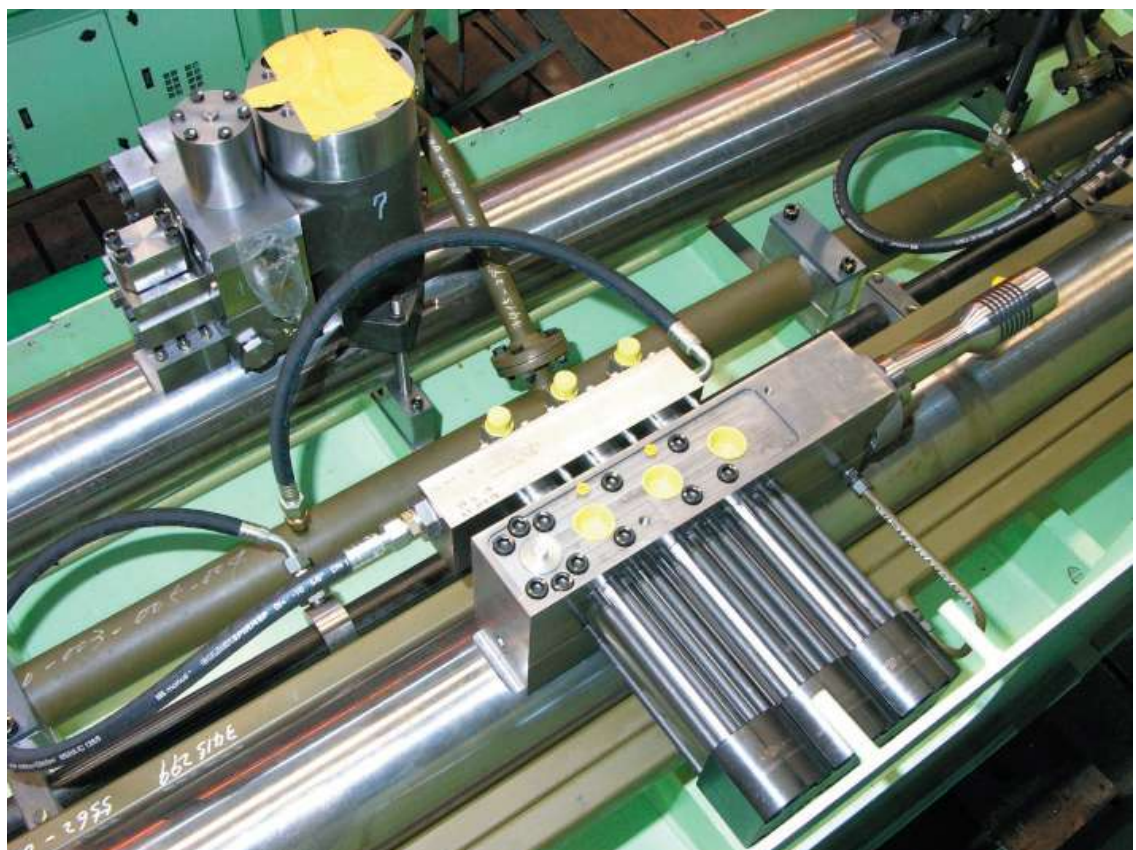
Протягом впорскування поршень (fuel quantity piston) переміщається всередині циліндра «P» і формує аналоговий сигнал зворотнього зв'язку за кількістю палива, що впорскується, що надходить в модуль CCM, який робить порівняння цієї величини з необхідною кількістю.

Як тільки задану кількість палива буде впорскнуто, модуль CCM через модуль VDM перемкне магістральні клапана в початкове положення. Негайно клапана управління упорскуванням

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 вприскуванням (ICU) для трьох клапанів вприскування 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 уприскування 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 впорскування дозволяє підтримувати більш постійний тиск впорскування**, що покращує розпил і, як наслідок, знижує витрату палива і димність вихлопу.

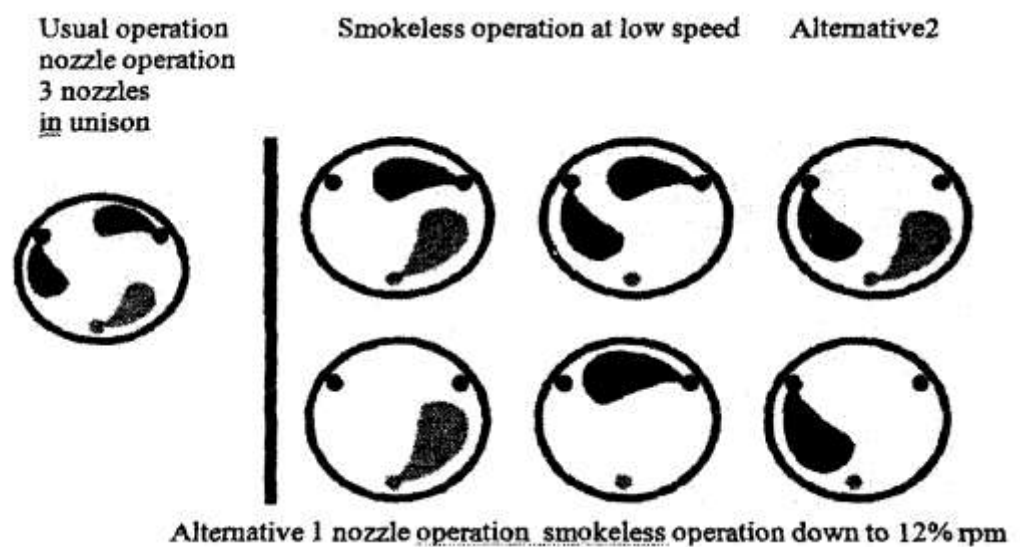
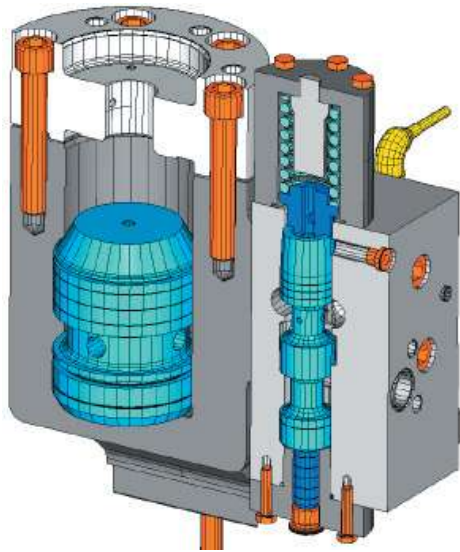


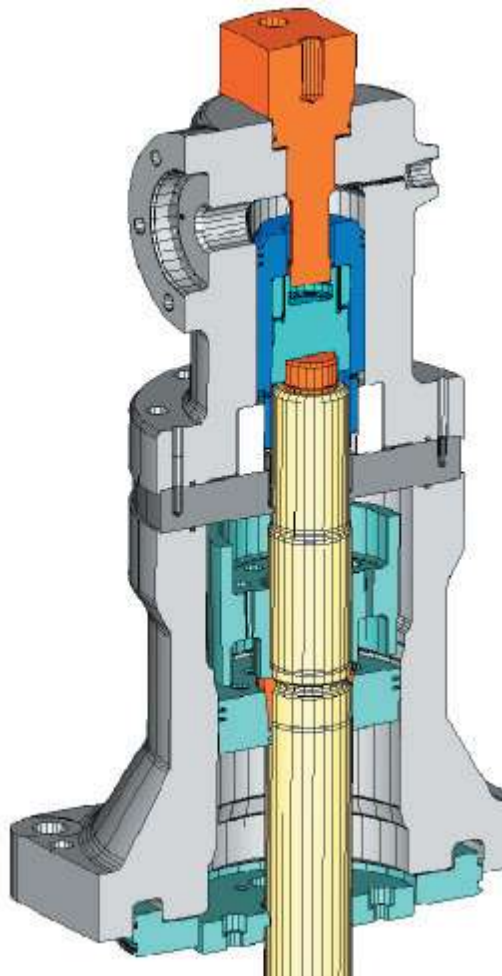
Рис. 11.8 – Робота форсунок на малих навантаженнях

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**.

11.8 Керування випускним клапаном



Привід випускного клапана з великим діаметром:
- поршень приводу зліва;
- гідравлічний важіль управління справа



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

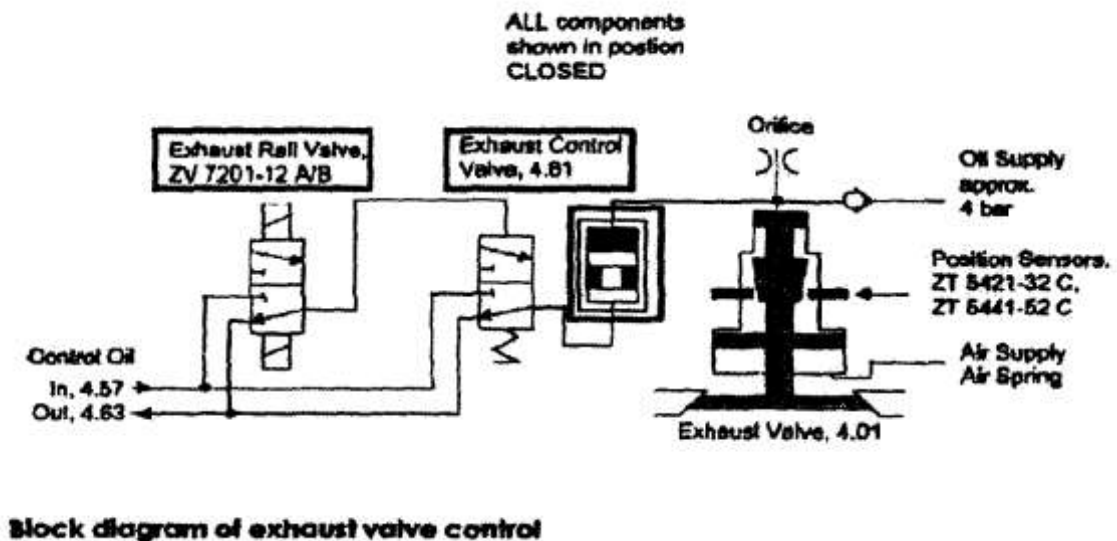


Рис. 11.9 – Схема системи управління випускними клапанами

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 відкритті дещо раніше для компенсації гідравлічних затримок.

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

11.9 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 ходу, 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 впорскування

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.

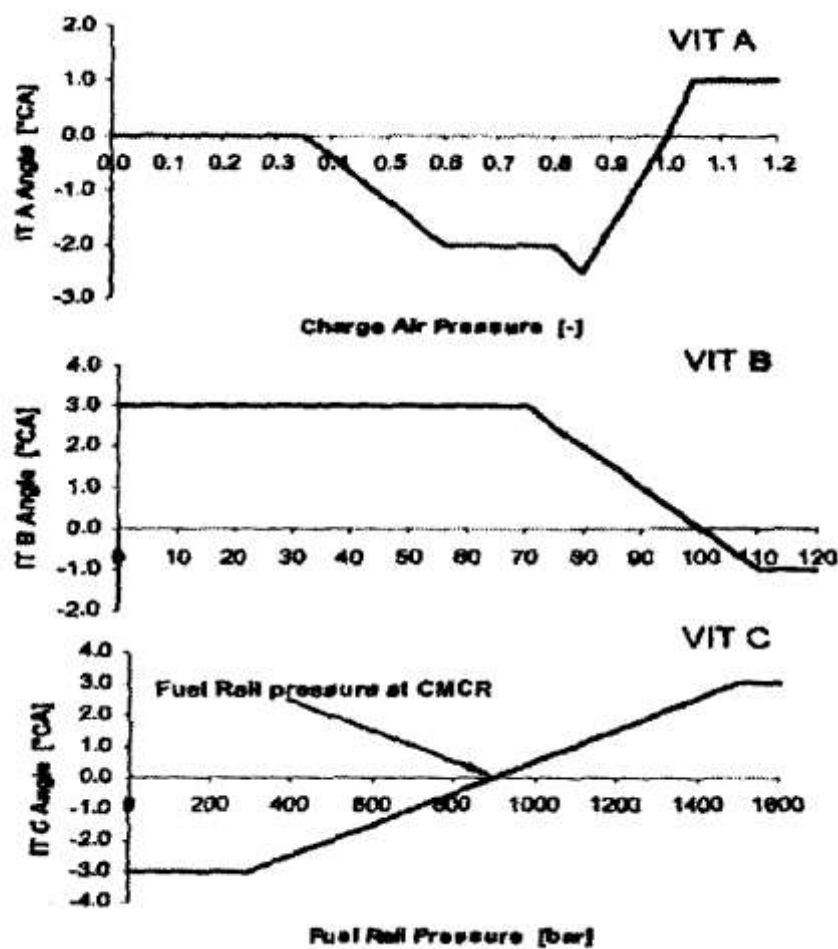


Рис. 11.10 – Діаграми визначення кута впрыску

При розрахуванні **кута впрыску** для RT-flex враховується: кількість обертів, тиск надувочного 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 високої 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_{comp}) 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 підвищенній 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.

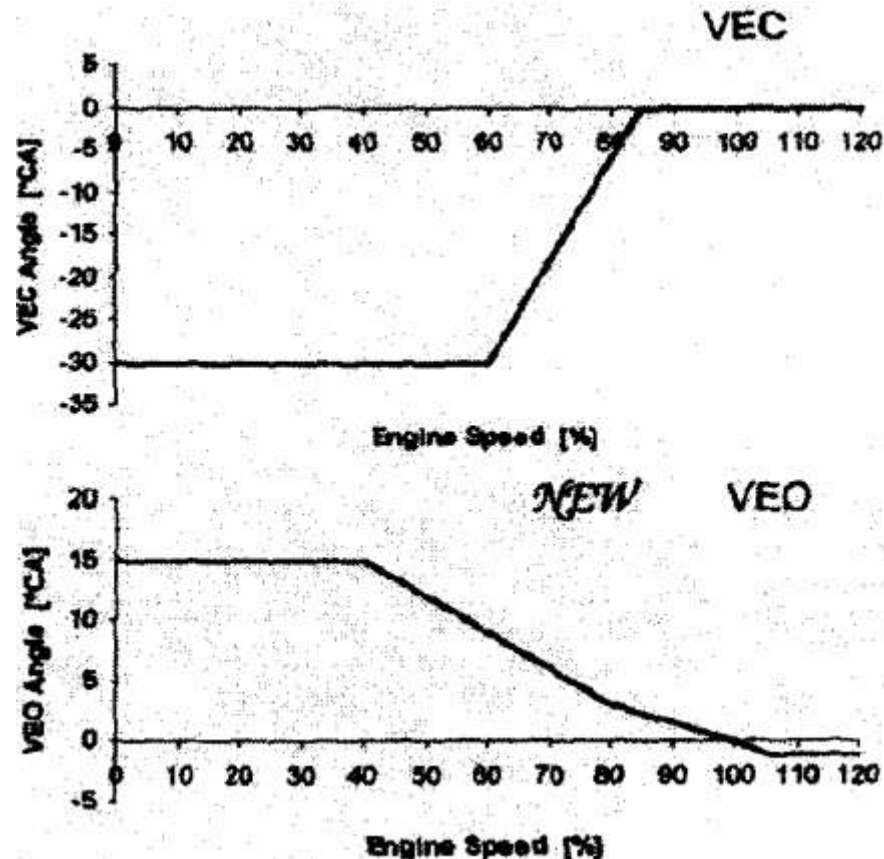


Рис. 11.11 – Диаграммы визначення кута відкриття і звкриття випускного клапана

11.10 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).

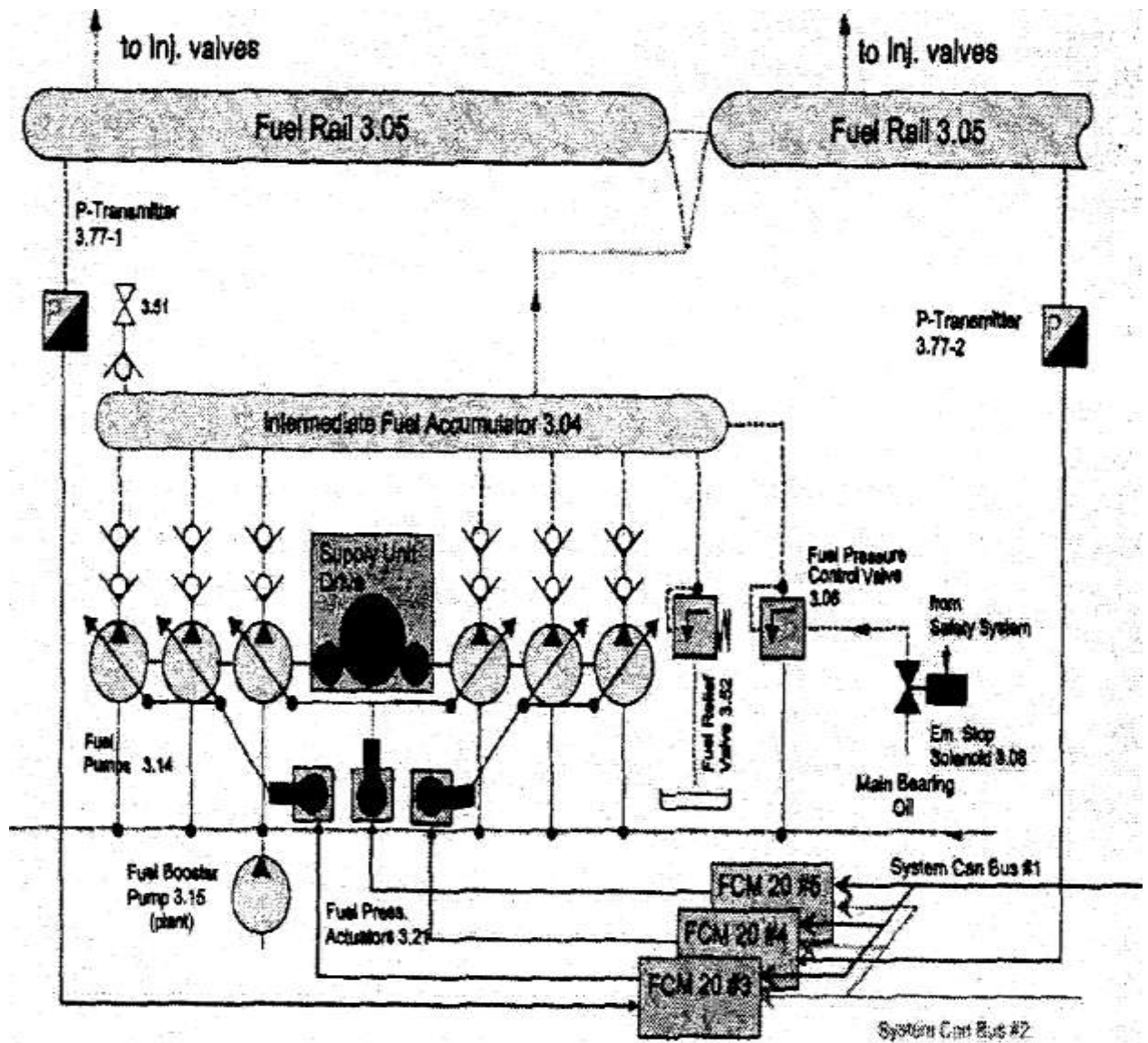


Рис. 11.12 – Схема системи управління тиском уприскування

Модуль головного контролера MCM (Main Controller Module) отримує від модуля контролю циліндра CCM 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 MCM надходить на актуатори паливних насосів у вигляді струмових сигналів 4-20мА. Паливні насоси піднімають тиск у паливній магістр з проміжного паливного акумулятора.

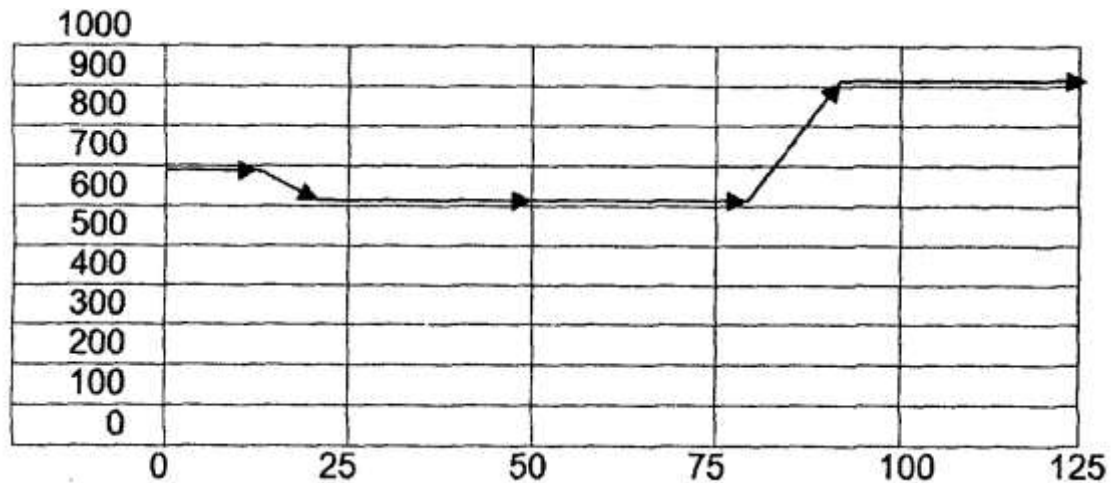


Рис.11.13 – Крива уставок тисків при різних навантаженнях

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 упорскування 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.

11.11 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 згоряння, 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.

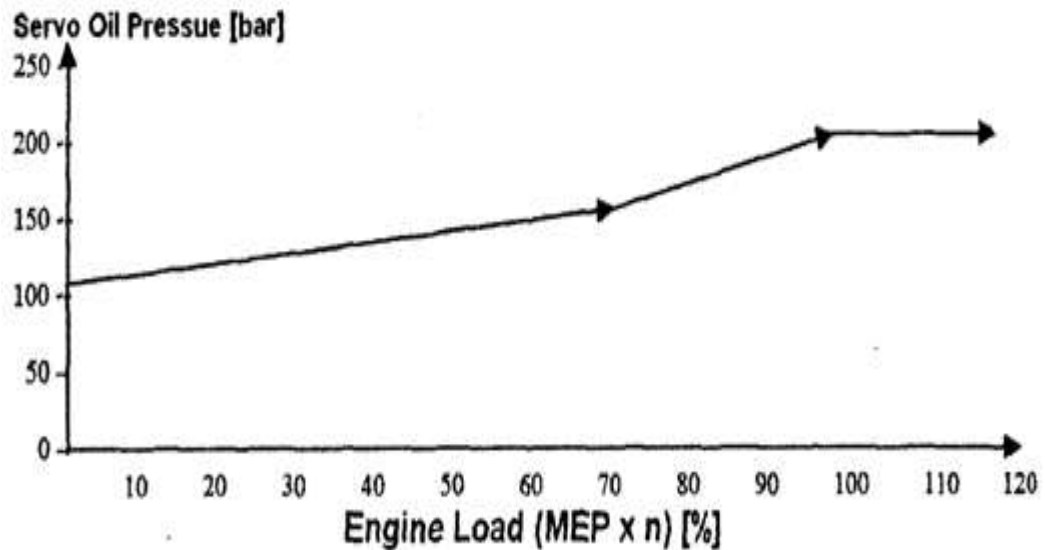


Рис. 11.14 – Залежність тиску масла сервопривода від навантаження дизеля

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

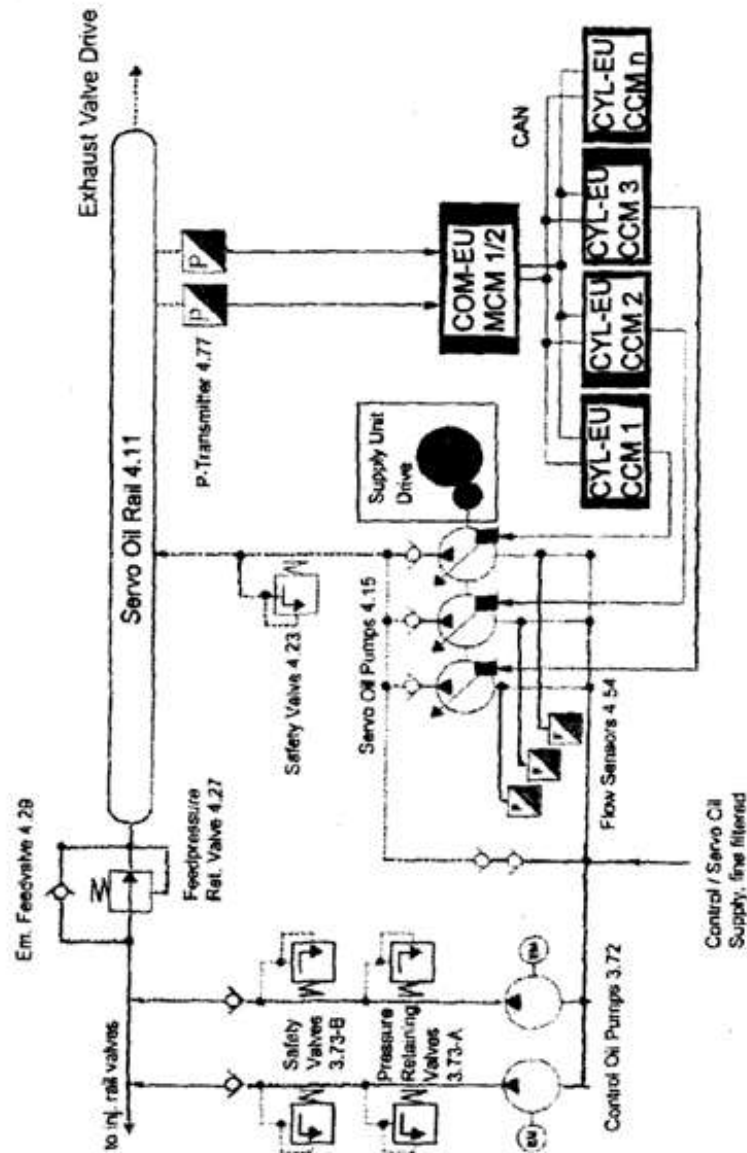


Рис 11.15 – Схема системи масла сервопривода і управління регулювання керуючого тиску масла

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.

11.12 Керування пусковими клапанами

The schematic diagram illustrates the air-spring control system. It features a mechanical assembly with a cross-section showing internal components like a piston and valves. Key parts are labeled with dimensions and part numbers: 1.50, 1.60, 1.70, 1.75, 1.75-2, 1.75-3, 1.75-4, 1.75-5, 1.75-6, 1.75-7, 1.75-8, 1.75-9, 1.75-10, 1.75-11, 1.75-12, 1.75-13, 1.75-14, 1.75-15, 1.75-16, 1.75-17, 1.75-18, 1.75-19, 1.75-20, 1.75-21, 1.75-22, 1.75-23, 1.75-24, 1.75-25, 1.75-26, 1.75-27, 1.75-28, 1.75-29, 1.75-30, 1.75-31, 1.75-32, 1.75-33, 1.75-34, 1.75-35, 1.75-36, 1.75-37, 1.75-38, 1.75-39, 1.75-40, 1.75-41, 1.75-42, 1.75-43, 1.75-44, 1.75-45, 1.75-46, 1.75-47, 1.75-48, 1.75-49, 1.75-50, 1.75-51, 1.75-52, 1.75-53, 1.75-54, 1.75-55, 1.75-56, 1.75-57, 1.75-58, 1.75-59, 1.75-60, 1.75-61, 1.75-62, 1.75-63, 1.75-64, 1.75-65, 1.75-66, 1.75-67, 1.75-68, 1.75-69, 1.75-70, 1.75-71, 1.75-72, 1.75-73, 1.75-74, 1.75-75, 1.75-76, 1.75-77, 1.75-78, 1.75-79, 1.75-80, 1.75-81, 1.75-82, 1.75-83, 1.75-84, 1.75-85, 1.75-86, 1.75-87, 1.75-88, 1.75-89, 1.75-90, 1.75-91, 1.75-92, 1.75-93, 1.75-94, 1.75-95, 1.75-96, 1.75-97, 1.75-98, 1.75-99, 1.75-100. The system is connected to a 'STARTING AIR' tank, a 'CONTROL AIR' line, a 'TURNING SCREW', and a 'PCB'. The assembly is connected to a 'System Can Bus #1' and 'System Can Bus #2'. The diagram also shows a 'Module Bus #1 and #2' and a 'PCB'.

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.

11.13 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.

Актуатори (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 уприскування 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.

11.14 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 софта 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.

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

12.1 Введення

Система KaMeWa 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.

12.2 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% ефективність 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, комбінатор 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 б було збільшення подачі палива.

Система оптимізації роботи

Комп'ютеризована система типу KAMEWA SEAPACER в даний час є найбільш кращою. Вона дозволяє вибрати найбільш економічну швидкість судна, уникнути пікових навантажень двигуна і використовувати оптимальну комбінацію частоти обертання валу і кроку гвинта. В результаті буде суттєва економія палива. Система забезпечує вимір поточних значень швидкості судна, витрата палива, крок і частота обертання гвинта. Тому правильний крок гвинта встановлюється автоматично на 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, спиятиме перемелюванню льоду.

Кавітація гребного гвинта

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

12.3 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 одній системі в один і той же час.

Частота обертання головної машини, обертає гвинт, може також контролюватися системою КаМеWa (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 показчики кроку, "Panama type";
- індикація обертів валу;
- hand-terminal для калібрування / регулювання;
- кожух для центрального модуля;
- сигнали до реєстратора маневрів;
- інтерфейс для валогенератора;
- 115/220 V AC-живлення.

12.4 Проходження сигналів

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

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 (установка) 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.

12.5 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 (нестежаче управління). Цей вид управління завжди діє (is activated).

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

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

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

12.6 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.**

12.7 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).

12.8 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.

12.9 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 надходять по зворотного зв'язку (pitch feedback signal). На регулятор також надходить сигнал зворотного зв'язку процесу управління навантаженням (pitch corr. Signal), якщо такий задіяний.

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

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

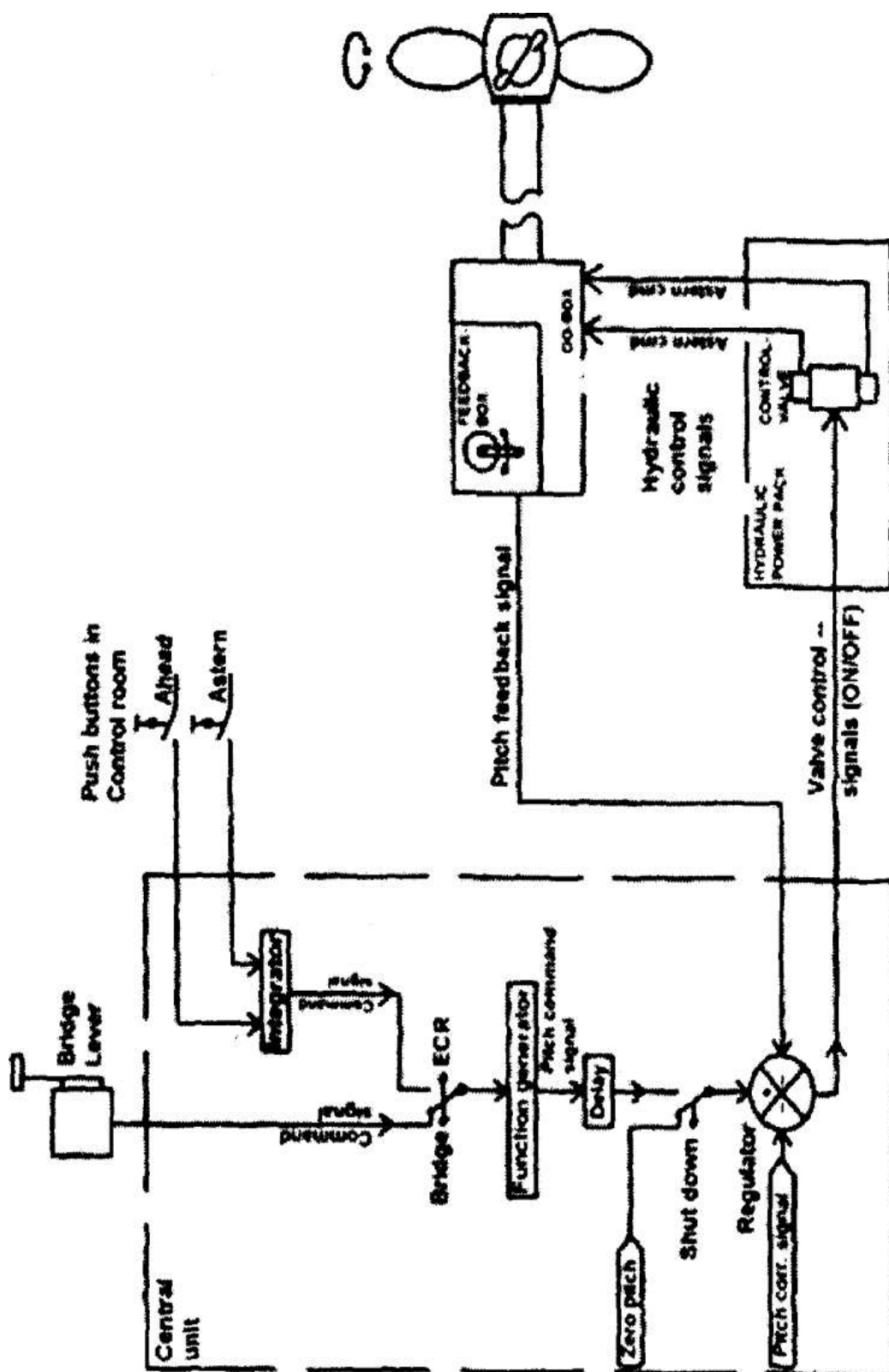


Рис 3.2 Функция "Pitch control"

Рис.12.2 Функція "Pitch control"

12.10 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.

12.11 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.

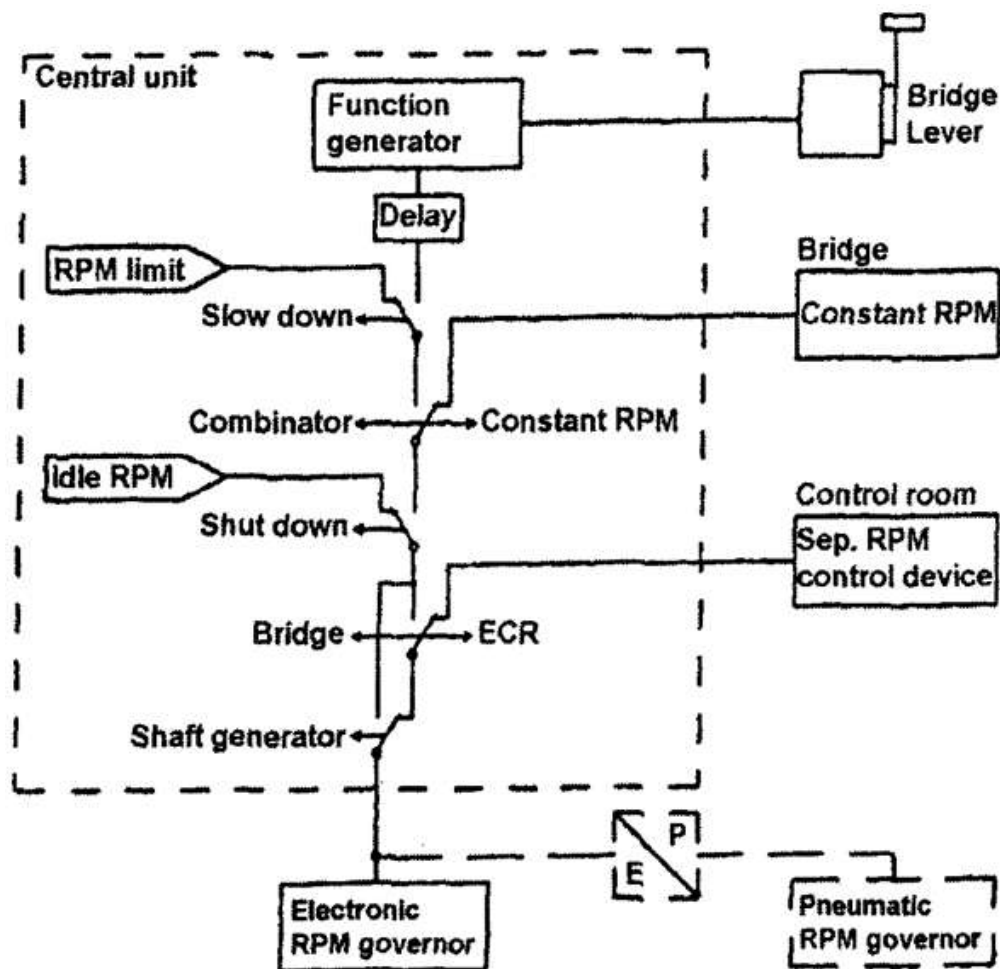


Рис. 12.3 – Принцип роботи RPM control

12.12 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.

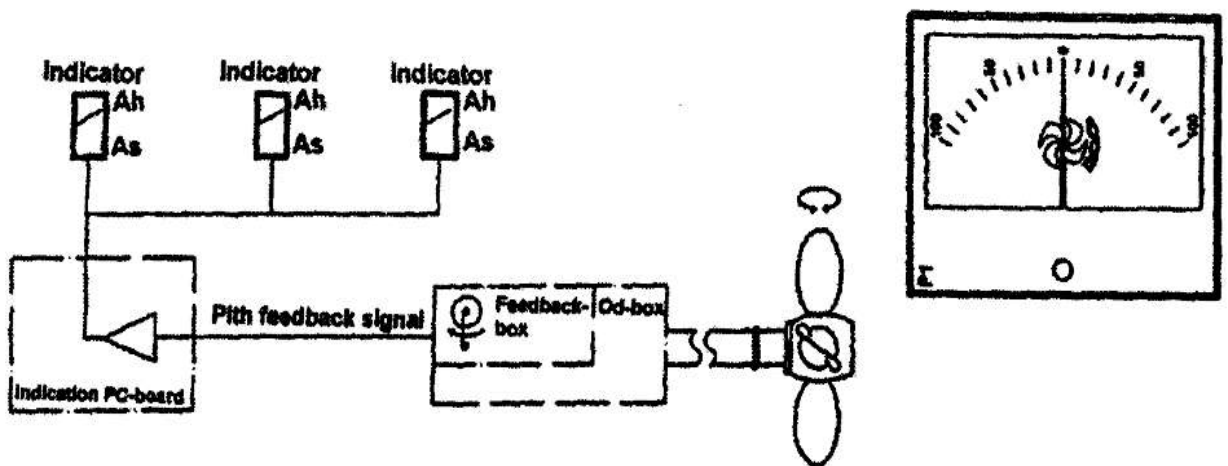


Рис 12.4 – Система індикації кроку

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, кореспондуючої з оборотами (RPM) гвинта. Імпульси надходять на електронну карту (PC-board), де перетворюються в напругу (0-10 V) постійного струму (DC-signal), придатне для індикаторів, розташованих на пультах управління.

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

Під час перемикань 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 квітирования " 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 натиснуть кнопку " Bridge accept "

12.14 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.

12.15 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.

12.16 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.

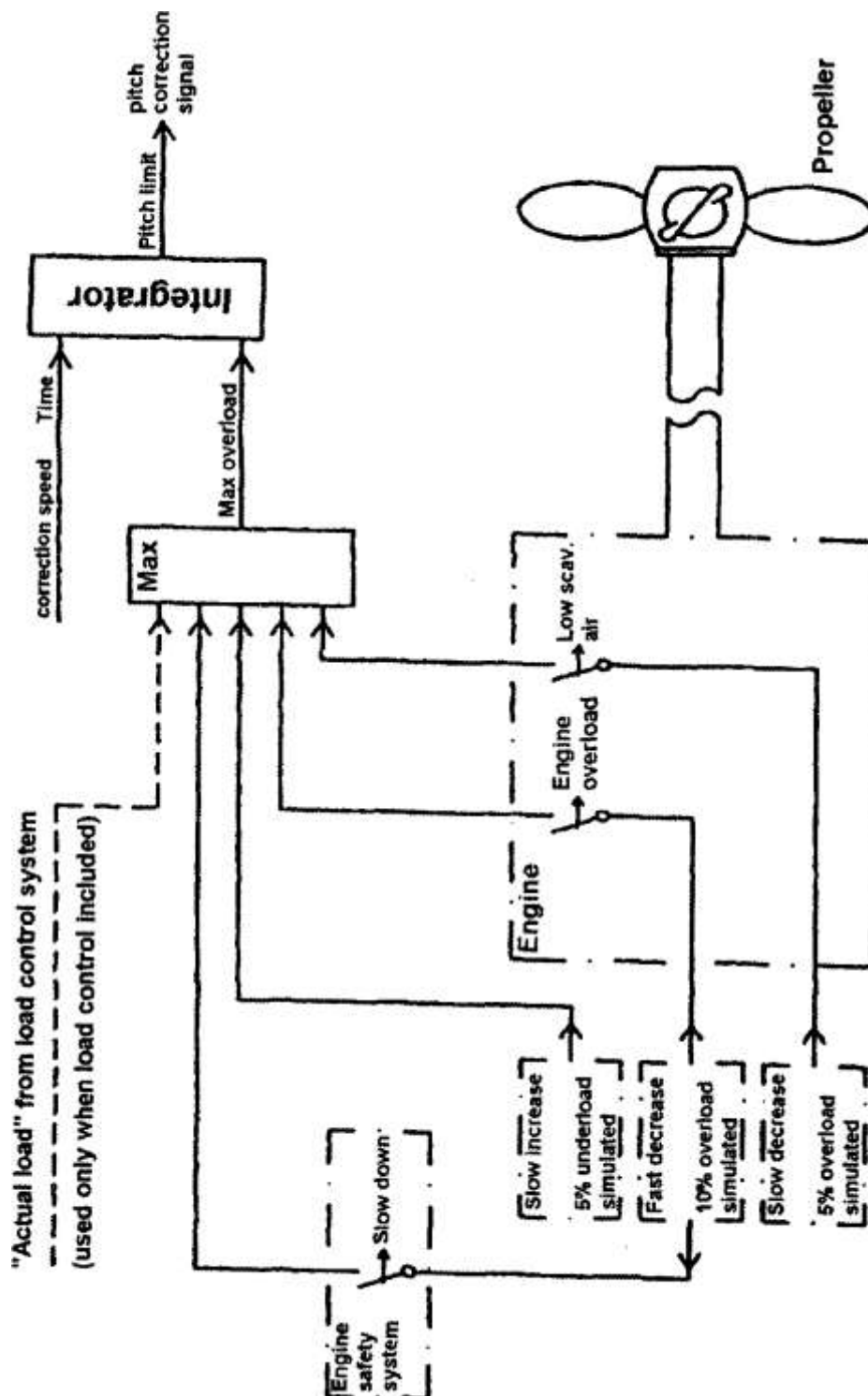


Рис 3.5 Функция защиты от перегрузки

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

12.17 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 градуванням 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).

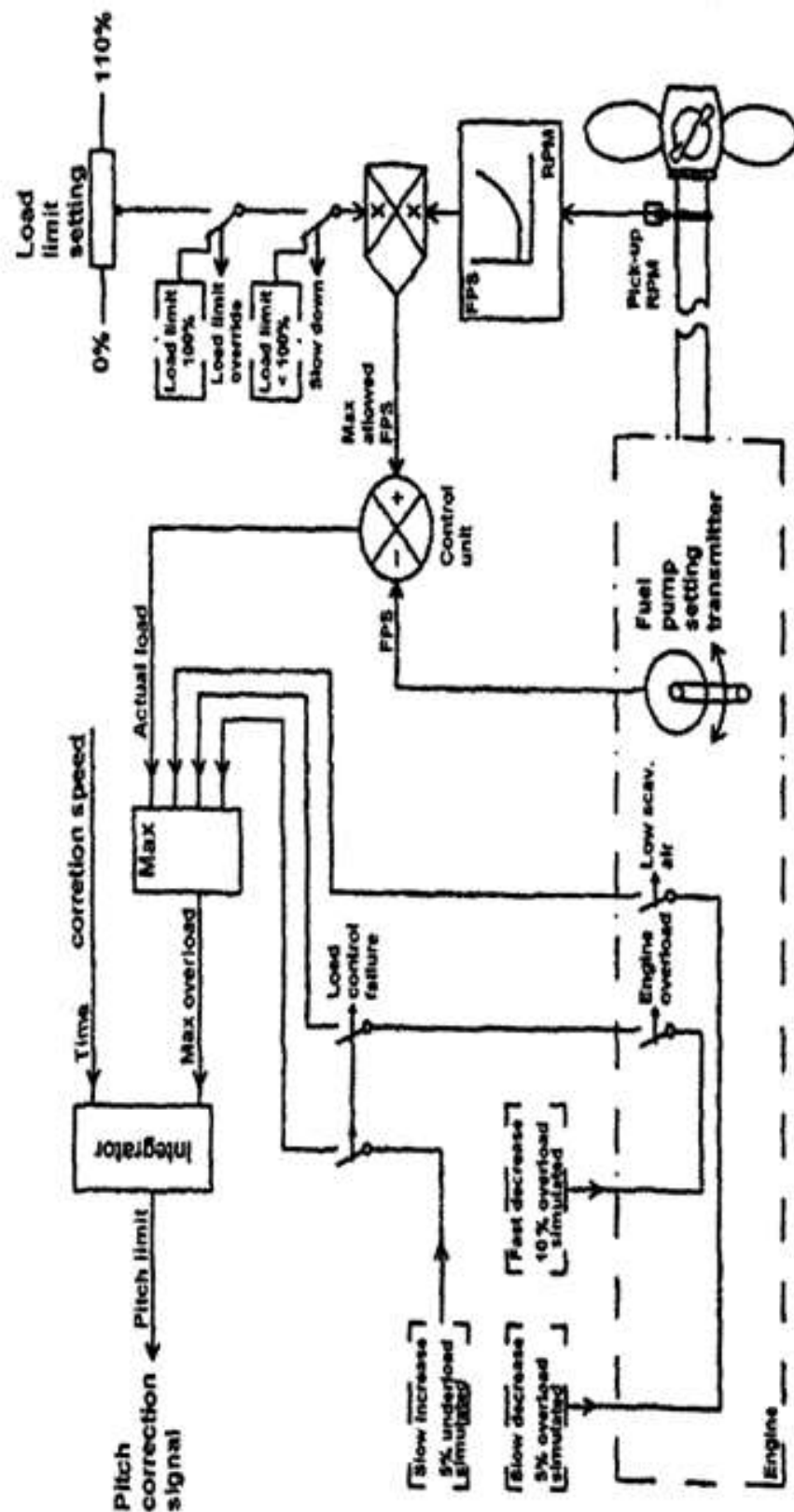


Рис. 12.6

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. У 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 перепрограмуючою 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".

12.18 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 виміряний

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 І/Р, 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 І/Р 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, якій забезпечує лінійну залежність напруги U_{13} від напруги U_{12} . Ця залежність надана на рис. 12.7 лінією 3, котра збігається з 1 при $U_{12} > 0$.

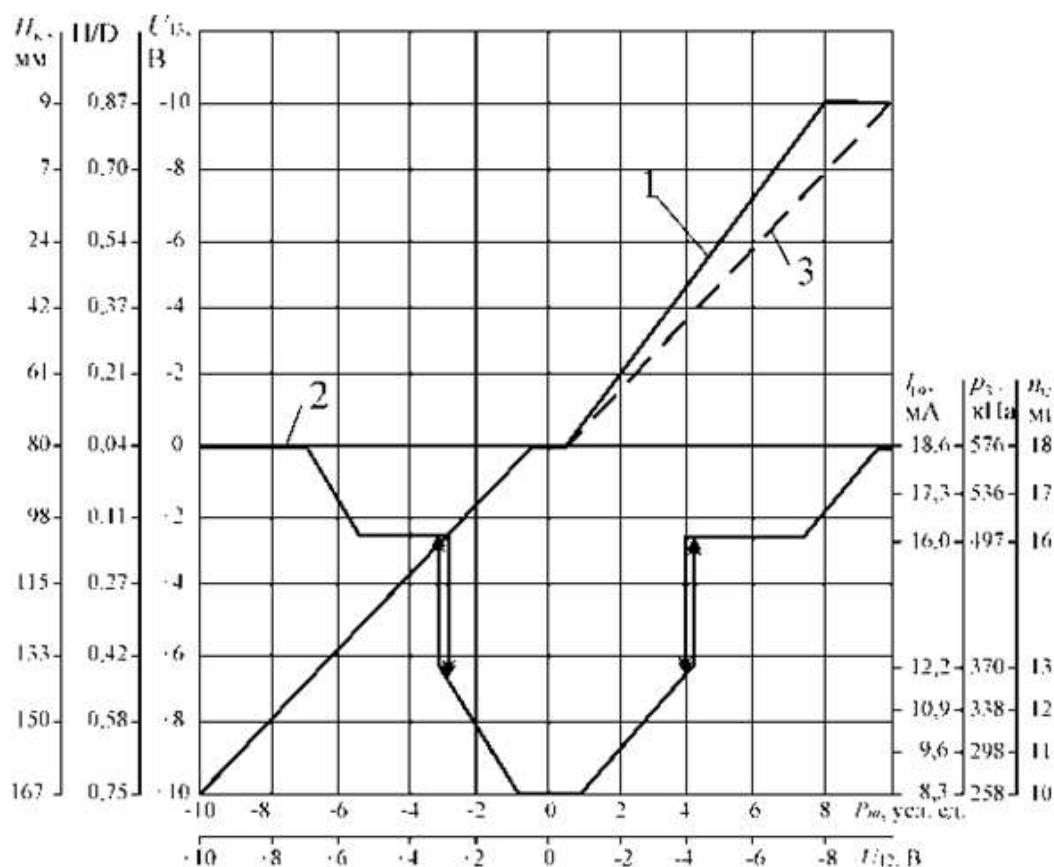


Рис. 12.7 – Комбінаторна діаграма системи ДАУ

Крок гвинта	H	H_k , мм
Максимальний	0	+9
Відповідний	0	0
Максимальний	0	-17
нульового упору	0	-80
Максимальний назад	-	-145
на маневрах	0,53	
Максимальний	-	-167

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.

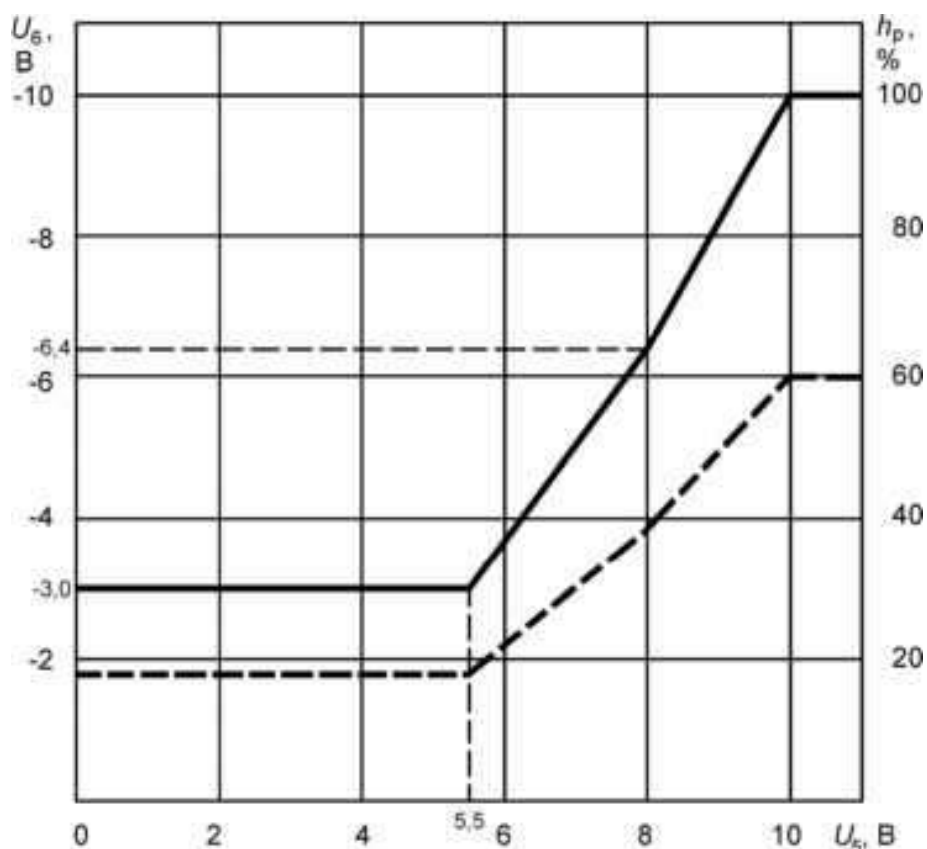


Рис. 12.8 – Програмна залежність обмеження навантаження ГД при положеннях потенціометра обмеження навантаження: 100 %; 60 %

13 СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ПРОВОДОМ КЕРМА ВИРОБНИЦТВА ROLLS – ROYCE

13.1. 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.

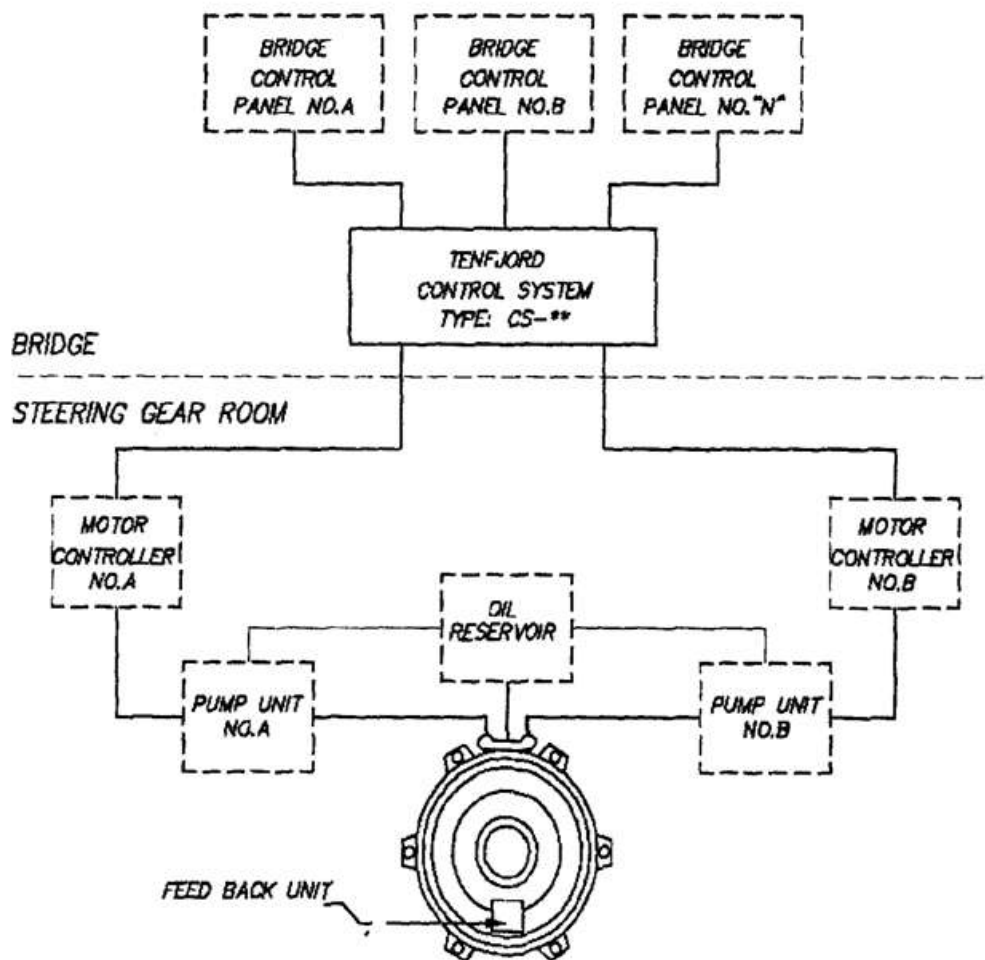


Рис 13.1 – Схема системи управління рульової установкою з соленоїдними клапанами

Актуатор зазвичай живиться двома незалежними насосними установками, кожна з яких приводиться в обертання електродвигуном. Контролер електродвигуна для кожної насосної установки має окреме живлення від електроштитів. 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-лампи, що загоряються при натисканні відповідно зеленим / червоним світлом.

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

Для змінення між **високим (high)** и **низьким (low)** значенням кута перекладки керма є спеціальна функція **Вибір кута перекладки (Rudder angle selection)** рис. 13.3. Зазвичай ця функція інтерфейсно зв'язана з лагом (Log) для автоматичного вибору кута перекладки керма в залежності від швидкості судна. Оператор може **заблокувати (override)** дію лага, задав на пульті високий кут перекладки керма.

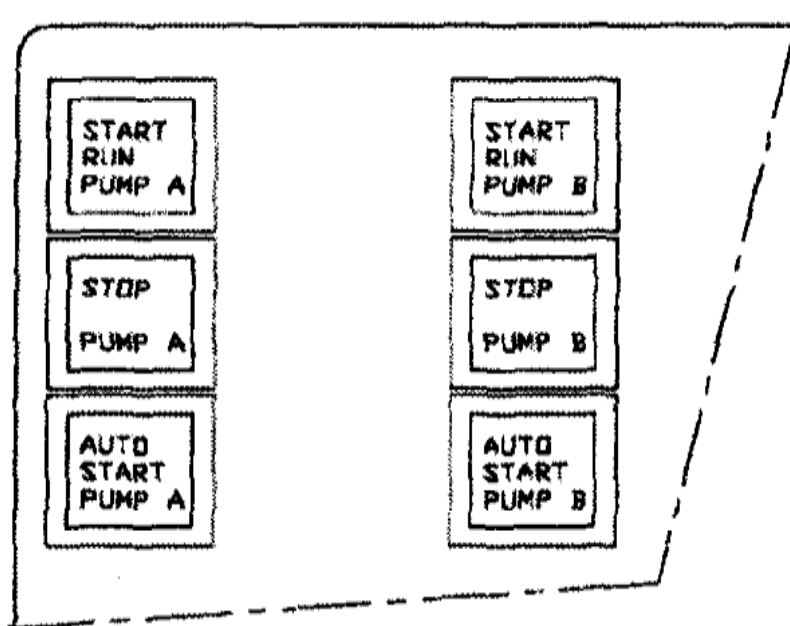


Рис. 4.2 – Панель дистанційного управління насосами

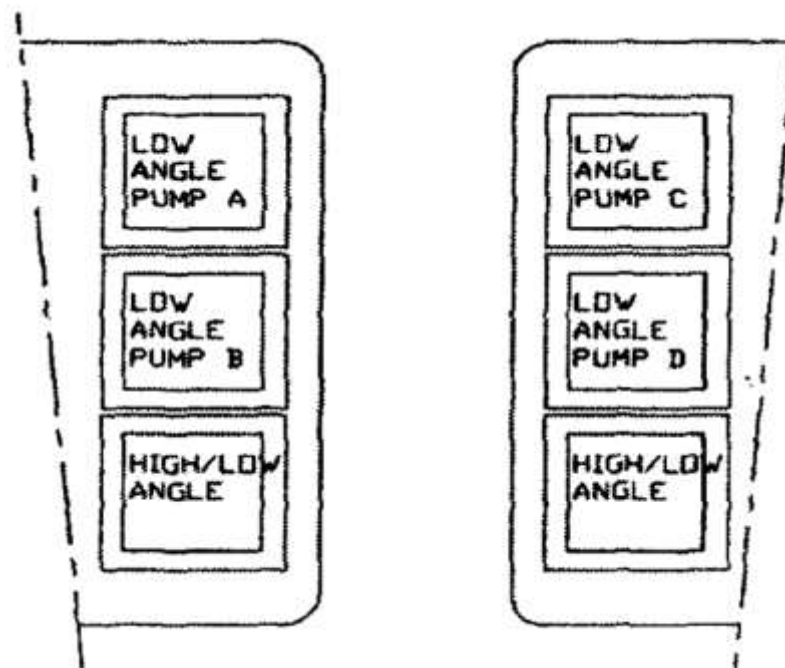


Рис. 13.3 – Панель вибору кута перекладки керма

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

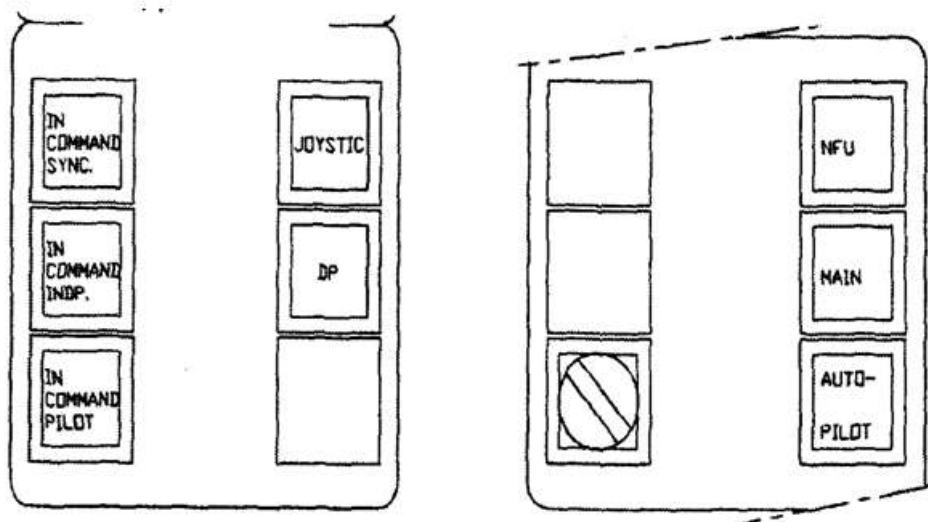


Рис. 13.4 – Панель вибору режиму роботи рульової установки

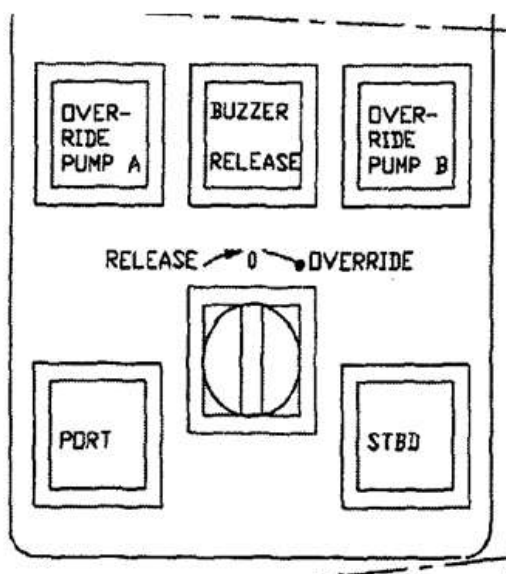


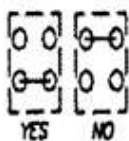
Рис.13.5 – Панель управління вибору виду

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.

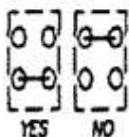
JP1 --> EXTERNAL OVERRIDE.



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 вибору 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.

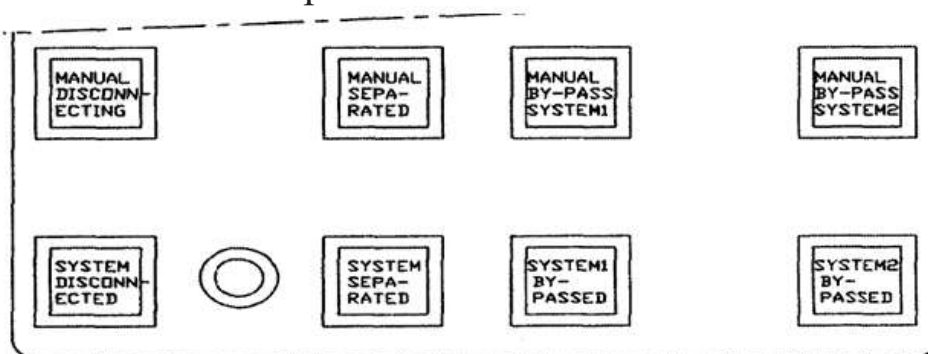


Рис. 13.7 – Панель управління

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:

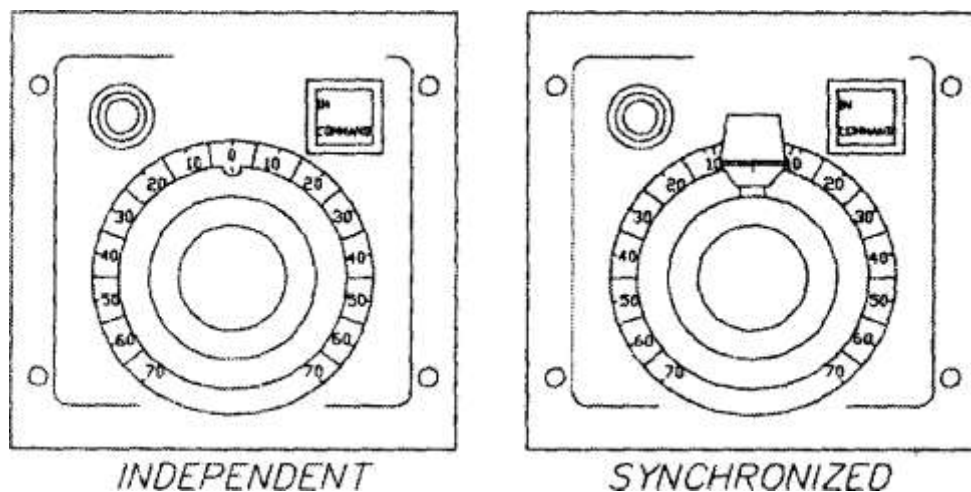


Рис. 13.8 –
Рукоятки

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).

13.2. 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 .

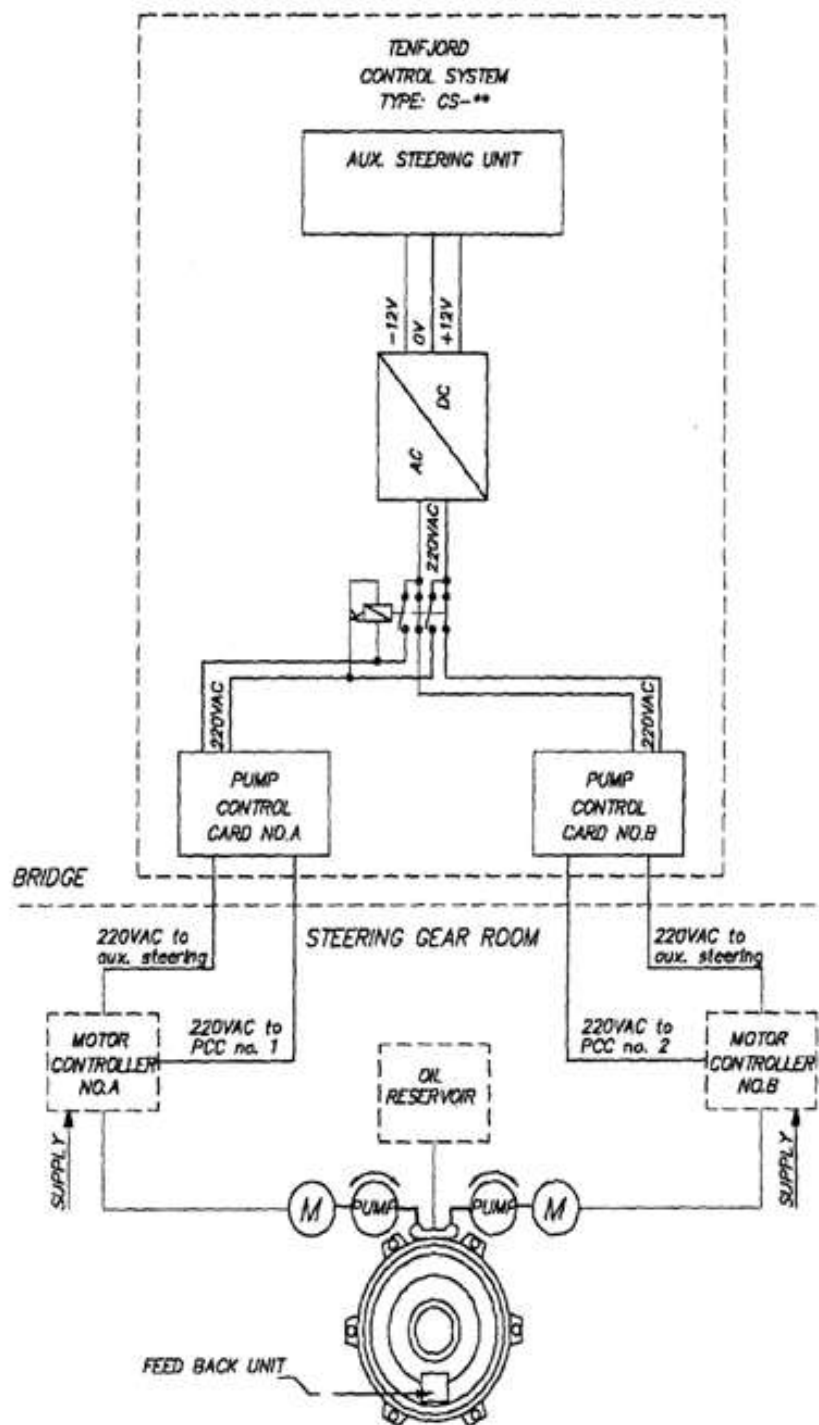


Рис. 4.9 – Узагальнена схема системи управління

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+/-20%, 50-60Гц з навантаженнями: світловий сигнал «in command» макс. 100мА;

сигнал напрямки перекладки макс. 100мА, 24В і швидкості перекладки макс. +/-15мА; аварійний сигнал по положенню керма 0,5А, 24В; для зовнішнього обладнання - підтвердження сигналу «in command» 0,5А, 24В, сигнала блокування (override) 0,5А,24В, сигналу вибору FU 0,5А і аналогового сигналу команди на кермо +/-15мА (+/-10В).

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

I

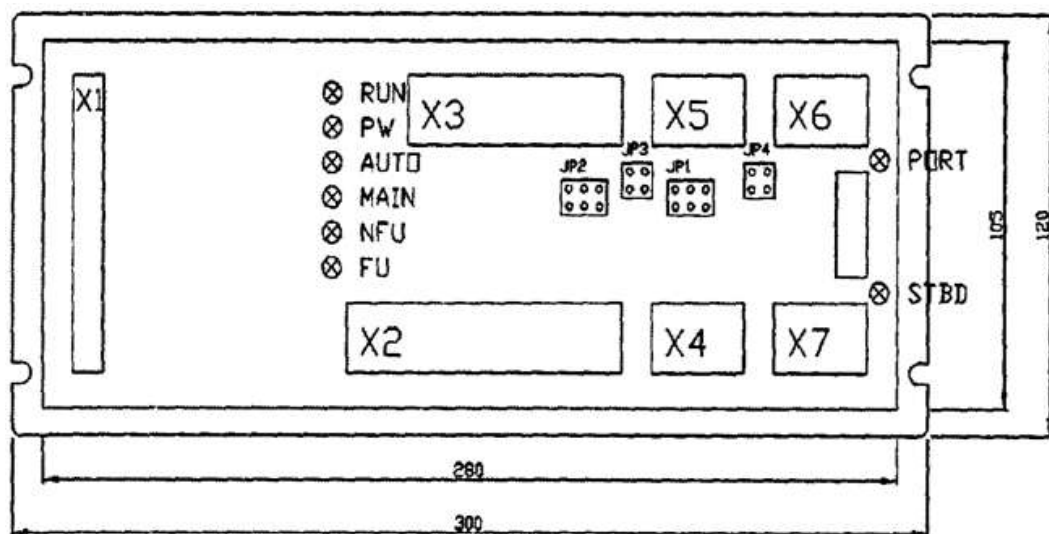


Рис. 13.10 – Карта управління насосом

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

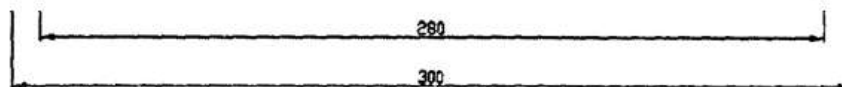
JP1/2 -> STEERING SIGN. COMMON + OR -



JP3 -> NFU MAIN STEERING OVERRIDE



JP4 -> NFU STEERING OVERRIDE



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

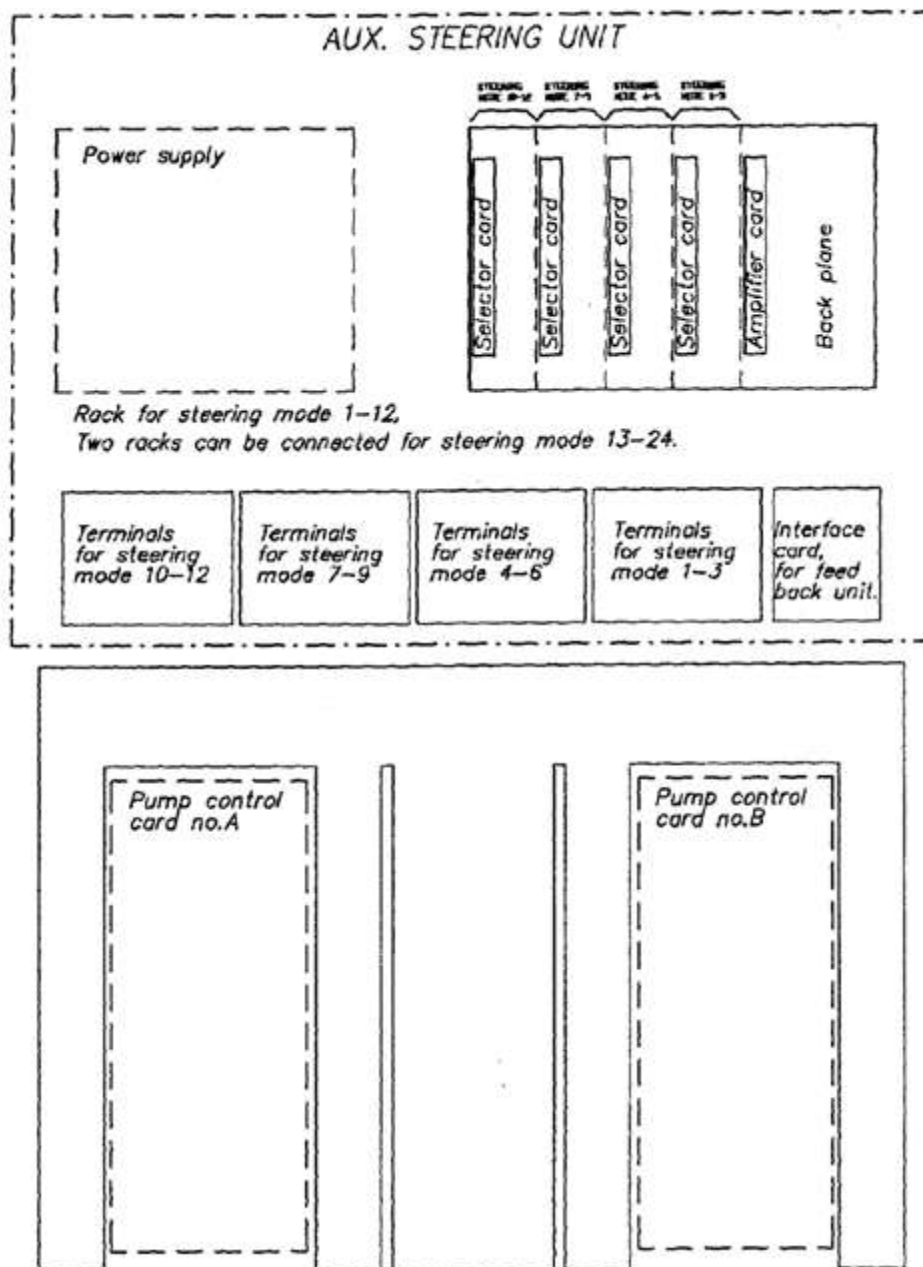
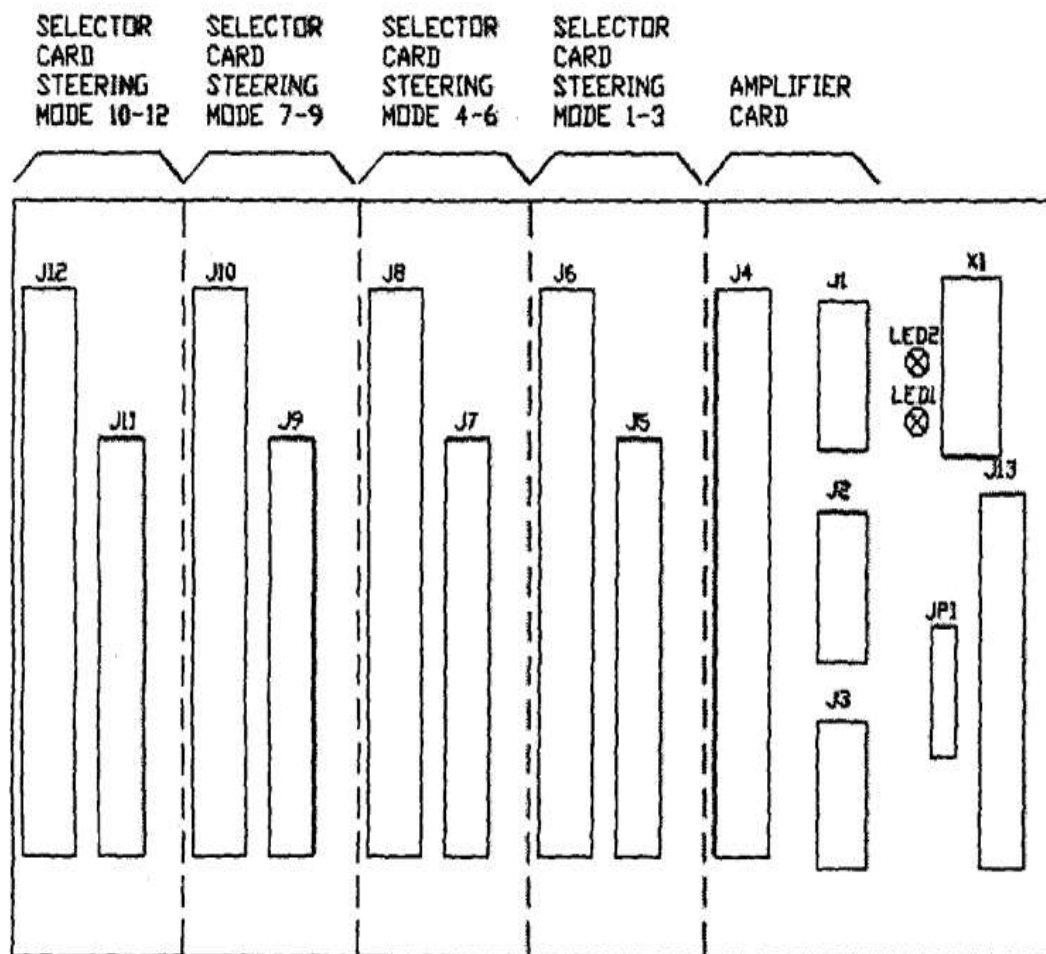


Рис. 13.11 – Плата Aux. Steering unit

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



LED DESCRIPTION

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

JUMPER DESCRIPTION

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

CONNECTOR DESCRIPTION

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

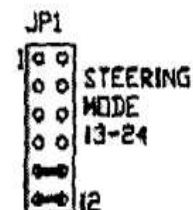
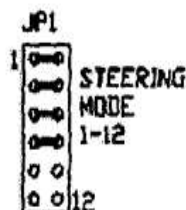


Рис. 13.12 – Схема об'єднавчої панелі і опис її компонентів

До функцій **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 рульовою 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 такі 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 такі функції: вхід сигналу керма від селекторних карт; живлення $\pm 5V$ для сигналу команди на кермо та блоку зворотнього зв'язку; вихід зорозумілого сигналу до двох карт управління насосами.

На карті підсилювача виконують заводські регулювання пам'яті P30 (установка нуля) і P31 (регулювання коефіцієнта), а також системні регулювання P20 (передавальний коефіцієнт) і P60 (чутливість) після інсталяції. Наприклад, нульова РБО регулювання виконується наступним чином: вибирають вид управління FU без підключеного сигналу на кермо, потім регулюють РБО (J2-2 to J2-

7 = 0V) до тих пір, поки сигнал команди FU на кермо не стане рівним 0В (з похибкою +/-1мВ).

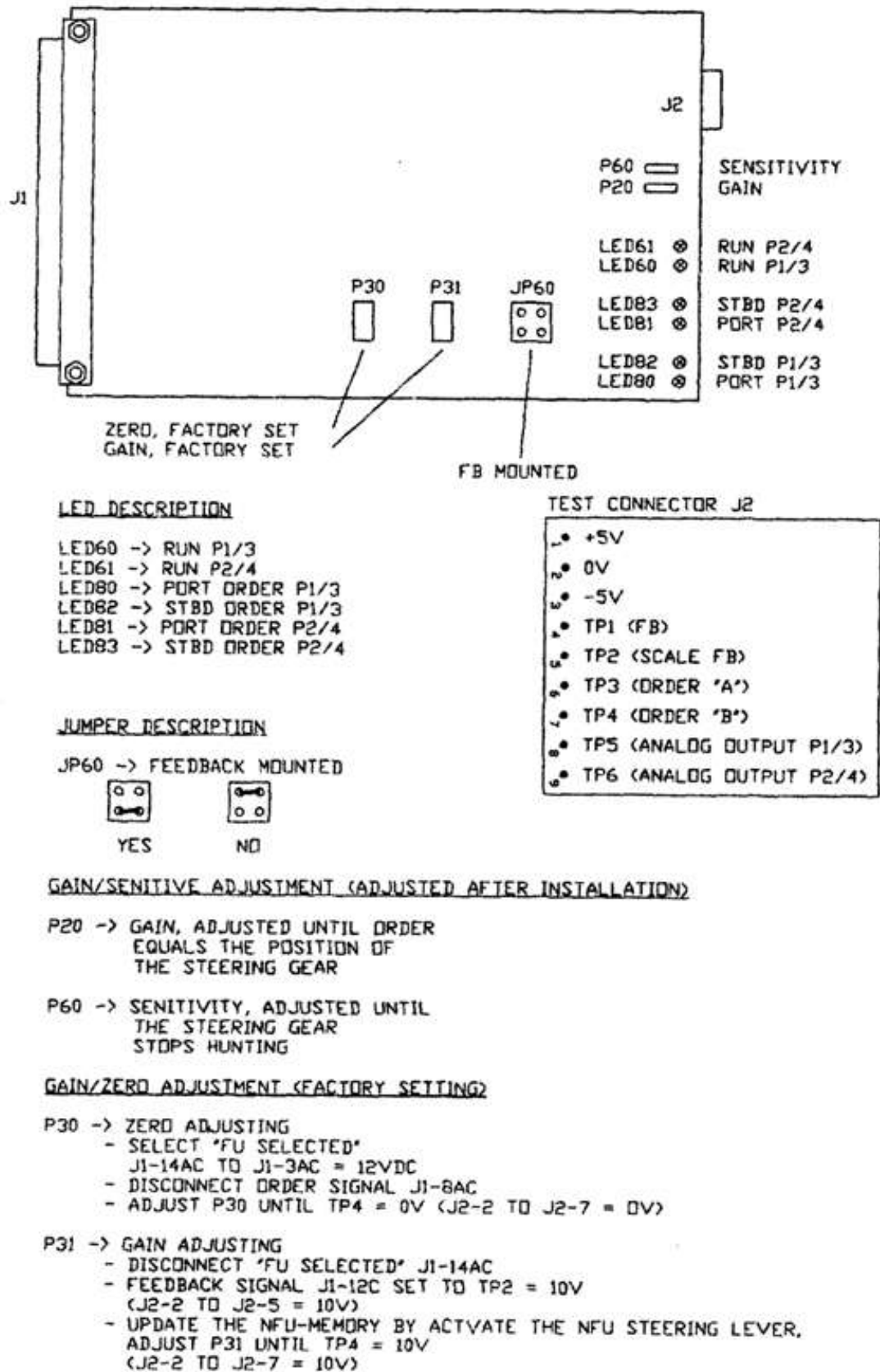


Рис. 13.13 – Підсилююча карта Amplifier card

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 $\pm 10\text{В}$; сигнал про вибір FU виду управління.

13.3 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 алармов; неслідящее аварійне NFU управління.

13.4. Інші компоненти системи

Драйвер соленоїда

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

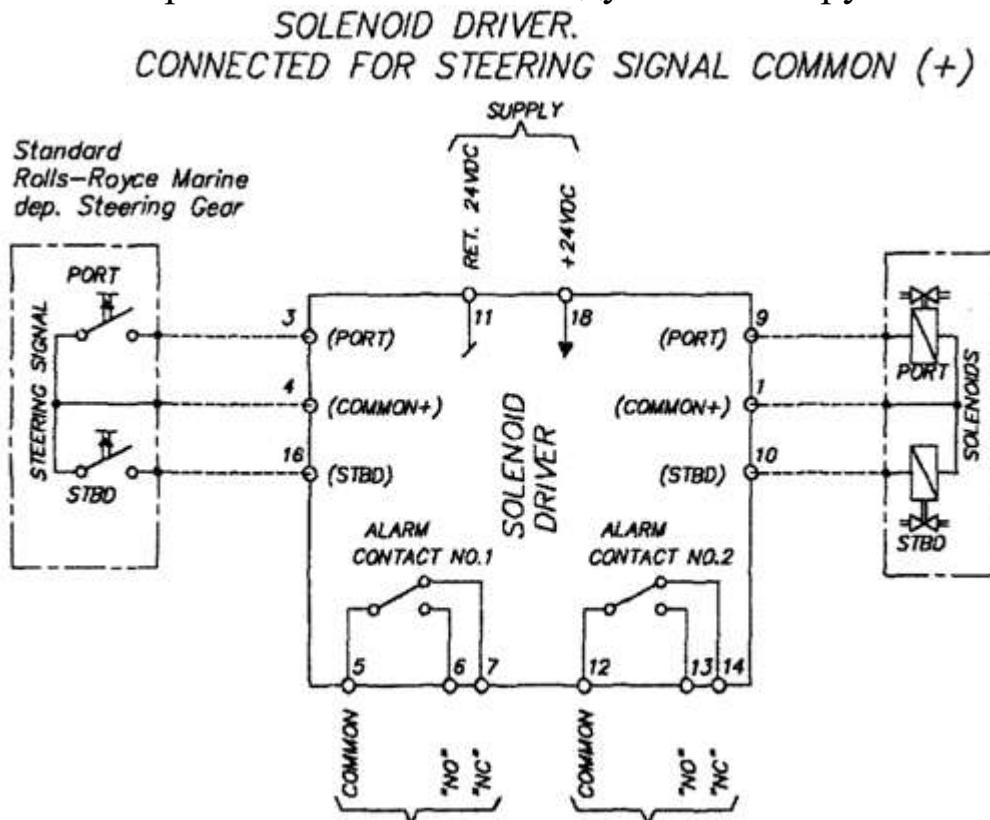


Рис. 13.14 – Драйвер соленоїда

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 покажчик керма може мати клас точності 1,5 (т.е. $\pm 1,5^\circ$ для положення керма до 50° та $\pm 1-2,5^\circ$ 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» сбоя гидравлики

Гідрозатвор може статися в гідравлічній системі, влаштованої так, що помилкові спрацювання (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 показчиків 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 маслоохлоджувачем; несправність заземлення насоса №, коли електродвигун не в роботі; Несинхронна робота рулів, якщо встановлено два керма.

Підсилювач рульового показчика

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 показчика; регулятор напруги; інтерфейс для блоку зворотнього зв'язку; регулювання нуля сигналу зворотнього зв'язку; регулювання коефіцієнта рулевих показчиків; регулювання нуля сигналу зворотнього зв'язку

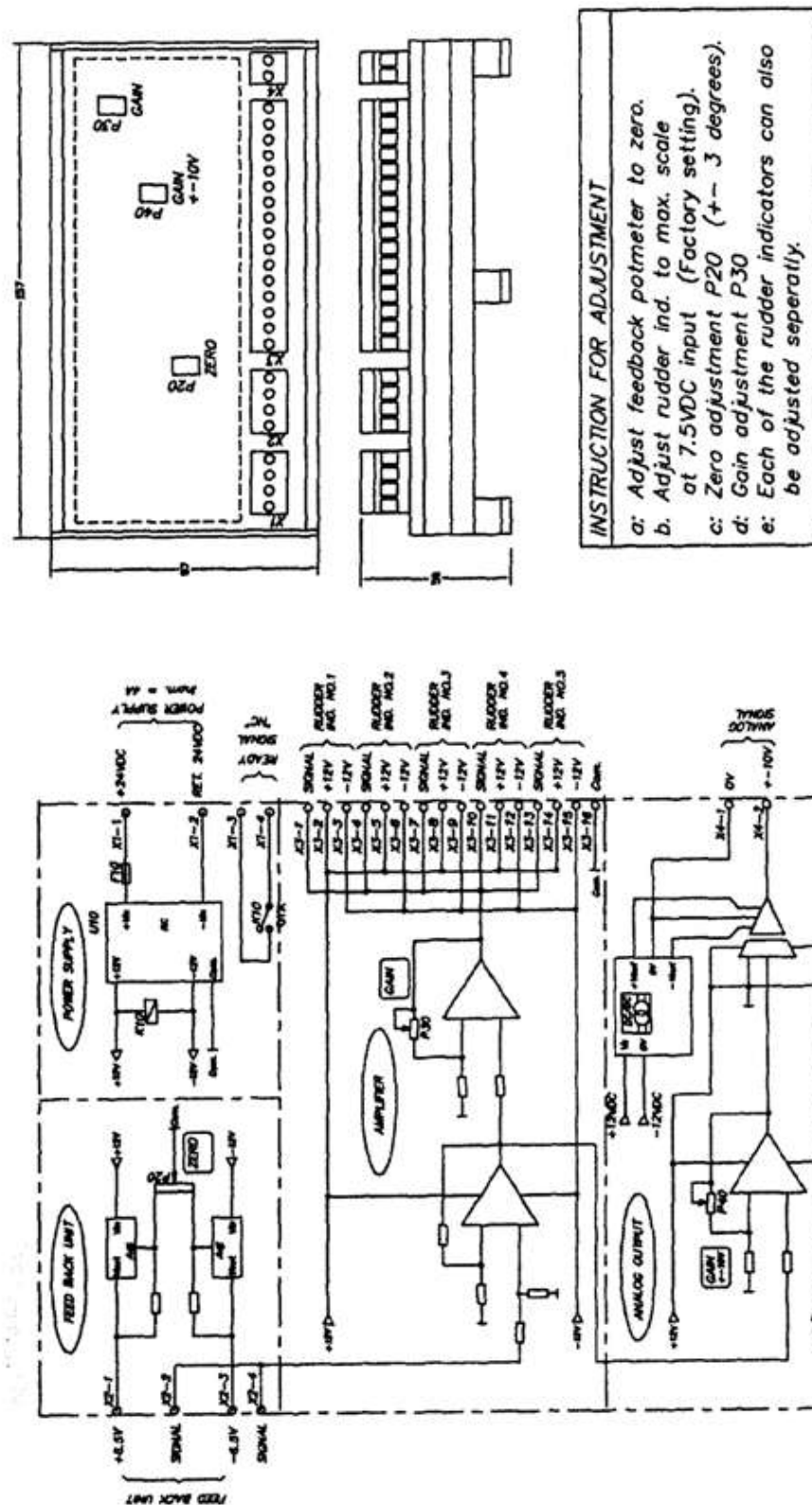


Рис.13.15 – Схема підсилювача рульового показника

13.5 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 уставка). 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 зворотньої 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 нульовому положенні; якщо показчики керма не в нульовому положенні, то регулювання ($\pm 2^\circ$) може бути виконана (Р20) 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 $\pm 10\text{В}$ сигналу; встановити кермо на 5° перед тим, як рульовий привід досягне механічної зупинки і регулювати (Р40) 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 перекладки 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 8В (50 °) або 10В (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 Р20 (коефіцієнт на мапі підсилювача) до тих пір, поки положення керма не буде відповідати команді. Запустити обидва насоса на кожен кермо. Відрегулювати Р60 (чутливість, на карті підсилювача) за годинниковою стрілкою так, щоб в системі follow-up виникли коливання і перерегулювання при русі контролера. Це можна спостерігати по світодиоду 4 LED на лицьовій стороні картки підсилювача (сигнал команди port / stbd для кожного насоса). Пересунути Р60 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
(Авторьовий, 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'язки рульової системи управління з авторульовим, джостік і редандантної DP системою.

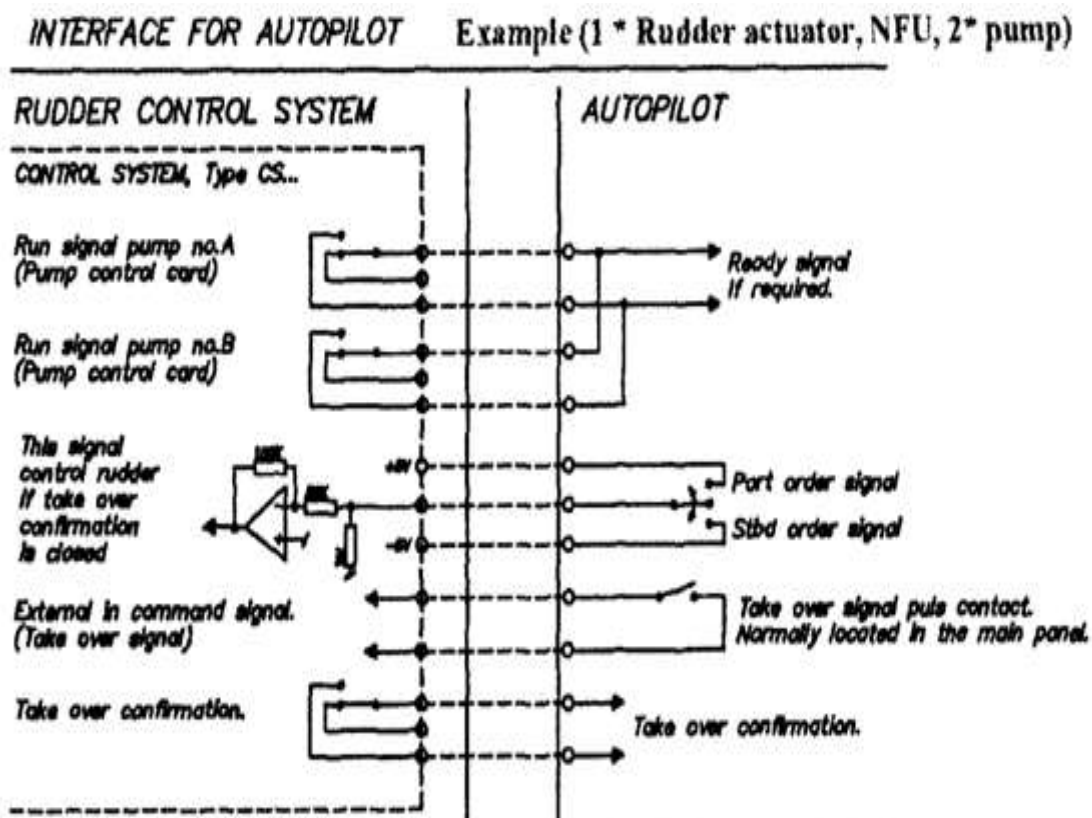


Рис.13.16 – Інтерфейс системи керування рульовою установкою з аторульовим

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

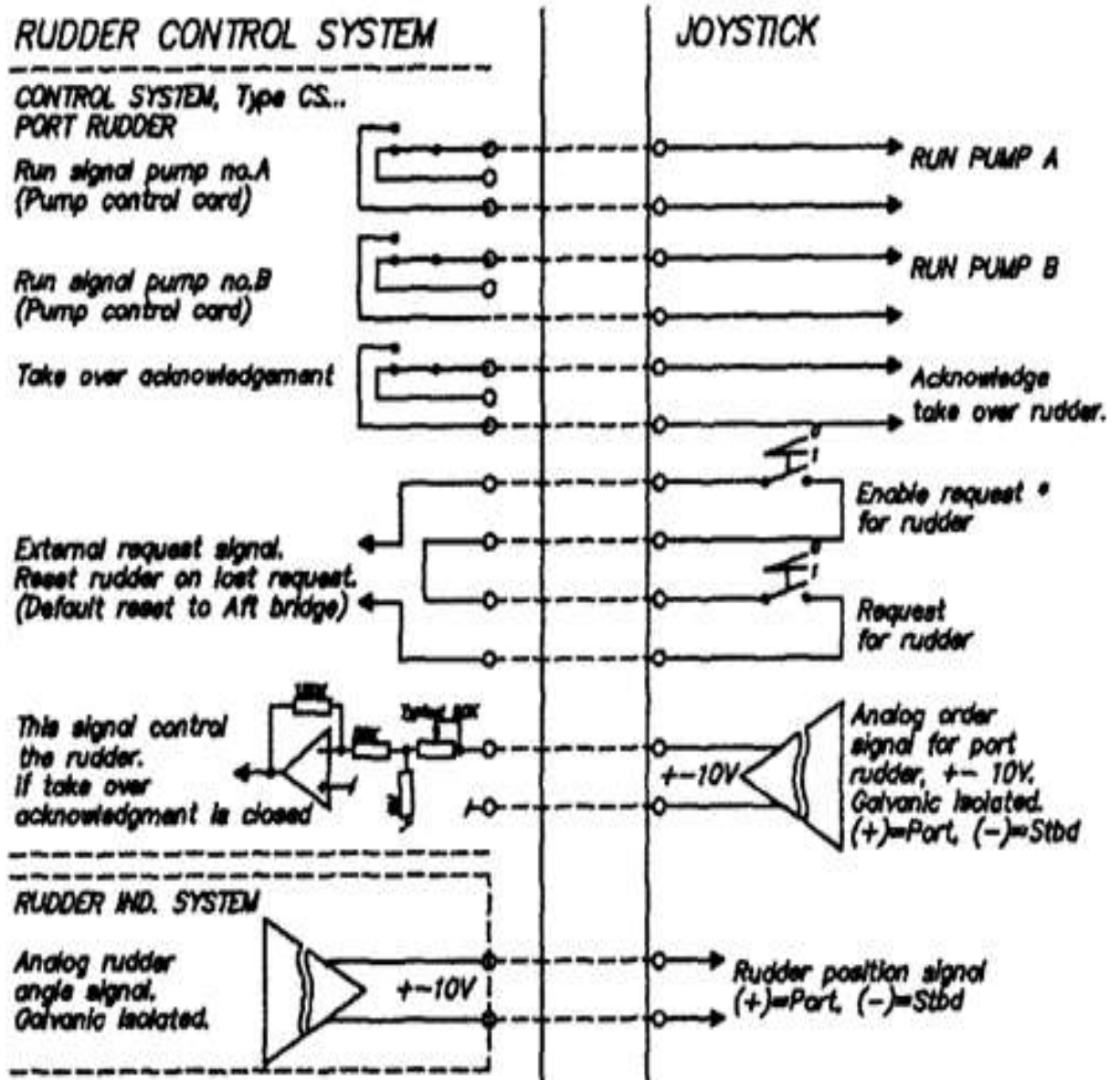


Рис. 13.17 – Інтерфейс системи управління рульової установкою з джойстиком

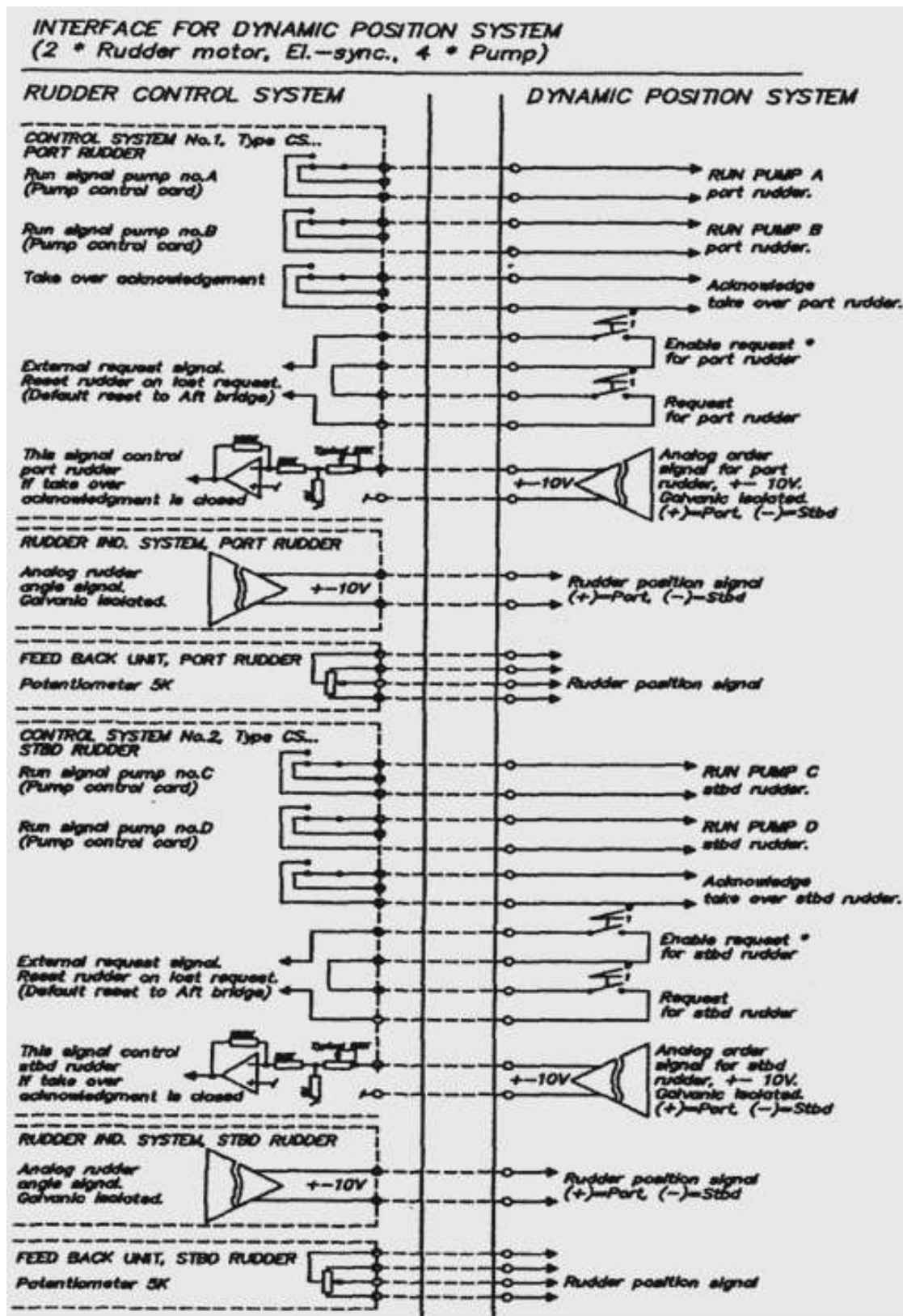


Рис. 13.18 – Інтерфейс системи управління рульової установки з ДР системою

ЛІТЕРАТУРА

1. Логішев І.В. Технічне використання суднових технічних засобів і безпечне несення ваhti: навчальний посібник /І.В.Логішев, Ю.Д.Давиденко - Одеса: НУ «ОНМА», 2019 – 338 с.
2. Budashko V.V. Ship's power plants propulsion complexes: concepts, technologies, researching: Monograph/ V.V. Budashko / – Odessa - NU “OMA”, 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. Белікова Л.Я. Електричні машини: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закладів /Л.Я.Белікова, В.П.Шевченко. – О.:Наука і техніка, 2012. – 480 с.
5. 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**
6. 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**
7. Паначевний Б.І., Свергун Ю.Ф. Загальна електротехніка: Підручник. 4-е вид.-К.:Каравела, 2018.-296 с. **ISBN 978-966-8019-06-7**
8. Матвієнко М.П. Основи електротехніки та електроніки. Підручник.- К.: Видавництво Ліра – К, 2021.- 504 с. **ISBN 978-617-7320-38-7**
9. Маляр В.С. Теоретичні основи електротехніки: підручник /В.С. Маляр.-Львів: Видавництво Львівської політехніки,2018.-416 с. **ISBN 978-966-941-189-1**
10. Титаренко М.В. Електротехніка: Навчальний посібник для студентів інженерно-технічних (неелектротехнічних) спеціальностей вузів.- К.: Кондор, 2021.- 240 с. **ISBN 966-7982-32-7**
11. 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. Мілих.- Київ: Каравела,2020.- 452 с. **ISBN 978-966-222-985-1**

12. Збірник задач з теоретичних основ електротехніки. Частина 1: Навчальний посібник для студентів електротехнічних та електромеханічних спеціальностей вищих навчальних закладів/ Воробкевич А.Ю., Маляр В.С., Совин Р.Я., Соколовський М.О., Стахів П.Г., Шегедин О.І. За редакцією Воробкевича А.Ю., Шегеди-на О.І.- 2-ге вид., стереот.- К: «Магнолія 2006», 2022- 224 с. **ISBN 996-8340-12-4**

13. Проектування електричних машин: навч.посіб./ Д.В.Ципленков, О.Б.Іванов, О.В. Бобров, В.В.Кузнецов, В.В.Артемчук, М.О.Баб'як; Нац. техн.ун-т «Дніпровська політехніка».- Д: НТУ «ДП», 2020. – 408 с. **ISBN 978-966-350-738-5**

14. Рябенський В. М., Жуйков В. Я., Гулий В. Д. Цифрова схемотехніка: Навч. посібник. — Львів: “Новий Світ-2000”, 2020. — 736 с. **ISBN 978-966-418-067-9**

15. Теорія автоматичного керування : навч. посіб. / Петро Федорович Гоголюк, Тарас Михайлович Гречин, Нац. ун-т «Львівська політехніка». — 2-е вид, переробл. .— Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2012.— 279 с. Бібліогр.: с. 277 . — **[ISBN 978-617-607-284-3](#)**

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**

17. Метрологія та вимірювання [Текст] : навч. посіб. / [Дорожовець М. М. та ін.] ; за наук. ред. д-ра техн. наук, проф. Б. І. Стадника ; Нац. ун-т "Львів. політехніка". - Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2012. - 309 с. - **ISBN 978-617-607-276-8**

18. Основи електропривода : підручник / Ю. М. Лавріненко [та ін.] ; за ред. канд. техн. наук Лавріненка Юрія Миколайовича ; Нац. ун-т біоресурсів і природокористування України. - Київ : Ліра-К, 2017. - 521 с. **ISBN 978-617-7320-50-9**

19. Інвертори і перетворювачі частоти : навч. посіб. / В. І. Сенько, К. В. Трубіцин, В. І. Чибеліс ; Нац. техн. ун-т України "Київ. політехн. ін-т ім. Ігоря Сікорського". - Київ : Ліра-К, 2020. - 299 с. **ISBN 978-617-7844-11-1**

20. Електроніка і мікросхемотехніка у 4-х томах. Т.4, кн.2: Силова електроніка. Підручник для ВНЗ (затв. МОН України)/ М.В.

Панасенко, В.І.Сенько, Є.В.Сенько; - Київ: Каравела, 2018.-316 с.
ISBN 978-966-222-939-4

21. Суднові автоматизовані електроенергетичні системи. Ч.1. Суднові електричні станції. - Навч.посібник /Чорний С.Г., Голіков С.П.; - К.: Кондор, 2016.- 198 с.

22. Конструкційні та електротехнічні матеріали. / Василенко І. І., Широков В. В., Василенко Ю. І.; Навчальний посібник. – Львів: “Магнолія-2006”, 2021.— 242 с. **ISBN 966-2025-02-2**

23. Основи електроніки. / Коруд В.І., Стахів П.Г. ; Підручник. – Львів: “Магнолія-2006”, 2021.— 208 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**

25. Теоретичні основи електротехніки. Шегедин О. І, Маляр В. С. Навчальний посібник для студентів дистанційної форми навчання електротехнічних та електромеханічних спеціальностей вищих навчальних закладів. . Львів: Магнолія 2021- 172 с. **ISBN 966-8340-15-9**

26. Структурно-параметричний синтез систем автоматизованих електроприводів. Бойчук Б.Г., Лозинський О.Ю., Цяпа В.Б., Головач І.Р. – Львів: “Магнолія-2006”, 2021.— 116 с.

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**

28. Основи електроніки з елементами мікроелектроніки. Стахів П. Г., Коруд В. І., Гамола О.Є., Чернівчан В.Я., Мусихіна Н. П. Навчальний посібник, – 2010. – 225 с. **ISBN 966-8340-53-1**

29. Електротехніка: Підручник / За заг. ред. В. І. Коруда. – 3-тє вид., переробл. і доп. – Львів: "Магнолія плюс"; видавець СПД ФО В. М. Піча, 2021. - 447 с.

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>