

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав кафедри КН
Довбиш А.С.

« » грудня 2020р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА
за спеціальністю 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"

**Система керування газоперекачувальним агрегатом
потужністю 25 МВт**

Керівник проекту :
к.т.н, доцент

Журавльов О.Ю.

Виконав:
студент групи СУмз-91С

Дудченко С.В.

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютерних наук
Секція комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КН

Довбиш А.С.

«_____» 12 .2020 р.

ЗАВДАННЯ

для магістерської роботи студенту

Дудченко Сергію Васильовичу

1 Тема роботи: Система керування газоперекачувальним агрегатом потужністю 25 МВт

Затверджено наказом ректора університету №1798-III від «19»11. 2020 р.

2 Термін здачі закінченої роботи «16» грудня 2020 р.

3 Вихідні дані до роботи : конструкторська документація на ГПА з газотурбінним приводом ДН-80Л; завдання кафедри.

4 Зміст пояснювальної записки (питання, що належать до розроблення):

1 Характеристика компресорних станцій та їх основного обладнання

2. Опис ГПА, як об'єкта керування

3. Технічні засобів для побудови САУ ГПА

4.Опис та принцип дії САУ ГПА

5.Математична модель системи антипомпажного регулювання нагнітача

3. Розрахунок показників економічної ефективності проектованої системи

4. Охорона праці

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Контроль температури паливного газу, тиску і перепаду тиску масла, газу повітря.

Принципова схема.

2. Контроль температури газу за ТНД. Принципова схема.

3. АСУ ТП ГТД ДН80Л. Схема автоматизації функціональна.

4. Обв'язка компресорної станції. Технологічна схема.

5. Материнська плата модуля ІОМ. Схема структурна

6. Материнська плата модуля МРМ. Схема структурна

6 Календарний план

Номер етапу	Зміст етапу виконання роботи	Строк виконання (початок - кінець)
1	Аналіз завдання кафедри. Підбір та аналіз літератури. Відбір аналогів та прототипів.	21.10.20- 29.10.20
2	Характеристика компресорних станцій та їх основного обладнання	30.10.20- 03.11.20
3	Опис ГПА, як об'єкта керування.	04.11.20- 08.11.20
4	Вибір технічних засобів для побудови САУ ГПА. Опис та принцип дії САУ ГПА ССС «Series 4»	09.11.20- 12.11.20
5	Опис та принцип дії САУ ГПА	13.11.20- 15.11.20
6	Математична модель системи антипомпажного регулювання нагнітача	16.11.20- 21.11.20
7	Охорона праці.	22.11.20- 24.11.20
8	Розрахунок показників економічної ефективності розроблених у роботі заходів	25.11.20- 28.11.20
9	Технічне оформлення роботи. Здача проекту керівнику	29.11.20- 16.12.20

7 Дата видачі завдання «21» жовтня 2020 р.

Керівник роботи:

к.т.н., доцент

Журавльов О.Ю.

До виконання прийняв:
студент групи СУмз-91С

Дудченко С.В.

РЕФЕРАТ

Дудченко Сергій Васильович. Система керування газоперекачувальним агрегатом потужністю 25 МВт. Кваліфікаційна робота магістра. Сумський державний університет. Суми 2020 р.

Кваліфікаційна робота магістра 91 аркуш пояснювальної записки, враховуючи 25 рисунків, 14 таблиць, конструкторську документацію, що містить 6 креслень.

Наведені матеріали патентних досліджень. Описано систему керування ГПА, як об'єкта автоматизації. Зроблено вибір технічних засобів для побудови системи автоматичного управління газоперекачуючим агрегатом. Підібрано логічний контролер MS68332. Складена математична модель системи антипомпажного регулювання нагнітача

Зроблено розрахунок показників економічної ефективності розроблених у проєкті заходів. Проаналізована система керування з точки зору охорони праці.

Ключові слова: газоперекачувальний агрегат, компресор низького тиску, компресор високого тиску, турбіна низького тиску, турбіна високого тиску, газотурбінний двигун, компресорна станція, мікроконтролер, програмно технічні засоби.

ABSTRACT

Dudchenko Sergey Vasilyevich. Control system for gas-compressor unit with 25 MW capacity. Master's qualification work. Sumy State University. Sumy 2020

Master's Qualification Work 91 sheet of explanatory note, including 25 drawings, 14 tables, design documentation containing 6 drawings.

Patent research materials are provided. The GPU control system is described as an object of automation. The choice of technical means for construction of the automatic control system of the gas pumping unit is made. MS68332 logic controller is selected. The mathematical model of the system of anti-pump regulation of the supercharger is made

The economic efficiency indicators of the measures developed in the project have been calculated. The control system from the point of view of labor protection is analyzed.

Keywords: gas compressor unit, low pressure compressor, high pressure compressor, low pressure turbine, high pressure turbine, gas turbine, compressor station, microcontroller, and software technology.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	3
ВСТУП.....	4
1 ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ ТА ЇХ ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ.....	5
1.1 Компресорні станції та їх основні функції.....	5
1.2 Характеристики основного обладнання КС	5
1.3 Технологічна схема КС – 37.....	8
2 ОПИС ГПА, ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ	10
2.1 Будова і робота агрегату.....	10
2.2 Устаткування і робота складових частин агрегату.....	12
2.3 Система змащування.....	14
2.4 Система паливна.....	16
2.5 Агрегати паливної системи.....	18
2.6 Система електрообладнання.....	19
2.7 Постановка задачі	21
3 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ПОБУДОВИ САУ ГПА	23
3.1 Система автоматичного управління. Основні характеристики.....	23
3.2 Опис і робота складових частин виробу	28
3.3 Датчики і виконавчі механізми	37
4 ОПИС ТА ПРИНЦИП ДІЇ САУ ГПА	45
4.1 Принцип дії логічного контролера МС68332.....	45
4.2 Опис системи управління ГПА ССС «Series 4».....	51
5 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ АНТИПОМПАЖНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАГНІТАЧА.....	60
6 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТОВАНОЇ СИСТЕМИ.....	68
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	76
7.1 Основні заходи безпеки при обслуговуванні ГПА.....	76
7.2 Аналіз основних небезпечних і шкідливих чинників.....	77
7.3 Розрахунок заземлення електродвигуна ГПА.....	85
ВИСНОВОК.....	90
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	91
ДОДАТКИ	

ПЕРЕЛІК ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

АЗ	Аварійна зупинка
АПОг	Агрегат повітряного охолодження газу
ГПА	Газоперекачувальний агрегат
ГТД	Газотурбінний двигун
КС	Компресорна станція
ЛВУМГ	Лінійне виробниче управління магістральними газопроводами
МК	Мікроконтролер
САУ	Система автоматичного управління
ПТЗ	Програмно технічні засоби
ТВТ	Турбіна високого тиску
ТНТ	Турбіна низького тиску

ВСТУП

Природний газ є найбільшим прогресивним і економічним видом палива, і його частина у паливному балансі країни свідчить про рівень її технологічного розвитку. Застосування газу, як палива та сировини для хімічних виробництв сприяє підвищенню продуктивності та поліпшенню умов праці, значно покращує побутові умови населення.

З кожним роком зростає роль природного газу в паливно-хімічному балансі нашої країни на фоні загальної енергетичної кризи. Безперервна робота багатьох галузей народного господарства залежить від своєчасного постачання природного газу.

Транспортування природного газу від місця його видобутку (на газовому промислі) до місць його споживання здійснюється по магістральних газопроводах на відстань до кількох тисяч кілометрів.

Газ при русі по газопроводу від родовища до споживачів на своєму шляху долає опір трубопроводу і втрачає тиск. Надмірна втрата тиску приводить до зниження пропускної здатності і нераціональному використанні трубопроводу. Для економічної перекачки газу на великі відстані з максимальним використанням несучої здатності труб споруджуються компресорні станції.

Газотранспортна система України складається з густої мережі газових комунікацій, що служать для подачі газу як внутрішнім споживачам, так і для транзиту блакитного палива в країни Західної Європи.

Основним керуючим елементом систем транспорту газу слід вважати компресорні станції, на яких встановлені потужні газоперекачувальні агрегати, енергоносієм для яких, в більшості випадків, є транспортований природний газ. Від режиму їх роботи і його зміни залежить в основному режим експлуатації всієї системи газопостачання.

Компресорні станції з газотурбінним приводом – це складний автоматизований об'єкт в загальній системі керування магістральними газопроводами. На більшості підприємств газової галузі наявні технічні вирішення традиційної автоматики. Одним із найважливіших процесів на компресорній станції є процес нагнітання природного газу. Для того, щоб нагнітач працював з максимальною пропускною здатністю, передбачається система автоматизованого керування газоперекачувальним агрегатом.

При виникненні поломки основне обладнання компресорної станції (газоперекачувальний агрегат), при недосконалій системі автоматизації, може вийти з ладу. Дані поломки та заміна обладнання досить дорогі і тому є доцільним на сьогодні вкладати кошти на розробку нових і вдосконалення існуючих систем автоматизації.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ ТА ЇХ ОСНОВНОГО ОБЛАДНАННЯ

1.1 Компресорні станції та їх основні функції

В процесі руху газу по трубі за рахунок тертя об стінки, тиск газу і швидкість транспортування поступово знижуються. Для підвищення тиску газу в газопроводі і підтримання заданої максимальної пропускної здатності по трасі газопроводу через кожні 80-120 км встановлюються компресорні станції.

На компресорних станціях магістральних газопроводів застосовують наступні чотири види газоперекачувальних агрегатів:

- поршневий компресор з приводом від газового двигуна внутрішнього згорання (газомотокомпресор);
- поршневий компресор з електроприводом;
- нагнітач (відцентровий компресор) з газотурбінним приводом;
- нагнітач (відцентровий компресор) з електроприводом.

На компресорних станціях передбачається наступні основні технологічні процеси: очистка газу від пилу, компримування – стиснення і перекачка газу та його охолодження.

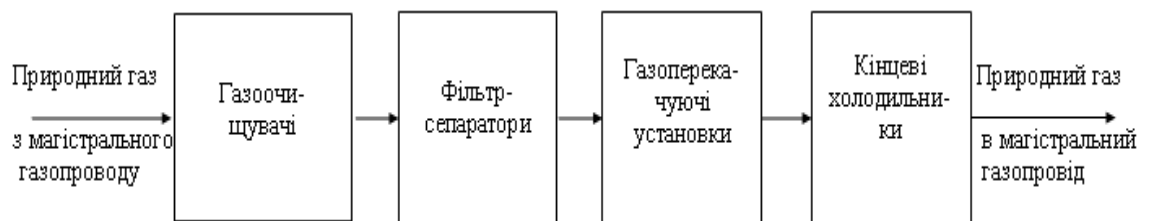


Рисунок 1.1 – Спрощена схема компресорної станції

Очистка газу від пилу забезпечує захист обладнання від передчасного зносу і виконується в спеціальних апаратах пиловловлювачах.

Крім того, на головних компресорних станціях, виконується осушка газу і, якщо він містить сірководень, очищення його від сірки.

1.2 Характеристики основного обладнання КС

Як уже вище зазначалося до основних функцій компресорних станцій належать компримування газу, очистка газу та його охолодження після компримування. Звідси слідує, що

до основного обладнання належить нагнітач з приводом, системи очистки технологічного газу та системи контролю температури газу.

1.2.1 Характеристика ГПА-25МН80.02

Газоперекачувальний агрегат ГПА-25МН80.02 призначений для стиснення природного газу на компресорних станціях магістральних газопроводів.

Газоперекачувальний агрегат ГПА25МН80.02 складається із:

- блоку двигуна;
- повітрязабірника;
- газовихлопу;
- повітря охолоджувача з глушником;
- блока вентиляторів;
- маслоблоку двигуна.

Обладнання агрегату забезпечує подачу повітря до компресорів двигуна. Компресори двигуна, стискаючи повітря, подають його в камеру згорання, де він змішується з паливним газом, створюючи паливно-повітряну суміш. Паливно-повітряна суміш, при згоранні, приводить в обертання турбіни компресорів і турбіни нагнітача.

В нагнітачі транспортований газ стискається до заданого тиску. Відпрацьовані гази відводяться в навколишнє середовище через систему відводу відпрацьованих вихлопних газів.

Охолоджуюче повітря під теплоізолюючий кожух двигуна із газопроводу подається блоком вентиляторів.

Маслоблок двигуна розміщений поряд з двигуном в машинному залі.

До складу маслоблоку входить ряд агрегатів і пристроїв сигналізації масляної і паливної систем.

Газоперекачувальний агрегат пристосований для підключення до системи дистанційного керування і централізованого контролю компресорної станції.

Основні технічні дані ГПА-25МН80.02 приведені в таблиці 1.1 [2].

1.2.2 Характеристика нагнітача Н-650-21-2

Нагнітач типу Н-650-21-2 відцентровий двоступінчатий, тобто такий, що розрахований на робочий тиск 7,5 МПа.

Відцентровий нагнітач являє собою лопаточне колесо, що знаходиться в спіральному корпусі. При обертанні колеса газ, що потрапив в його центр відкидається в сторону, по дотичній траєкторії Як показано на рисунку 1.3, де D_1 – діаметр входу робочого колеса, D_2 – діаметр виходу робочого колеса, w_1 – відносна швидкість при вході в колесо, w_2 – відносна швидкість при

виході з колеса, u_1 – переносна швидкість при вході, u_2 – переносна швидкість при виході, c_1 – абсолютна швидкість при вході в колесо, c_2 – абсолютна швидкість при виході з колеса.

Таблиця 1.1–Основні технічні дані газопрекачуючого агрегату ГПА- 25МН80.02

Найменування параметра	Величина параметру
Номінальна потужність при температурі повітря на вході в двигун 288К (15 ⁰ С), атмосферному тиску 760 мм.рт.ст., МВт	25
ККД двигуна в станційних умовах при номінальному режимі, не менше, %	34,5
Вага матеріальної частини, кг	32000
Вага самої важкої частини ГПА (газогенератора двигуна ДН80Л, кг	10000
Номінальна частота обертання ротора нагнітача, об/хв	3700
Розхід газу на зрізі газовідводу двигуна, не більше, кг/с	86
Температура газу на зрізі газовідводу двигуна, К (°С)	753 (480)
Максимальний розхід паливного газу, кг/год	6000
Тиск паливного газу, МПа (кгс/см)	2,45+0,05
Температура паливного газу, не менше, К (°С)	283 (10)
Втрати масла двигуна, не більше, кг/год	1,0
Час запуску ГТД і надбання повного навантаження не більше, хв	20
Відбір повітря з порожнини стравлювання ЗК КВД, не більше кг/с	1,1
Тиск відбираємого повітря, МПа (кгс/см)	0,21 (2,12)

Рухаючись по каналам між лопатками колеса, що обертається, газ під дією відцентрової сили збільшує свою швидкість і стискається. При цьому кожна частина газу бере участь в двох основних рухах: відносному вздовж каналу зі швидкістю (відносна швидкість) W і переносному u (окружна швидкість):

$$u = wr \quad (1.1)$$

де w - кутова швидкість;

r - радіус.

При розрахунках швидкість переносного і відносного руху частини газу можуть бути замінені результуючою абсолютною швидкістю c . З вилученням часточки газу від центра колеса і збільшенням окружної швидкості u збільшується і абсолютна швидкість c . збільшення абсолютної швидкості газу на виході із нагнітача до c_2 (відносно до швидкості на вході c_1) визначається приріст кінетичної енергії газу. Збільшення тиску газу на виході p_2 порівняно з тиском на вході p_1 дає приріст потенційної енергії стиску, що в результаті одержалась в нагнітачі. Сума приростів потенціальної і кінетичної енергії газу дає загальну величину енергії, одержану газом в робочому колесі нагнітача, або тиск що розвивається нагнітачем.

Математичне вираження повного тиску нагнітача

$$H = \frac{p_2 - p_1}{\gamma} + \frac{c_2^2 - c_1^2}{2g} \quad (1.2)$$

де γ - питома вага газу що стискається в кг/м^3 ; g - прискорення сили тяжіння ($g = 9,81 \text{ м/с}^2$).

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика нагнітача Н-650-21-2

Найменування параметра	Величина параметру
Продуктивність об'ємна при 20°C і 0,101325 МПа, (м ³ /доб)	46·10 ⁶
Продуктивність об'ємна (робоча), м ³ /хв	545
Кінцевий тиск, МПа	7,45
Потужність на муфті, МВт	22,5
Максимальна потужність, МВт	30
Номінальні оберти, (об/хв.)	3700

1.3 Технологічна схема КС – 37

Компресорні станції призначені для перекачки газу по магістральному газопроводу, підвищення тиску газу і вони є елементом в комплексі споруд які входять в магістральний газопровід. Параметри роботи КС дозволяють регулювати режими роботи газопроводу при коливаннях споживання газу і при цьому максимально використовується акумулююча здатність газопроводу.

Технологічна схема КС-37 Бар виконана в класичній схемі з використанням повно напірних нагнітачів при їх паралельній роботі (СУмз-91С.151.02 Х7).

Границями КС є охоронні крани А і Б. Газ із магістрального газопроводу поступає на КС через кран 7, який має типову обв'язку як лінійний кран, тобто байпасні крани 7а і 7б які служать для заповнення контуру станції газом, а також свічного крану 17, який служить для стравлювання газу із контуру газу при аварійних ситуаціях або планових роботах, при цьому кран 7 закривається. Крани 7,17 це крани з пневмо-гідро приводом який має дистанційне і ручне управління і може управлятись із операторної КС. Крани 7а і 7б, з ручним управлінням, Після крану 7 по вхідному шлейфу газ поступає на блок очистки технологічного газу, діаметр вхідного шлейфу 1420 мм. Блок очистки складається із шести паралельно підключених мультициклонних пиловловлювачів які призначені для очистки технологічного газу від механічних домішок, вологи, конденсату тощо. Кількість включених в роботу пиловловлювачів залежить від кількості працюючих агрегатів. Механічні домішки, волога і конденсат збираються в дренажну ємність, а із дренажної ємності поступають в систему збору конденсату.

Після блоку очистки газу, газ поступає в кільцевий колектор всмоктування до якого підключаються вхідні шлейфи відцентрових нагнітачів. На всмоктування нагнітачів газ поступає через кран 1, крани 44р1 і 4р2 служать для заповнення контуру нагнітача. З виходу нагнітача, який безпосередньо виконує компримування газу, газ через зворотній клапан і кран 2 поступає в вихідний колектор на блок охолодження газу

Блок охолодження газу складається із 16 секцій апаратів повітряного охолодження газу (АПО). Блок АПО газу призначений для підтримування температури газу на виході КС не вище 40°C. Ця температура визначена нормами компримування на КС. Вище температуру підтримувати нераціонально в зв'язку із необхідності підтримування оптимальної роботи стискування, недопущення підігріву ізоляції, виконання умов теплового розрахунку. Після апаратів охолодження газу газ через кран 8 поступає в магістральний газопровід. Призначення кранів 8, 8а, 8б аналогічно обв'язці крану 7.

Крани 6, 6р, 6р1 і обвідна лінія діаметром 700 мм призначена для виводу станції на “кільце”, тобто з виходу АПО газу на вхід системи очистки, таким чином знижується ступінь стискування КС, це необхідно для регулювання помпажних режимів КС, при аварійних ситуаціях, високому рівні конденсату в системі очистки. Для захисту нагнітача від помпажу, а також при пусках і зупинках агрегату використовується лінія рециркуляції (розвантаження) агрегату, через кран 6, тобто вивід агрегату на “кільце”.

2 ОПИС ГПА ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

2.1 Будова і робота агрегату

Газоперекачувальний агрегат ГПА – 25Н80.02 складається з: блоку двигуна, встановленого на фундаменті, проставки повітрозбірника, з'єднаного з вхідним пристроєм КС, газовихлопа, повітроводу охолодження з глушником, блока вентиляторів для підводу охолоджуючого повітря, масло блока двигуна і нагнітача.

Обладнання агрегату забезпечує подачу повітря до компресора двигуна. Компресори двигуна, стискаючи повітря, подають його в камеру згорання, де він, змішуючись з паливним газом, утворює паливно – повітряну суміш. Паливно - повітряна суміш, згораючи, приводить в рух турбіни компресорів і турбіни нагнітача.

У нагнітачі відцентрового типу транспортуєчим газом стискається тиск необхідної величини.

Відпрацьований газ виводиться в атмосферу через газовихлоп.

Охоложене повітря під теплоізолюючий кожух двигуна і газовідводу подається блоком вентиляторів.

Маслоблок двигуна розміщений поряд з двигуном в машинному залі. В склад маслоблока входить ряд агрегатів і пристроїв сигналізації масляної і паливної систем.

Газоперекачувальний агрегат призначений для підключення до системи дистанційного управління і централізованого контролю компресорної станції.

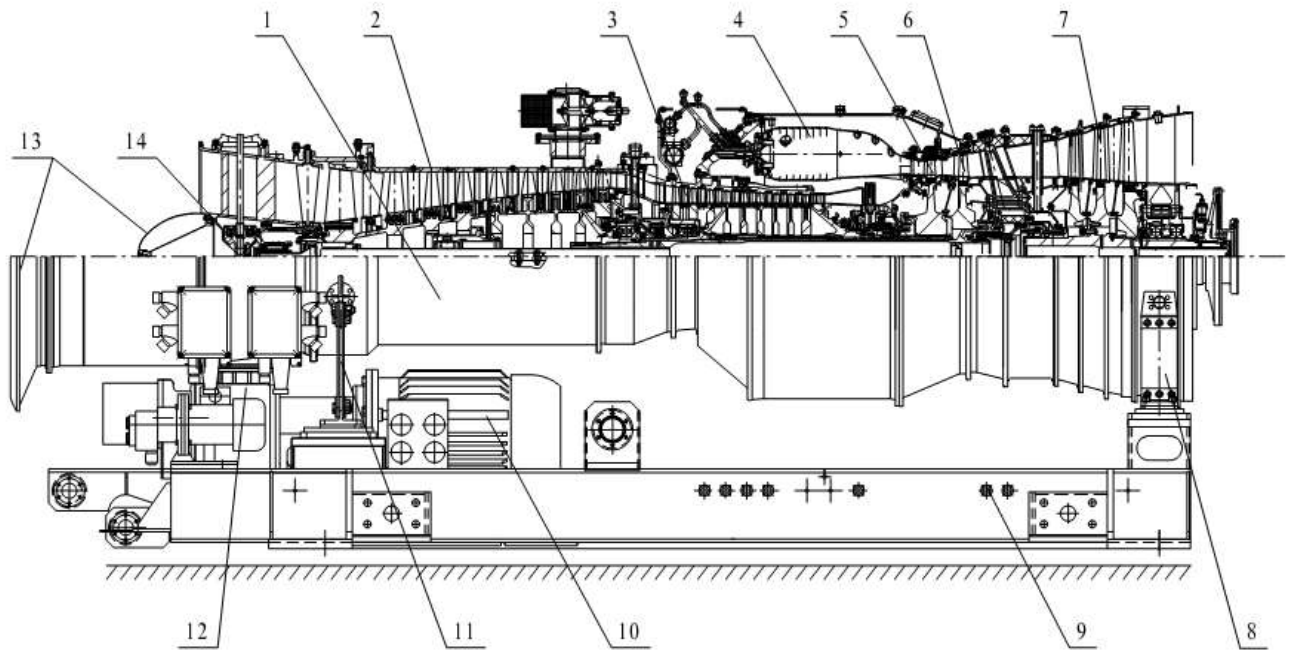
2.1.1 Склад і робота двигуна

Двигун складається з двох осьових компресорів, які приводяться в рух двома турбінами, відповідно, низького і високого тиску, і трубчато-кільцевої камери згорання петлевого типу з веєрним розташуванням жарових труб турбіни силової.

Двигун встановлений на рамі і закритий теплоізолюючим кожухом.

Компресори і приводячі їх в обертання турбіни утворюють два кінематично незв'язані контури: контур низького тиску і контур високого тиску, які мають різні частоти обертання на кожному режимі роботи ГТД. Приводи агрегатів, а також привід стартерів для запуску ГТД здійснюється за допомогою коробок приводів кінематично зв'язаних з ротором компресора низького тиску.

ГТД має пристрої, які забезпечують прокрутку компресорів непрацюючого двигуна. Схема двигуна зображена на (рисунку 2.1).



1-газогенератор; 2-компресор низького тиску; 3-компресор високого тиску; 4-камера згорання; 5-турбіна високого тиску; 6-турбіна низького тиску; 7-турбіна силова; 8-опора задня; 9-рама; 10-тлектростартер; 11-опора передня; 12-коробка приводів нижня; 13-пристрій вхідний; 14-привід

Рисунок 2.1 - Двигун ДН-80Л. Конструктивна схема

2.1.2 Принцип роботи двигуна

Розкрутка ГТД при запуску приводиться електростартерами змінного струму. Через вхідні пристрої повітря поступає послідовно в компресори низького і високого тиску, де відбувається його стиснення.

З КВТ повітря поступає в камеру згорання, в якій спалюється природний газ.

Регулювання подачі палива при запуску і роботі ГТД здійснюється за допомогою виконавчих пристроїв системи автоматичного регулювання, захисту і контролю.

Частина повітря використовується для спалювання палива, частина охолоджує стінки жарових труб, і змішуючись з продуктами згорання, утворює газ, енергія якого використовується в турбінах.

Запалювання палива при запуску ГТД здійснюється плазмовими запальниками. В подальшому горіння в камері згорання забезпечується безперервною подачею палива з повітрям.

Газ поступає в послідовно розташовані турбіни високого і низького тиску, які розвивають необхідну для привода компресорів, відповідно високого й низького тиску, потужність. Вихідний із турбіни низького тиску газ потрапляє в турбіну силову.

З силової турбіни відпрацьований газ потрапляє через газовідвід в атмосферу. Потужність від силової турбіни передається нагнітачу за допомогою ресори, приєднаної до муфти ГТД.

2.2 Устаткування і робота складових частин агрегата

2.2.1 Блок двигуна

Блок двигуна складається з двигуна на рамі з кожухом, рами блока, газовідводу з кожухом.

Рама блока є зварювальною конструкцією з стандартних балок і листів і виконує функцію проміжної рами, між існуючими фундаментом і рамою двигуна.

На рамі блока встановлені рейки для монтажу і демонтажу двигуна, на рамі за допомогою регулюючих в вертикальному і горизонтальному напрямленні коліс. Для стропування блока двигуна на бокових балках рами блока приварені рами.

Рама кріпиться до фундаменту шістьма опорними площадками. На рамі блока передбачені місця для кріплення трубопроводів обв'язки і електричних кабелів.

Двигун на рамі кріпиться до рами блока через сферичні прокладки. Рама і кожух двигуна, а також рама блока і кожух газовідводу утворюють місце для проходження охолоджуючого повітря.

Кожух двигуна зв'язаний з кожухом газовідводу телескопічно, для підведення охолодженого повітря в передній частині рами на дні встановлений фланець, на якому встановлено розсікач, рівномірно розділяючи повітря під кожухом.

2.2.2 Маслблок двигуна

Маслблок двигуна призначений для забезпечення змащування двигуна. Маслблок двигуна складається з цистерни циркуляційної, маслоагрегата з електроприводом, клапанів, датчиків, підігрівача масла.

Цистерна циркуляційна двигуна призначена для зберігання робочого масла, призначеного для змащування двигуна.

Ємність маслобака двигуна 15м³

На верхній кришці цистерни циркуляційної встановлений маслоагрегат нагнітаючий з електродвигуном, три клапани автоматичних.

На маслблоці встановлено скло замірне для визначення масла в баці, сигналізатор рівня. На цистерні циркуляційній встановлений блокагрегатів системи регулювання

двигуна з сигналізатором тиску системи змащування. Для забезпечення необхідної жорсткості цистерни циркуляційної на зовнішній поверхні приварені ребра жорсткості.

Для очистки внутрішньої поверхні цистерни передбачено люк з кришкою. В нижній частині цистерни встановлено трубчатий електрообігрівач масла.

Для перекачки масла на маслоблоці встановлено електронасос перекачки.

Маслоблок має заземлення.

2.2.3 Блок вентиляторів

Блок вентиляторів служить для накопичення охолоджуючого повітря під кожухом двигуна.

На рамі блока приварений короб, на якому з одної сторони встановлені два повітреприймальних патрубків, розташованих під кутом, з протилежної сторони встановлений вихлопний патрубок. До повітреприймальних патрубків під'єднуються осьові вентилятори, закріплені на рамі. На обох кінцях вентилятора закріплені фланці з патрубками для під'єднання до патрубків короба і повітреприймального трубопроводу.

З'єднання патрубків виконується при допомозі парусинової діафрагми з наступним кріпленням її дротом.

В середині короба за вхідними патрубками встановлені лопатки, які можуть вільно повертатися в капронових втулках. Втулки встановлені в знімальних кришках і отворах короба, втулки насаджені на осі лопаток.

При непрацюючому вентиляторі лопатки перекривають патрубок. При включенні вентилятора під дією потоку повітря розвертаються по потоку, відкривається патрубок. В залежності від температури охолоджуючого повітря можуть працювати два вентилятори або один.

2.2.4 Глушник

Глушник складається з глушника і перехідника. Глушник представляє собою двохстяжний короб, зовні для герметичності обшитий листами, всередині обшитий перфорованими листами. Між листами знаходиться звукоізоляційний матеріал. Всередині короба на кронштейнах кріпляться панелі, які являють собою зварювальну конструкцію, яка складається з швелерів, обшиту перфорованими листами з двох сторін. Всередині неї звукоізоляційні мати.

2.2.5 Приставка

Приставка призначена для підводу повітря з трубопроводу всмоктуючого до ГТД ДН80 і знижує рівень шуму. До неї входять наступні функціональні блоки: перехідники, опора, діафрагма, сітка, хомут.

Перехідник представляє собою циліндр з внутрішньою звукоізоляцією товщиною 40 мм і перфолистом з ступінню перфорації 25%. Між собою перехідники по фланцях з'єднані гвинтовими з'єднаннями. Перехідник з'єднується з трубопроводом всмоктуючим при допомозі діафрагми, яка фіксується двома хомутами. Перехідник з'єднаний з зовнішнім обтікачем ГТД при допомозі діафрагми, яка кріпиться з допомогою стискаючих планок.

Перехідник своїми опорними лапами кріпиться гвинтовим з'єднанням до верхнього фланця опори. Опора представляє собою зварювальну конструкцію, нижні фланці якої кріпляться на стаціонарні тумби, розташовані в машинному відділенні компресорної станції. Перехідник 2 відрізняється від перехідника 1 наявністю в нижній частині люка, який призначений для огляду внутрішньої поверхні проставки і видаленні сторонніх предметів при непрацюючому ГТД.

Перехідник складається з двох частин, з'єднаних гвинтовим з'єднанням по вертикальному отворі. В кожній половині передбачений ілюмінатор для перегляду стану захисної сітки при працюючому ГТД.

Сітка розміщена всередині перехідника і закріплюється до його внутрішнього фланцю гвинтовими з'єднаннями.

2.2.6 Перехідник

Перехідник призначений для відводу відпрацьованих газів з сопла газовідводу і охолодженого повітря з-під кожуха газовідводу в вихлопний трубопровід.

Перехідник складається з перехідника з ізоляцією, заглушки з ізоляцією. Кожух, перехідник і заглушка – звареною конструкцією. Заглушка оребрена і покрита теплоізоляцією. Заглушка покрита теплоізоляцією. Кожух перехідника з однієї сторони кріпиться до трубопроводу вихлопного гвинтами, а з другої має плаваюче кільце і з'єднується через нього з кожухом

В конструкції перехідника передбачено теплові розширення. Осьові теплові розширення станційного вихлопного трубопроводу на перехідник не допускаються. На плоскій стінці заглушки знаходиться фланець, з необхідними деталями для підводу труби втравлювання повітря з статичного масловідділювача. Гвинти, болти і гайки фіксуються дротом.

2.3 Система змащування

Система змащування – циркуляційна, під тиском з примусовою відкачкою відпрацьованого масла. Система змащування забезпечує змазку і охолодження підшипникових вузлів, зубчатих зчеплень і інших деталей двигуна на всіх режимах роботи двигуна.

В систему змащування двигуна входять: цистерна циркуляційна, маслоагрегат, маслоагрегат з електродвигуном відкачуючим, маслоагрегат з електроприводом накопичуючим, масловідділювач статичний, фільтр, фільтри захисні, датчики реле різниці тисків, сигналізатори тиску, датчики тиску, сигналізатори стружки, термоперетворювачі опору, регулятор перепаду тиску, бак масловідділювача, сигналізатори рівня, маслоохолоджувач, стоп-кран, шайба дросельна, клапани автоматичні, маслоагрегат з електроприводом, маслоохолоджувач, терморегулятор, трубопроводи.

Робота системи змащування двигуна. При натисканні кнопки ПУСК вступають в роботу маслоагрегати з електроприводом відкачуючим і накопичуючим. Масло з цистерни циркуляційної відбирається маслоагрегатом, з електроприводом нагнітаючим і через фільтр тонкої очистки масла подається на змащування і охолодження підшипникових вузлів, зубчатих зчеплень, і інших деталей двигуна.

З початком розкрутки стартерів вступає в роботу маслоагрегат. Працюючи разом з маслоагрегатом накопичуюча секція маслагрегата відбирає масло з цистерни циркуляційної і подає його в систему змащування, збільшуючи тиск в системі. При досягненні граничної частоти обертання КНТ маслоагрегати з електроприводом відкачуючим і нагнітаючим відключаються. При подальшому збільшенні частоти обертання на всіх режимах роботи двигуна, змащування і охолодження масляних частин двигуна здійснюється навісним маслоагрегатом.

Відпрацьоване масло з переднього корпусу через нижню коробку двигунів зливається в ємність маслагрегата з КВТ, ТНТ, масло в масловідділювальний бак. З перехідника ОВ ТС на робочих режимах масло відбирається маслоагрегатом, при пусках, зупинках маслагрегата. З піддона маслагрегата і маслагрегатного бака відповідними секціями маслагрегата, електроприводом відкачуючого чи секціями навішеного маслагрегата, масло через маслоохолоджувач відкачується в цистерну циркуляційну.

Маслоповітряна суміш з переднього корпусу КНТ, бака масловіддільного, через регулятор перепаду тиску, стоп – кран поступає в масловідділювач статичний, де відбувається кінцеве відділення масла з маслоповітряної суміші. Масло із масловідділювача статичного зливається в нижню коробку приводів, а повітря поступає в газовідвід для подальшої утилізації.

При зниженні частоти обертання двигуна до певного значення САК, вмикаються маслоагрегат з електроприводом відкачуючий і маслоагрегат з електроприводом нагнітаючий.

При зниженні тиску масла на вході в двигун, нижче певного значення сигналізатор видає сигнал на переключення двигуна, на режим холостого ходу і включення маслагрегатів з електроприводом відкачуючого і нагнітаючого. При подальшому зниженні тиску датчик видає сигнал на зупинку двигуна.

При підвищенні перепаду тиску масла на фільтр вище певної величини по датчику тиску САК формується сигнал про забруднення фільтра. Тиск масла на лінії відкачки вимірюється датчиком. При збільшенні тиску масла сигналізатор тиску видає сигнал про підключення двигуна на режим холостого ходу. При зниженні тиску масла до певного значення на виході з маслоагрегата з електроприводом відкачуючого сигналізатор тиску видає сигнал на зупинку двигуна.

З метою ранньої діагностики стану підшипникових вузлів двигуна на зливних трубопроводах із масляних частин двигуна встановленні сигналізатори стружки магнітні, сигналізуючи про наявність стружки в маслі.

Температура масла на вході в двигун і на виході з масляних ємкостей вимірюється термоперетворювачами опору.

Клапан запірний використовується для зливу масла з маслоохолоджувача, заповнення цистерни циркуляційної.

Цистерна циркуляційна обладнана сигналізаторами мінімального і максимального рівнів, клапанами запірними для зливу масла і відбору проб, та електронасосом перекачування.

Дросельна шайба використовується для заповнення маслом всмоктуючого трубопроводу навішеного маслоагрегата, перед запуском двигуна з лінії накопичення маслоагрегата з електроприводом накопичуючим.

Стоп–кран використовується для забезпечення роботи контактних ущільнювачів на низьких режимах роботи двигуна.

2.4 Система паливна

Система паливна призначена для дозування паливного газу в камеру згорання ГТД і виконує наступні функції :

- подачу паливного газу до пускових блоків для розпалу камери згорання;
- дозування палива при запуску з виходом на холостий хід ГТД;
- дистанційна зміна режиму роботи ГТД в діапазоні від холостого ходу до номінального режиму;
- автоматична підтримка частоти обертання турбіни нагнітача при будь-якому навантаженні;
- нормальне і аварійне закінчення подачі паливного газу за сигналами з системи управління чи по команді оператора;
- дренаж паливного газу в свічу з колектора форсунок при нормальній і аварійній зупинці ГТД;

- захист ГТД від перевищення частоти обертання турбіни нагнітача і перевищення температури газів за ТНТ вище допустимих;
- захист ГТД від пожежі при запуску;
- захист по мінімальному тиску газу;

Паливна система складається з стоп-крана включаючого в себе клапани електромагнітні: відкриття стоп-крана, нормальної зупинки, аварійної зупинки, пускового газу і сигналізатор розміщення стоп-крана.

Робота системи. Пройшовши очистку і підігрів в системі об'єкта, паливний газ через контрольний фільтр підводиться до стоп-крану. За алгоритмом старту, вмикається агрегат загоряння, після чого подається живлення на електромагніт пускового газу. Газ через дросельний пакет, розміщений всередині блока пускового газу, поступає до пускових блоків і загоряється.

Подається живлення на електромагніти. Відкривається стоп-кран. Після відкриття стоп-крану живлення з електромагніта знімається. Під цією напругою електромагніт залишається протягом всієї роботи ГТД.

Після відкриття стоп-крана відбувається викид тиску паливного газу в камеру згорання, де він загоряється від пускових блоків. Після цього агрегат загоряння і електромагнітний клапан відключаються.

Подальше дозування газу на запуску, вихід на холостий хід і режимну роботу ГТД виконує електронна система САУ.

Якщо перший викид перевищує 0.02 МПа чи не відбулося запалення газу в камері згорання на протязі 5...8 с від моменту відкриття стоп-крану, поступає сигнал від датчика-реле різниці тиску, в якому формується сигнал, в САУ – на аварійну зупинку.

Якщо при запуску температура газів за ТНТ перевищує задану, електронна система видає сигнал на регулюючий клапан, який знижує подачу газу до форсунок.

Після прогріву двигуна на холостому ходу, відбувається його вивід на режим. Вихід на режим виконується за програмою електронної САУ, шляхом дії регулятора САУ на клапан регулюючий. Подальше збільшення режиму відбувається з пульта керування, за рахунок зміни величини відкривається клапан регулюючий шляхом взаємодії на виконуючий механізм з електронної САУ.

Паливна система передбачає нормальну і аварійну зупинки ГТД шляхом нормального чи аварійного закриття стоп-крану.

При нормальному закритті стоп-крану знімається живлення з електромагніту. При аварійному закритті – подається живлення на електромагніт 1 і знімається живлення з електромагніта 2. Після закриття стоп-крану живлення з електромагніта 1 знімається по сигналу сигналізатора положення.

2.5 Агрегати паливної системи

Стоп-кран призначений для подачі паливного газу до робочих форсунок, а також для прикорочення подачі газу при нормальній і аварійній зупинці і втравлюванні газу в свічу після його відсічки.

Стоп-кран уявляє собою здвоєний плоский клапан, одна сторона якого виконує функції стоп-крану(СК), друга – дренажного клапану. Для керування стоп-крана використовують тиск паливного газу.

В корпусі СК розміщений сервопоршень зі штоком, клапан, сідла стопа і дренажа, блок управління розміщення сигналізатора. До складу СК входить блок пускового газу. Дякуючи рівності поверхні площі поршня і клапана, клапан статистичний в закритому положенні урівноважений, і притиснутий до сідла стопи під дією пружини. Газ підведений до входу СК, через жиклер надходить до нормально відкритого електромагнітного клапану і в ємність під поршень, втравлюється в свічу через нормально відкритий сервоклапан. Для відкриття СК подається живлення. Газ надходить на поверхню сервоклапану, який переборюючи силу пружини перекриває втравлювання газу з площі, при чому тиск росте, поршень, переборюючи силу пружини, відкриває СК і закриває ДжК. Зі штоком сервопоршня з'єднаний сигналізатор положення СК з кулачками. Кулачки керують роботою двох мікрвимикачів. Один з них подає сигнал в САУ при відкритому положенні СК, другий при закритому.

В кінці відкриття СК спрацьовує мікрвимикач і знімає живлення з електромагніта відкриття СК. Після цього клапан залишається закритим, дякуючи підводу газу в площу сервоклапана з площі через жиклер. Електромагнітний клапан залишається під напругою 12В.

Передбачено два режими закриття СК: нормальний та аварійний.

При нормальному закритті знімається живлення з електромагніта нормального зупину. Газ з площі А відправляється в свічу через сідло електромагнітного клапана. Відбувається плавне зниження тиску в площі А, в результаті чого клапан закривається на протязі 0,5 ... 1с.

При подачі живлення на електромагніт аварійного зупину, втравлюється газ з площі сервоклапана, під дією пружини клапан відкривається. Відбувається різкий скид тиску в площі А, стоп-кран закривається за час до 0.1с.

Живлення на електромагніт подається тільки після спрацювання захисту по оборотах силової турбіни і перевищення температури газів за ТВТ. При цьому одночасно знімається живлення і з електромагніта нормального зупину.

На внутрішньому кінці сигналізатора є стрілка, яка вказує на крайні положення СК.

У всіх випадках одночасно з закриттям СК відкривається ДжК, газ із агрегатів і форсунок втравлюється в свічу.

Живлення з електромагніта аварійного зупину знімається після закриття СК.

Перед відкриттям СК в процесі запуску подається живлення на електромагнітний клапан запилювачів, клапан відкривається, газ через дросель поступає до пускових блоків для запалення. Фільтр служить для очистки газу, який потрапляє до пускових блоків.

2.6 Система електрообладнання

Призначення і склад системи електрообладнання.

Система електрообладнання агрегата призначена для забезпечення роботи стартерів, електромаслонасосів, виконуючих механізмів, контрольно–вимірюючих пристроїв і засобів автоматичного управління.

Система електрообладнання разом з засобами автоматичного управління виконують:

- автоматичне управління агрегатами при запуску, на робочому режимі, при нормальній та аварійній зупинках;
- автоматичний контроль і формування обслуговуючому персоналу інформацію про стан агрегату;
- автоматичний захист при аварійних ситуаціях.

Система електрообладнання агрегату складається з силового електрообладнання, системи автоматичного управління.

Силові електрообладнання складаються з :

- електростартерів з регуляторами частоти, струму і напруги;
- пускових електромаслонасосів;
- кабелів;

Електрообладнання системи управління складається з :

- САУ;
- датчики значення параметрів ;
- виконуючих механізмів блока паливних агрегатів;
- автоматичних приладів контролю і захисту;
- плазмової системи загоряння палива;
- коробок єднальних;
- розйомів;
- кабелів.

Конструкції і принцип роботи основних елементів системи електрообладнання.

Пусковий пристрій агрегату складається з трьох електростартерів МСТ1 (ЕРО1), МСТ2 (ЕРО2), МСТ3 (ЕРО3) і трьох регуляторів частоти струму і напруги.

Електростартери для ГПА – 25МН80. 02 використовують запуск трьома електростартерами змінного струму типу ДСТ 7 – 2/4 з розкруткою ротора КНТ.

Електростартери отримують живлення через регулятор частоти, напруги і струму ATV – 66С10N4Е. Регулятор плавно змінює частоту, струм і напруга живлення електростартера за заданою програмою, забезпечуючи плавну розкрутку ротора КНТ.

Блок реле БР сигналізаторів стружки магнітних служить для комутації ланцюгів контролю справності сигналізаторів.

Блок БР являє собою стандартно з'єднаний металевий ящик, в якому на кронштейнах встановлені запобіжники, реле і діоди.

Кабелі зв'язків вводяться в блок через сальники і підключаються клемами до плат.

Магнітні сигналізатори стружки надходять в потоці масла, омиваючого їх магнітні електроди. Якщо в потоці масла з'являється стружка, вона притягується до електродів відповідного сигналізатора, накопичуються між ними і замикають коло. В результаті цього в системі автоматичного управління АСУ загоряється табло, яке подає сигнал про накопичення металевої стружки на місці установки даного сигналізатора.

Для контролю справності кіл сигналізаторів стружки в АСУ натискається кнопка «контроль кола», яка включає реле К1, К2 в блоці БР.

Контроль реле К1, К2 замикають коло електродів сигналізаторів, імітуючи присутність стружки між ними. При справності кіл сигналізаторів в АСУ загоряється відповідне табло. Якщо табло не засвітилося це свідчить або про несправність кола конкретного сигналізатора, або про його відсутність.

Проміжні виконуючі механізми.

При запуску двигуна, холодної прокрутки, робота агрегату, нормальної і аварійної зупинки управління виконуючих механізмом ДРК, електромагнітними клапанами КБ2, КБ3, КОСК, КНО, КПГ, КА, КНП, КСП, КТН, блоком БП живлення плазмових запальників, обмежувачем турбіни ОРТ здійснюється згідно алгоритму за сигналами з системи управління. Управління електромагнітними клапанами КА додатково виконується безпосередньо від ОРТ і при перевищенні оборотів турбіни вище аварійної установки.

Для прикладу розглянемо роботу КОСК, ОРТ – робота інших механізмів аналогічна вищезазначеним.

Механізм стоп-крана являється електропневматичним і керується електромагнітними клапанами: відкриття КОСК, нормального зупину КНО і аварійного закриття КА. Для відкриття стоп-крана подається живлення на КОСК і КНО. Клапан КОСК відкривається, клапан КНО закривається. Електромагніт КНО постійно повинен знаходитись під живленням.

При повному відкритті СК сигнал від кінцевого вимикача поступає в систему управління, виробляється команда на зняття живлення з електромагніта КОСК і на включення в коло КНО резистора R, чим забезпечує роботу КНО на пониженій напрузі.

Передбачено два режими закриття стоп-крана: нормальний і аварійний. При нормальній зупинці знімається живлення з КНО. Вмикання КА відбувається з САУ і додатково від обмежувача розкручування турбіни нагнітача ОРТ.

Живлення з КА знімається при відключенні від мережі ОРТ засобами знеживлення САУ.

Робота ОРТ. Живлення на ОРТ подається з системи управління.

Сигнал максимального значення частоти обертання турбіни нагнітача поступає на ОРТ від індуктивного датчика частоти обертання.

При максимальній частоті обертання ТНТ ОРТ видає сигнал в систему управління на формування команд на аварійну зупинку двигуна: обезживлення КНО і вмикання КА. Крім того, агрегат КА вмикається додатковими контактами ОРТ.

На назначеній контрольній частоті обертання ротора ТН, ОРТ подає сигнал на пульт управління.

Якщо частота обертання турбіни нагнітача рівна чи більша контрольній, а сигнал на пульт управління не подається, то автоматична система управління повинна видати попереджувальний сигнал про несправність ОРТ.

З'єднувальна коробка призначена для комутації електричних кіл і представляє собою металеву конструкцію, корпус якої виконаний в вигляді циліндра. До корпусу з єднальної коробки з однієї сторони гвинтами кріпиться вилка з'єднувальна.

Друга сторона корпусу виконана в вигляді групового сальника для вводу кабелів. Ущільнення кабелів виконується спеціальною резиною шайбою, яка розміщена між двома металевими шайбами і вижимається кришкою за допомогою гвинтів. Такого типу з'єднувальні коробки кріпляться за допомогою фланців.

Система плазмового загорання палива призначена для загорання паливно – повітряної суміші в камерах згорання. Має самостійний технічний опис і інструкції з експлуатації 015100000 РЭ.

2.7 Постановка задачі

Виходячи з вище сказаного, потрібно розробити систему автоматизованого керування газоперекачувальним агрегатом, виконану на сучасній елементній базі. Дана система повинна забезпечувати виконання всіх технологічних вимог. Метою впровадження програмно-апаратного комплексу є заміна енергомістких, морально-застарілих і фізично зношених, що

виробили свій ресурс, блоків системи автоматизованого керування газоперекачувальним агрегатом. Нова система автоматизованого керування агрегатом повинна підвищити надійність роботи устаткування, у тому числі за рахунок застосування нових високо надійних енергозберігаючих апаратно-програмних засобів.

3 ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ПОБУДОВИ САУ ГПА

3.1 Система автоматичного управління “Зоря 1”. Основні характеристики

3.1.1 Опис

Дана система автоматичного управління “Зоря 1” 802098050 призначена для автоматичного управління і регулювання газоперекачувальним агрегатом ГПА - 25 МН.80 і технологічним обладнанням, що входить в його склад.

САУ включає в себе:

- Комплекс засобів контролю, управління і регулювання на базі програмно-технічних засобів “Series-4” фірми “Compressors Controls Corporation”.
- Датчики (аналогові і дискретні), а також виконуючі механізми газоперекачувального агрегату.

САУ забезпечує функціонування ГПА-25МН 80 без постійної присутності обслуговуючого персоналу.

САУ може працювати в двох режимах:

- дистанційного управління по командах і сигналах системи цехового чи станційного рівнів;
- автономному функціонуванні ГПА.

Об’єктом автоматизації системи автоматичного управління і регулювання є газоперекачувальний агрегат ГПА-25МН-80.

До складу автоматизованого газоперекачувального агрегату входять:

- газотурбінний двигун ДН-80Л;
- відцентровий нагнітач 650-21-2;
- система очистки циклічного повітря;
- системи маслопостачання двигуна та нагнітача;
- кранова обмотка ГПА;
- система подачі паливного газу.

3.1.2 Основні технічні характеристики

Основні функції САУ:

Функції, виконання яких забезпечує САУ, ГПА ділиться на три групи:

- функції управління;
- функції регулювання;
- інформаційні функції.

Функції управління:

- перевірка каналів захисту ГПА;
- перевірка пускової готовності;
- автоматичний пуск ГПА із завантаженням і без завантаження агрегату в трасу;
- автоматична аварійна зупинка з втравлюванням газу;
- автоматична аварійна зупинка;
- автоматичне управління виконуючими механізмами і кранами газової обмотки агрегату;
- автоматичний захист по технологічних параметрах;
- дистанційне ручне керування (по команді оператора) виконуючими механізмами на працюючому чи непрацюючому агрегаті;
- екстренна зупинка ГПА при відмові САУ;
- відмова виконання команд оператора при роботі агрегату в автоматичному режимі управління, якщо вони не передбачені алгоритмами управління і регулювання.

Функції регулювання:

- регулювання частоти обертів силової турбіни;
- відпрацювання завдання по частоті обертання, видимого оператором, чи по командах підсистеми управління верхнього рівня;
- автоматичне граничне регулювання (обмеження):
- температури продуктів згорання (верхня границя);
- частоти обертання нерегулюючих валів (верхня границя);
- тиск повітря за компресором високого тиску газотурбінного двигуна;
- протипожежне регулювання нагнітача природного газу на всіх режимах роботи агрегату шляхом управління клапана рециркуляції газу;
- безударний перехід від регулювання частоти обертання турбіни нагнітача до граничного регулювання ;
- збереження працездатності системи при відмові датчиків („стратегія виживання”).

Інформаційні функції:

- обмін інформації (за потребою) з системою управління верхнього рівня через порти послідовного зв'язку;
- оперативне, з допомогою персонального комп'ютера представлення режимних параметрів агрегату в цифровій і графічній формі;
- безперервне відображення найважливіших параметрів, характеризуючих роботу ГПА;
- розрахунок ряду непрямих параметрів;
- сигналізація основних режимів роботи;
- автоматичне представлення інформації про попереджувальні і аварійні ситуації;

- автоматичне запам'ятовування першопричини спрацювання аварійної сигналізації;
- автоматичне формування цілодобової відомості;
- документування по команді оператора, параметри цілодобової відомості, попереджувальних і аварійних ситуаціях, зміни стану об'єкту управління;
- автоматичний контроль виконання всіх команд управління і регулювання, формуючих САУ;
- автоматичний контроль справності ланцюгів датчиків, соленоїдів кранів, магнітних пускачів, виконуючих механізмів,
- автоматичний контроль працездатності основних модулів і блоків САУ;
- підрахунок і зберігання значень роботи ГПА, в тому числі кількість автоматичних аварійних пусків і нормальних зупинок.

3.1.3 Будова і робота

Структура схеми САУ побудована з використанням ПТЗ „Series-4”

Основними складовими частинами САУ являються:

- операційний блок з програмно-апаратними модулями логічного управління ГПА (GTLC), регулювання ГПА (GTCC), апаратними модулями розширення вводу-виводу (EIOM), а також комунікаційний модуль зв'язку (MPM).

Операційний блок призначений для збору даних, їх обробці, спостереження за роботою агрегату, виконання функцій обміну інформації, виконання алгоритму управління і регулювання агрегатом.

Пристрій зв'язку, призначений для співставлення програмно-апаратних модулів з датчиками, виконуючими механізмами і каналами управління об'єкту.

Пульт управління і контролю, призначений для управління ГПА і включаючий в себе каркас-пульт управління на якому розміщені станція контролю і управління (MOIS), панель оператора UniOP і блок клавіш управління.

Блок екстренної аварійної зупинки призначений для реалізації екстренної аварійної зупинки ГПА при повній відмові САУ, пов'язаним з втратою функції управління, включаючи автоматичний захист, а також по команді оператора від клавіші ЭАО, розміщеної на пульті управління.

В склад САУ також входять датчики і виконуючі механізми об'єкта управління: Аналогові датчики технологічних параметрів САУ:

- термометр-опору заміру температури масла системи маслопостачання двигуна і нагнітача, заміру температури повітря на вході в ГТД, а також заміру температури технологічного газу і ін.;

- термоелектричні перетворювачі заміру температури повітря за КНД, ТНД, а також під кожухом ГТД;
- датчики частоти обертів ГТД з вихідним сигналом частоти напруги змінного струму;
- датчики заміру тиску, перепаду тиску системи маслопостачання двигуна і нагнітача, повітря по тракту ГТД, технологічного і паливного газу;
- датчики вібрації двигуна і нагнітача.

Дискретні датчики:

- датчики-реле (сигналізатори) тиску;
- конічні вимикачі кранів навісного електрообладнання;
- сигналізатори положення та рівня і ін.;

Виконуючі механізми:

- соленоїди кранів технологічного і паливного газу;
- пускачі електроагрегатів ГПА;
- регулятори частоти струму і напруги;
- регулюючий паливний клапан „АМОТ”;
- антипомпажний клапан „МОКVELD” та ін.

3.1.4 Принцип дії

Інформація про стан ГПА від датчиків в вигляді аналогових і дискретних сигналів поступає на вхід пристрою зв'язку з об'єктом ГТА, де й проходить, з допомогою вторинних перетворень нормалізація сигналів, їх гальванічне розділення і підсилення.

З ГТА нормовані сигнали поступають в операційний блок до програмно -апаратних модулів GTLC, GTCC, EIOM, в якому проходить їх обробка, регулювання ГПА, а також обмін інформацією по ущільненому каналу зв'язку з станцією контролю і управління MOIS, універсальною панеллю оператора UniOP, де й відбувається контроль за роботою ГПА, а також з системою управління більш високого рівня.

Команди управління здійснюються оператором через активні динамічні елементи екранів монітору станції управління MOIS, по ущільненому каналу зв'язку передається в операційний блок до модулів GTLC і GTCC чи формують вказаними модулями в ході виконання алгоритму і далі через пристрої ГТА здійснюють управляючу дію на виконуючі механізми ГПА.

Передача інформації по ущільненому каналу зв'язку можлива на відстані до 500 м.

При відмові станції управління MOIS контроль роботи газоперекачувального агрегату, а також його управління здійснюється універсальною панеллю оператора UniOP і блоком клавіш управління.

Зв'язок між програмно-апаратними засобами САУ, датчиками і виконуючими механізмами ГПА, а також принципи їх взаємозв'язку відображені в схемі.

3.1.5 Конструкція

Конструктивне виконання програмно-апаратних засобів САУ забезпечуються наступними основними вузлами:

- шафа управління і регулювання;
- пульт управління;

Шафа управління і регулювання, двостороннього обслуговування і складається з двох з'єднаних секцій, в яких розміщені апаратні засоби САУ.

В верхній частині кожної секції встановлені спарені блоки живлення, автоматичні вимикачі розподілення живлення, світильники освітлення шаф.

В секції 1 під спареним блоком живлення розміщений операційний блок САУ. В середній частині цієї ж секції розміщений блок екстренної аварійної зупинки.

В середній і нижній частинах кожної секції на вертикальних рельсах розміщені плати пристрою зв'язку з об'єктом ФТА, аналогові перетворювачі AGM сигналів термоперетворювачів опорів градування 50 М, бар'єри іскробезпеки аналогових і дискретних датчиків, діодні модулі і блоки реле.

Підключення вхідних від об'єкта управління кабелів до САУ здійснюється через клемники, які розміщені на бокових сторонах секції.

Ввід кабелів до шафи управління і регулювання здійснюється знизу секції через герметичні резинові конусоподібні вводи .

Захист апаратних засобів, розміщених в шафі, від попадання пилу і вологи здійснюється встановленими в дверях шафи резиновими ущільнювачами.

Шафа управління і регулювання встановлюється в блоці автоматики газоперекачувального агрегату в безпосередній близькості від газотурбінного двигуна.

Пульт управління складається з трьох секцій, кожна з яких призначена для управління одним газоперекачувальним агрегатом.

На пульті управління розміщена станція управління і контролю МОІС, включаючи в себе комп'ютер, відеомонітор, клавіатуру, а також індустріюну „мишу ” (джойстик).

На передній панелі пульта управління змонтовані універсальна панель оператора UniOP, блок клавіш управління агрегатом, ключ завдання частоти обертання ротора нагнітача.

З боку столу стоїть принтер, що служить для документування необхідних параметрів і подій працюючих ГПА.

У внутрішній частині пульта управління встановленні:

- блок ДВАМ-2-8, призначений для гальванічного розділення і підсилення сигналів зв'язку між операційним блоком САУ і станцією управління і контролю МОІС, універсальною панеллю UniOP. З'єднання апаратних засобів пульта управління, а також їх підключення до інших пристроїв САУ.

Пульт управління встановлюється в операторній кімнаті (головному щиті управління) компресорної станції.

3.2 Опис і робота складових частин виробу

Кожний функціональний пристрій, що входить до складу САУ, має закінчену конструкцію і орієнтоване для виконання конкретних задач управління. Між собою функціональні пристрої пов'язані каналами обміну інформацією, ланцюгами електроживлення, і разом орієнтовані на виконання функцій управління і регулювання газоперекачувальним агрегатом.



Рисунок 3.1 – Система ССС „Зоря – 1” в загальному вигляді

САУ складається з таких основних функціональних пристроїв:

Пристрої розміщені в шафі управління і регулювання:

- операційний блок;
- пристрій зв'язку з об'єктом;
- блок екстреної і аварійної зупинки;
- система забезпечення електроживлення САУ;

- пристрої, розміщені в пульті управління;
 - станція контролю і управління MOIS;
 - універсальна панель управління UniOP;
 - блок DBAM-2-8 для гальванічного розділення і підсилення сигналів зв'язку:
- операційний блок MOIS; операційний блок UniOP;
- джерело ел. живлення VICOP для ел. живлення UniOP і DBAM-2-8.
- Пристрої розміщені на ГПА і в блоках електротехнічного обладнання об'єкту:
- аналогові і дискретні датчики;
 - виконавчі механізми.

3.2.1 Операційний блок

Операційний блок виконує функції центра збору і обробки інформації про стан об'єкта управління і технічних засобів САУ. операційний блок здійснює прийом вхідної інформації і проводить її обробку у відповідності з даною програмою і алгоритмом управління і регулювання ГПА, виробляє формування масивів вихідної інформації, здійснює їх пересилку по послідовних каналах зв'язку в пристрої зв'язку з об'єктом.

Основними компонентами операційного блоку являється програмно-апаратні функціональні модулі (AFM).



Рисунок 3.2 – Операційний блок

Модулі AFM являються комбінацією складових з апаратного і програмного забезпечення, розробленого для виконання конкретних функцій.

Модулі АФМ виконують відповідні алгоритми управління і регулювання, обробляють вхідні і вихідні сигнали, а також обмінюються інформацією між собою, сторінкою управління і контролю МОІС, а також системою верхнього рівня.

Кожний АФМ являється „розумним” пристроєм з одним або декількома мікропроцесорами.

Програмно-апаратні прикладні функціональні модулі містять в собі два види програмного забезпечення:

Операційна система FTOS призначена для:

- обробки вхідних і вихідних сигналів об'єкту управління;
- самодіагностики програмно-апаратного функціонального модуля, включаючи виявлення програмних і апаратних відмов;
- обмін інформації по послідовному каналу зв'язку з сторінкою контролю і управління МОІС;
- обміну інформації з системою верхнього рівня побудованої на базі комплексу „Series-4”;
- забезпечення роботи відлагоджуваними засобами;
- внутрішнього обміну процесорних модулів ІОМ з розширювачами вводу-виводу ЕІОМ;
- обміну між управляючими модулями.

Система FTOS управляє апаратним забезпеченням модулів АФМ і забезпечує інтерфейс між апаратним забезпеченням і прикладним програмним забезпеченням.

Прикладні програмні забезпечення АСП призначаються для виконання слідуючих функцій управління і регулювання:

- управління витрати палива;
- антипомпажного регулювання;
- розподілення навантаження між агрегатами;
- логічне управління і захист ГПА;
- регулювання і обмеження основних параметрів ГПА.

АСП являється програмним модулем, завантаженим в апаратне забезпечення АФМ і реалізоване заданими йому функціями.

Кожний АСП виконує одну основну функцію, незалежно від інших, але пов'язаний з іншими функціями управління.

Кожний із модулів АФМ орієнтований на виконання конкретних задач і може містити до трьох прикладних функцій управління. АФМ базується на трьох типах апаратних модулів.

ІОМ являється основним компонентом програмно-технічних засобів, в якому встановлюються і виконуються програмні забезпечення.

Модулі ІОМ виконують відповідні алгоритми управління і регулювання, приймають і видають вхідні і вихідні сигнали і обмінюються інформацією з сторінкою управління MOIS і системами управління більш високого рівня.

Модулі ІОМ можуть підтримувати декілька різних компонентів програмного забезпечення, які повинні бути логічно зв'язаними один з одним.

В залежності від встановленого програмного забезпечення, модуль виконує функції логічного управління GTLC чи регулювання GTCC.

Зв'язок з вхідними і вихідними сигналами здійснюється через „дочірні плати”, які також виконують функції аналого-цифрового і цифро-аналогового перетворення.

Дві дочірні плати встановлюються на модулі ІОМ і тим самим визначають кількість і типи сигналів, приймаючих модулем.

EІОМ служить для збільшення загальної кількості сигналів вводу-виводу. Модулі EІОМ підключаються по послідовному каналу зв'язку до модулів ІОМ. Зв'язок з вхідними сигналами здійснюється модулями EІОМ через такі ж „дочірні плати” як і ІОМ.

МРМ служить для міжпроцесорного обміну і забезпечує:

- обмін інформацією між модулями GTCC і GTLC;
- зв'язок САУ з верхнім рівнем управління.

3.2.2 Пристрій зв'язку з об'єктом



Рисунок 3.3 - Пристрій зв'язку з об'єктом

Пристрій зв'язку з об'єктом (FTA) призначений для:

- спряження ПТЗ САУ „Зоря - 1” з датчиками виконуючих механізмів і каналами управління об’єкту;
- установки вторинних перетворювачів для нормалізації, гальванічного розділення і підсилення вхідних і вихідних сигналів.

На ФТА розміщені клемники, до яких під’єднуються кабелі від датчиків і виконуючих механізмів.

Пристрої ФТА являють собою печатну плату-панель, на якій розміщені клемники підводу електроживлення, підключення аналогових і дискретних датчиків, виконуючих механізмів до ФТА.

Зв’язок між ФТА і операційним блоком САУ здійснюється за допомогою плоского кабелю через 25 штирковий роз’ємний з’єднувач, встановлений на панелі ФТА.

3.2.3 Блок екстреної аварійної зупинки

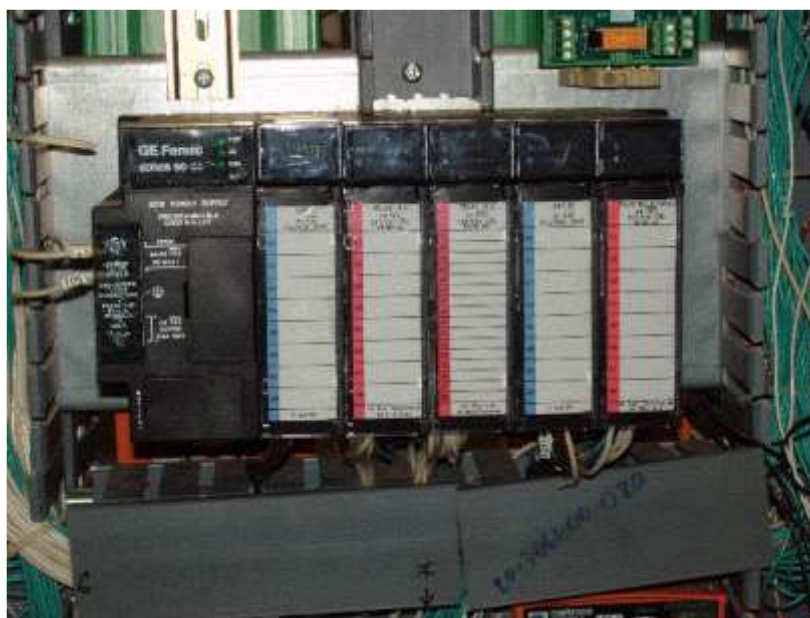


Рисунок 3.4 - Блок екстреної аварійної зупинки

Блок екстреної аварійної зупинки (БЕАЗ) призначений для реалізації екстреної аварійної зупинки ГПА при повній відмові САУ, пов’язаним з втратою функцій управління, включаючи автоматичний захист, а також по команді оператора від клавіші ЕАЗ, розміщеної на пульті управління.

Блок екстреної аварійної зупинки являється програмно-апаратним модулем працюючим під управлінням прикладної програми Logicmaster.

На вхід блоку екстреної аварійної зупинки поступають сигнали, що інформують про аварійну ситуацію в роботі ГПА.

Вихідні сигнали блоку екстреної аварійної зупинки управляють виконавчими механізмами ГПА.

Блок екстреної аварійної зупинки складається з шести модулів:

Модуль „POWER SUPPLY IC693PWB322” являється блоком живлення, а також програмно-логічним контролером. В модулі також встановлена внутрішня батарея для збереження інформації при втраті основного живлення.

В верхній частині лицьової панелі модуля розміщені чотири світлодіоди „PWR”, „OK”, „RUN”, „BATT”.

Призначання світлодіодів таке:

„PWR” – забезпечує індикацію наявності живлення;

„OK” – забезпечує індикацію нормальної роботи програмуючого логічного контролера (PLC) Якщо PLC працює нормально, світлодіод ввімкнений. Якщо PLC знайшов яку-небудь несправність, світлодіод вимкнений.

„RUN” – забезпечує індикацію роботи PLC, коли PLC знаходиться в режимі „Робота” світлодіод „RUN” – ввімкнений.

„BATT” – забезпечує індикацію напруги резервної батареї живлення. Якщо напруга батареї нижче потрібного для забезпечення підтримки пам’яті, світлодіод буде вимкнений.

Модулі дискретного вводу IC693 MDL-634-1, IC693 MDL-634-2 перетворюють дискретні сигнали постійного струму від пристроїв САУ в логічні рівні, необхідні для обробки, виконуючої процесором по заданому алгоритму.

Модулі дискретного виводу IC693MDL930, IC693MDL931, IC693MDL940 перетворюють логічні рівні процесора в сигнали управління виконуваними механізмами.

В модулях вводу-виводу встановлені світлодіоди індикатори, що інформують про стан сигналів, що надходять в блок екстреної аварійної зупинки і тих, що виходять з нього.

3.2.4 Система забезпечення електричного живлення САУ

Електроживлення апаратних засобів САУ здійснюється від двох незалежних мереж:

- мережа змінного струму;
- мережа постійного струму.

В САУ використовуються декілька джерел живлення. Це зумовлено необхідністю розділення ел. живлення програмно-технічних засобів і виконуючих механізмів.

Використовуються типові блоки-каркаси ел. живлення фірми SCHAFER, включаючи в себе імпульсивні джерела живлення C2774-1, C2784-1 і діодні модулі.

Підвід живлення до засобів САУ здійснюється через автомати включення електроживлення.

Блок живлення G1P1 призначений для живлення операційного блоку, вторинних перетворювачів, нормалі заторів встановлених на ФТА, а також для живлення зовнішніх вхідних ланок дискретних датчиків типу „сухий контакт”.

Блок живлення G1P2 призначений для живлення виконуючих механізмів, датчиків ГПА. Живлення засобів САУ, встановлених в пульті управління здійснюється блоком живлення фірми „VICOR”.

3.2.5 Станція контролю і управління MOIS

Станція контролю і управління являє собою апаратно-програмний модуль, призначений для контролю і управління газоперекачувальним агрегатом.

Станція контролю і управління включає в себе наступні апаратні засоби:

- персональний комп'ютер;
- відеомонітор;
- клавіатуру управління;
- джойстик чи мишу.



Рисунок 3.5 - Станція контролю і управління MOIS

Персональний комп'ютер працює під управлінням MS Windows 3.11.

Програмне забезпечення включає в себе пакет прикладних програм WOIS.

Пакет прикладних програм WOIS, працюючий в MS Windows 3.11, призначений для створення і редагування технологічного інтерфейсу оператора.

Пакет прикладних програм WOIS складається з:

- V.4.0. PRISM (монітор інтерфейсу);
- V.4.0. CoIn (конструктор інтерфейсу);
- V.4.0. ForCE (калькулятор формул);
- V.4.0. EASI (імітатор сигналів);
- V.4.0. CoNTE (редактор бази даних).

Крім того WOIS включає в себе програму архіву, драйвери обміну і ряд допоміжних програм.

Оператор здійснює управління і контроль через активні динамічні елементи екрану монітора, які в реальному масштабі часу взаємодіють з програмно-апаратними модулями регулювання GTCC і логічного управління GTLC, а також з другими пристроями САУ.

3.2.6 Універсальна панель оператора UniOP

Універсальна панель оператора призначена для управління і контролю газоперекачувальним агрегатом у випадку відмови станції управління MOIS. Робота ГПА під управлінням UniOP допускається до усунення несправності MOIS, але не більше 120 годин.

Універсальна панель оператора являється програмно-апаратним модулем працюючим під управлінням операційної системи Windows.

Для зв'язку панелі управління з операційним блоком використовується порт програмно-логічного контролера (PLC Port)



Рисунок 3.6 - Універсальна панель оператора UniOP

Порт персонального комп'ютера/принтера використовується для завантаження програмного забезпечення і тим самим конфігурування універсальної панелі UniOP.

Внутрішня батарея UniOP використовується для збереження інформації, що знаходиться в UniOP.

На лицевій панелі UniOP розміщені:

- дисплей на рідких кристалах для відображення параметрів ГПА;
- ряд клавiш управління ГПА (задання режиму, видів параметрів ГПА);
- світлодіоди – індикатори стану UniOP.

3.2.7 Блок гальванічного розділення портів зв'язку DBAM – 2 – 8

Блок гальванічного розділення портів зв'язку DBAM – 2 – 8 призначений для передачі цифрових сигналів від програмно-апаратних засобів операційного блоку до станції MOIS, панелі оператора UniOP і назад.

Передача сигналів в блоці DBAM – 2 – 8 ведеться разом з гальванічним розділенням портів зв'язку пристроїв передачі-прийому сигналів, а також підсилення цих сигналів.

Живлення блоку здійснюється від джерела постійного струму VICOR. Блок має 8 каналів зв'язку, через які здійснюється передача сигналів. Світлодіоди – індикатори, розміщені на блоці, інформують про наявність живлення блоку, роботу каналів передачі інформації.

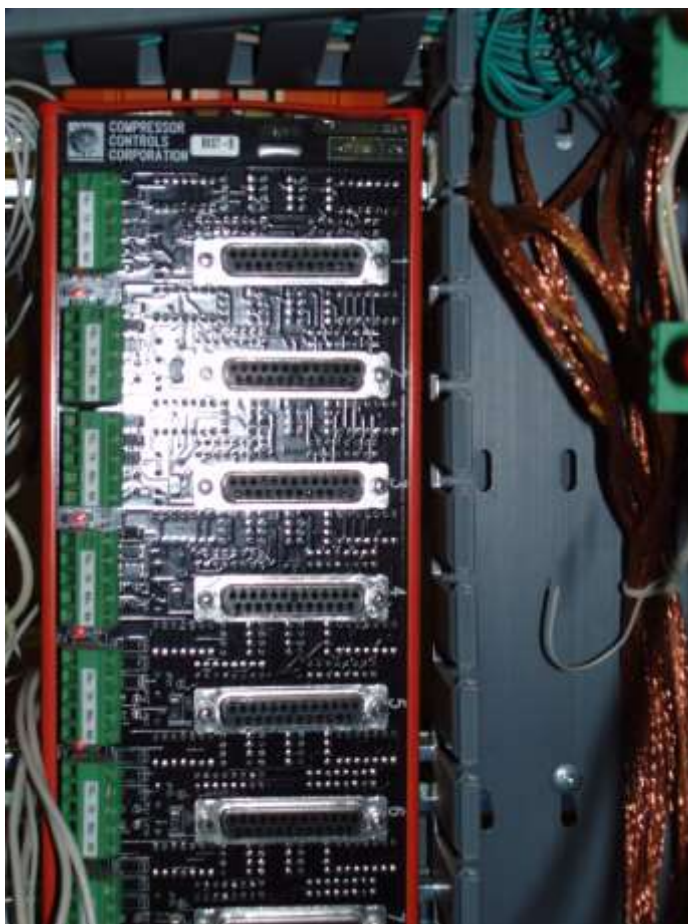


Рисунок 3.7- Блок гальванічного розділення портів зв'язку DBAM – 2 – 8

3.2.8 Блок електроживлення VICOR

В якості джерела живлення засобів САУ розміщених в пульті управління використовуються перетворювачі $\sim 220 / = 24$ V потужністю 100 W моделі V1-L73-EW фірми VICOR. Перетворювач VICOR призначений для живлення універсальної панелі UniOP і блоку гальванічного розділення портів.

3.3 Датчики і виконавчі механізми

Для забезпечення контролю параметрів газоперекачувального агрегату, а також обслуговуючих його системи (маслопостачання, паливного газу, пускового і ін.) використовуються аналогові і дискретні датчики та виконавчі механізми.

Аналогові датчики технологічних параметрів:

- термоперетворювач термометрів опорів;
- термоелектричні перетворювачі;
- індустрийні датчики частоти обертання роторів газотурбінного двигуна;
- датчики тиску, перепаду тиску;
- датчики віброшвидкості, вібропереміщення, осьового зсуву.



А



Б



В

Рисунок 3.8 – Аналогові та дискретні датчики

Дискретні датчики:

- тиску, перепаду тиску;
- сигналізатори положення ІМ, рівня масла та ін.

Виконуючі механізми:

- регулюючий паливний клапан;
- антипомпажний клапан;
- регулятор частоти току і напруги;
- пускачі електроагрегатів ГПА;
- система плазмового загорання;
- електромагніти кранів ГТД (стоп-кран, клапан перепуску);
- електропривідний механізм приводу заслінок кранів системи змазки ГТД.

3.3.1 Вимірювання температури

Для вимірювання температури в даній системі використовуємо термопару. Термопара складається з :

- вимірювального сенсора і
- необхідних монтажних і сполучних деталей.

Сенсор складається з двох провідників, які виготовлені з різних металів або сплавів і які на одному кінці, місці вимірювання, спаяні або зварені один з одним.

Якщо температура місця вимірювання відрізняється від температури на вільному кінці сенсора, то між вільними кінцями виникає напруга, термічна напруга. Величина термічної напруги залежить від різниці між температурою місця вимірювання і температурою на вільних кінцях, а також від виду комбінації матеріалів сенсора. Оскільки одним сенсором завжди реєструється одна різниця температур, то для визначення температури місця вимірювання вільні кінці повинні знаходитися в порівнюючому пристрої з рівномірною і відомою температурою.

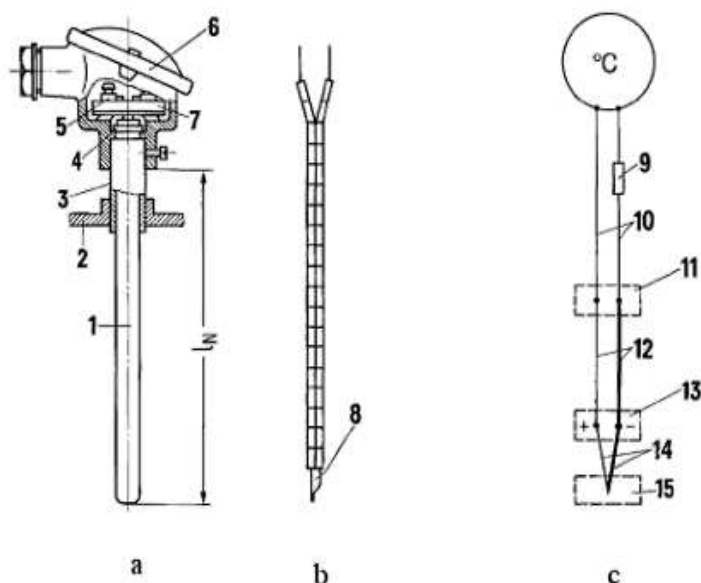


Рисунок 3.9 – Структура термопары

У процесі експлуатації при високих температурах допуски сенсорів можуть змінюватися через поглинання домішків, окислення або випаровування залишкових частин сплавів. Сенсори від їх місця з'єднання через компенсаційні лінії по можливості подовжувати до місця з рівномірною температурою (місце компенсації).

Компенсаційні лінії мають таке саме ідентифікаційне забарвлення як і відповідні сенсори; плюсовий полюс забарвлений в червоний колір. Стежити за дотриманням полів при з'єднанні, в іншому випадку виникають великі похибки вимірювання. До 200 °С для компенсаційних ліній діють ті ж основні величини і допуски, що і для відповідних сенсорів.

Вплив коливань температури на місці компенсації (компенсуючому пристрої) може бути усунене компенсаційним підключенням, наприклад, за допомогою компенсаційної розетки. Еталонна температура складає 0 °С або 20 °С.

На рисунку 3.9 представлена структура термопар: де а) розріз термопар, б) сенсор з ізолюючими трубками, с) комутаційна схема; l_N – номінальна довжина, 1 – керамічна захисна трубка, 2 – упорний фланець, 3 – утримувач, 4 – кільце утримувача, 5 – з'єднувальні клеми, 6 – з'єднувальна головка, 7 – з'єднувальний цоколь, 8 – температурний сенсор, 9 – компенсуючий опір, 10 – підвідна лінія, 11 – компенсуючий пристрій, 10 – компенсуюча лінія, 13 – місце з'єднання, 14 – сенсор з плюсовим і мінусовим термовідводами, 15 – місце вимірювання. Термопары дуже гнучкі, майже завжди їм можна надати форму і розмір, відповідно до використання. Температурний чутливий елемент має форму точки. Тому термопары особливо підходять для вимірювання швидкозмінних температур.

Таблиця 3.1 - Діапазони вимірювання для термопар

Сенсор	Cu-CuNi	Fe-CuNi	NiCr-Ni	PtRh-Pt
Діапазон вимірювання, °С	0 до 300 0 до 400 0 до 600	0 до 250 0 до 400 0 до 600 0 до 800 0 до 900 300 до 600	0 до 600 0 до 1000 0 до 1200 0 до 1300 300 до 600 600 до 900 300 до 1000	0 до 1200 0 до 1400 0 до 1600 600 до 1600

3.3.2 Вимірювання тиску

У загальному випадку вимірювальна установка для вимірювання тиску або різниці тисків має назву манометр. Манометри відрізняються за видом вимірюваного тиску, способом перетворення вимірюваної інформації, принципом дії, класом точності і призначенням.

Для даної системи оберемо вимірювальний перетворювач типу САПФІР-22ДА-Вн.

Даний перетворювач призначений для роботи в системах автоматичного контролю, регулювання і управління технологічними процесами і забезпечують неперервне перетворення значень вимірюючого параметру.

Дані пристрої для вимірювання тиску являються тензорезисторними засобами вимірювання тиску.

Принцип роботи тензорезисторних вимірювачів тиску побудований на зміні активного електричного опору провідників при їхній механічній деформації. Основна характеристика тензоефекту - коефіцієнт відносної тензочутливості, який визначається, як відношення зміни опору провідника до зміни його довжини

$$k = \frac{\varepsilon_R}{\varepsilon_l} \quad (3.1)$$

де $\varepsilon_R = \frac{\Delta R}{R}$ - відносна зміна опору;

$\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l}$ - відносна зміна довжини.

Для твердих тіл відносна зміна опору залежить як від зміни геометричних розмірів, так і від зміни питомого опору

$$k = 1 + 2\mu + m \quad (3.2)$$

де μ - коефіцієнт Пуассона (для металів $\mu = 0,24-0,4$);

$m = \frac{\Delta \rho / \rho}{\Delta l / l}$ - зміна питомого опору матеріалу, що пов'язана з зміною його фізичних властивостей.

Для металів $(1 + 2\mu) \gg m$, для напівпровідникових матеріалів $m \gg (1 + 2\mu)$ і для них можна вважати, що $k = m$.

Тензорезисторні чутливі елементи являють собою металеву або діелектричну вимірювальну мембрану, на якій розміщаються тензорезистори (найчастіше у вигляді врівноваженого вимірювального моста) з контактними площадками для провідного підключення до внутрішньої або зовнішньої електровимірювальної схеми — електронному блоку обробки.

Деформація мембрани під впливом зовнішнього тиску P приводить до локальних деформацій тензорезисторного моста і його розбалансу — зміні опору, що вимірюється електронним блоком.

Перетворювач складається із вимірюючого блоку і електричного пристрою.

Параметр що вимірюється, подається в камеру вимірюючого блоку і лінійно перетворюється в деформацію чутливого елемента і зміну електричного опору тензорезисторів тензоперетворювача, розміщеного в вимірюючому блоці.

Електричний пристрій перетворювача перетворює цю зміну опору в струмовий вихідний сигнал.

Чутливим елементом тензоперетворювача є пластина з монокристалічного сапфіру з кремнієвими плівковими тензорезисторами, що щільно з'єднані з металевою мембраною термоперетворювача.

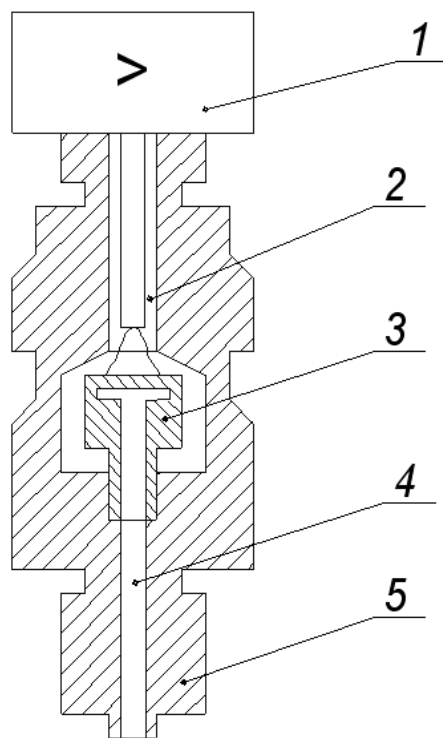


Рисунок 3.10 – Схема перетворювача САПФИР-22ДА-Вн

Мембранний тензоперетворювач 3 розміщений всередині корпусу 5. Тиск що вимірюється, подається в камеру 4 і діє на мембрану тензоперетворювач, викликаючи цим прогин і зміну опору тензорезисторів. Порожнина 2 пов'язана з навколишнім середовищем. Електричний сигнал від тензоперетворювач передається по проводах з вимірюючого блоку в електричний пристрій 1.

2.3.3 Вимірювання витрати

Витрата – це фізична величина, що визначається кількістю рідини або газу, що проходять через трубу або русло за одиницю часу. Розрізняють об’ємний розхід Q , коли кількість речовини вимірюється в об’ємних одиницях, і масовий M , коли він вимірюється в одиницях маси. Витрата пов’язана із середньою по перерізу швидкістю v і площею його перерізу S співвідношеннями

$$Q = vS \quad (3.3)$$

$$M = \rho vS \quad (3.4)$$

де ρ – густина середовища.

Найбільш поширеним методом вимірювання витрати в трубах є метод вимірювання за перепадом тиску в звужуючому пристрої.

В трубу 1 вставляють пристрій 2, звужуючий потік, наприклад діафрагма – диск з отвором. В місці звуження швидкість потоку зростає і його кінетична енергія збільшується. Це викликає зменшення потенційної енергії, яка визначається статичним тиском. Тиск у звуженому потоці менший, ніж тиск в потоці до звуження. Різниця тисків зростає з збільшенням швидкості середовища і служить мірою витрати. Звужуючий пристрій являє собою перетворювач швидкості потоку(витрати) в різницю тисків. Різницю тисків при цьому вимірюють диференціальним манометром 3, градуйованим в одиницях витрати.

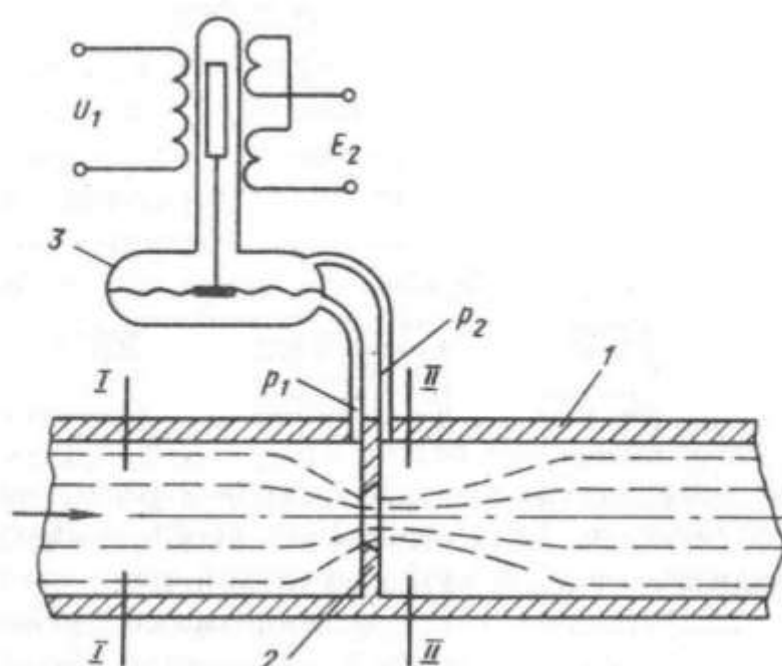


Рисунок 3.11 – Схема витратоміра

До нормалізованих звужуючих пристроїв відносяться діафрагми, виконані у відповідності до діючих нормативних документів і такі, що дозволяють використання в якості первинних перетворювачів витрати потоків без індивідуального градування. Нормалізована діафрагма – це витратомірна діафрагма з круглим отвором, який розміщений концентрично до осі з прямокутною кромкою на стороні входу і конічною частиною на стороні виходу (рисунок 3.12).

Звичайно концентричні діафрагми представляють собою тонкий плоский диск з круглим гострим отвором, закріплюваний між фланцевими з'єднаннями трубопроводу перпендикулярно осі з концентрично розміщеним отвором. Іноді використовується потовщений диск з камерами кругом отвору на периферійній стороні. Його закріплюють так, щоб тонка частина диску, повернена до входу, залишалась плоскою з кутом 90^0 біля кромки отвору. Диференційний манометр або окремі статичні манометри під'єднуються до бокових отворів в стінці трубопроводу з обох сторін діафрагми.

В деяких випадках діафрагма має заокруглену вхідну кромку, утворюючи дуже коротке сопло.

Вимірювання витрати речовини по перепаду тиску на звужуючому пристрої відноситься до виду непрямих вимірювань.

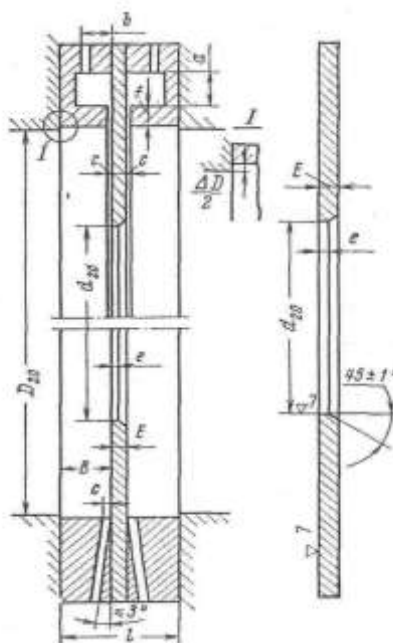


Рисунок 3.12 – Структура діафрагми

Середня квадратична відносна похибка показів по шкалі диференційного перетворювача тиску обраховується по формулі

$$\sigma_{\sqrt{\Delta P}} = \frac{\delta_Q \cdot Q_{ВП}}{2Q}, \quad (3.5)$$

де δ_Q - основна допустима похибка показів по шкалі диференційного перетворювача тиску, %.

Для вимірювання витрати і перепаду тиску в даній системі антипомпажного захисту нагнігача використовується диференційний перетворювач тиску, який призначений для неперервної видачі інформації про вимірювальний перепад тиску у вигляді уніфікованого вихідного параметру, який виражається взаємною індуктивністю. Диференційні перетворювачі тиску використовуються для вимірювань неагресивного середовища по відношенню до сталі. Границі вимірювань складають (1,6...630)кПа. Граничний робочий тиск – 16 МПа. Основна похибка вимірювань – $(\pm 1,5)\%$. Умови експлуатації: температура повітря навколишнього середовища – $(-30...+50)^\circ\text{C}$, відносна вологість повітря – 95%.

Для перетворення електричного сигналу мікроконтролера в пневматичний сигнал для керування регулюючим органом використовується малогабаритний електропневмоперетворювач типу ЕПП-63. Цей перетворювач призначений для пропорційного перетворення неперервного (електричного) сигналу постійного струму (0...5) мА в уніфікований пневматичний сигнал (0,2...1) кгс/см² (0,02 МПа...0,1 МПа). Клас точності перетворювача ЕПП-63 складає 0,6. Вхідний опір – не більше 2 кОм. Зміна вихідного сигналу перетворювача, яка викликана перепадом температури повітря навколишнього середовища від $(20\pm 5)^\circ\text{C}$ до будь-якої температури від 5°C до 20°C на кожні 10°C не перевищує значення, яке визначається за формулою

$$\delta = \pm(x_{\text{нс}} + 0,025 \cdot \Delta t), \quad (3.6)$$

де $x_{\text{нс}}$ – значення допустимого відхилення вихідного сигналу, %; $x_{\text{нс}}=0,3\%$;

Δt – абсолютне значення різниці температур, $^\circ\text{C}$;

0,025 – температурний коефіцієнт, $\% \cdot ^\circ\text{C}$.

Зміна вихідного сигналу перетворювача, яка викликана перепадом тиску живлення на 10% від номінального значення 1,4 кгс/см² (0,14 МПа), не перевищує половини абсолютного значення границі допустимої основної похибки.

4.1 Принцип дії логічного контролера MC68332

4.1.1 Загальні відомості

Логічний контролер (ЛК), який часто називають приладом послідовного управління, являється засобом програмування, який можна використовувати для реалізації різних функцій управління турбомашинним обладнанням. В ЛК завантажується програма релейної логіки, складена для виконання функцій управління, які потрібні на конкретному об'єкті, де використовується контролер. Типовими функціями, дорученими ЛК, являються відпрацювання послідовностей операцій пуску і зупинки, моніторинг системи, сигналізація порушень і несправностей, тестування захистів і координація функцій управління, що виконуються іншими регуляторами системи управління.

В типовому варіанті ЛК використовується в якості складової частини пакета програмного забезпечення логічного контролера газової турбіни, в якому (ЛК) об'єднаний з відмовостійкою операційною системою типу 2 (FTOS2).

Так як ЛК являється програмованим пристроєм, то функції управління задаються для кожного конкретного об'єкта його користувачем. При необхідності є можливість вводити, видаляти і модифікувати функції безпосередньо на об'єкті.

На рисунку 4.1 зображена блок-схема логічного управління, яка дозволяє в загальних рисах описати функціонування ЛК. Центральним елементом контролера являється супервізор релейної логіки (LLE), який виконує програму релейної логіки, розроблену користувачем для конкретного об'єкта. База даних LLE, яка входить в склад супервізора має в собі вхідні і вихідні дані, які використовуються програмою релейної логіки. Доступ до LLE здійснюється через програму- редактор релейної логіки, яка виконується на персональному комп'ютері. Супервізор обмінюється також інформацією з базою даних логічного контролера, базою даних відказуючої операційної системи FTOS2 з декількома спеціальними підпрограмами закладеними в ЛК.

4.1.2 Редактор програми релейної логіки

Програма релейної логіки розробляється, редагується при допомозі спеціальної програми. Редактор використовується також для задання початкових умов програми її запуску і зупинки для візуального відображення, моніторингу і редагування вставок, значень параметрів програми, для конфігурування схеми адресації вводів-виводів.

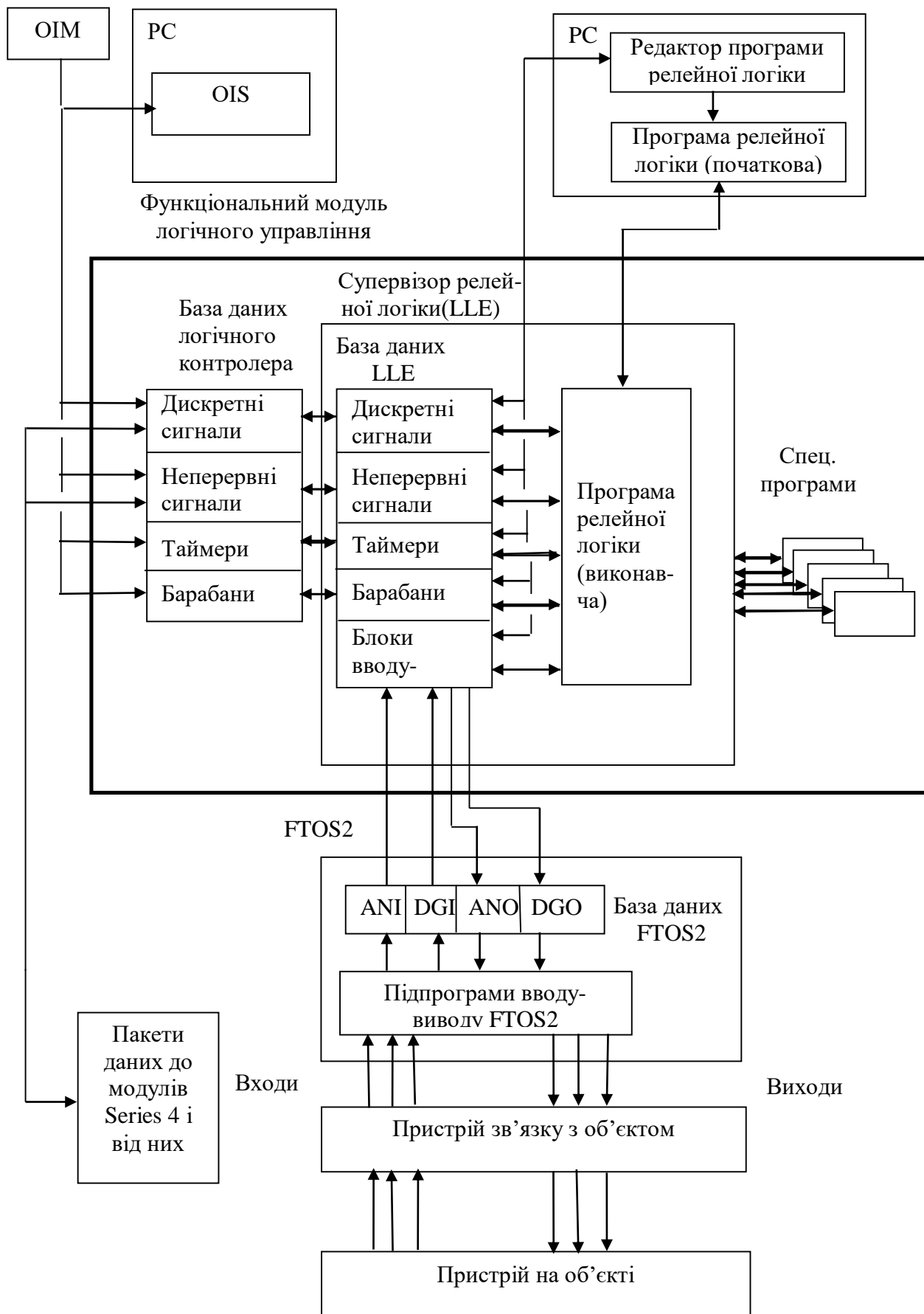


Рисунок 4.1 – Блок-схема логічного управління

Для редагування програми релейної логіки ЛК, персональний комп'ютер виконуючий програму редактор релейної логіки, повинен бути під'єднаний до модуля вводу-виводу (ІОМ).

Для підключення порта послідовного зв'язку комп'ютера (цей порт працює по стандартному протоколу RS232) до послідовного порта вказаного IOM (який працює по протоколу RS422) вимагається перетворювач «RS232-RS422»

Програма релейної логіки, закладена в ЛК, складається з команд мови релейної логіки, які вводяться користувачем для опису логіки управління даним об'єктом.

Файл, який містить вихідний текст програми релейної логіки, знаходиться в комп'ютері, а відповідна виконавча програма знаходиться в ЛК.

4.1.3 База даних супервізора релейної логіки

База даних супервізора релейної логіки (LLE) має CR і SP – реєстри, таймери, області, які виконують роль шагових барабанів, вхідні-вихідні дані, які використовуються виконавчою програмою ЛК. Програма отримує необхідні їй вхідні дані з бази даних LLE і записує свої вихідні дані в цю базу.

Значення CR і SP реєстрів, таймерів і шагових барабанів, які знаходяться в базі даних супервізора можуть записуватися і зчитуватися (з метою контролю) при допомозі програми редактора, яка виконується на комп'ютері. Редактор дає також можливість контролювати дані вхідних-вихідних треків, блоків, які знаходяться в базі даних супервізора.

4.1.4 База даних логічного контролера

База даних логічного контролера подібна по своєму розміру і складу базі даних супервізора, крім того що в ній немає вхідних-вихідних треків, блоків. Вона також має CR і SP – реєстри, таймери і шагові барабани, які використовуються виконавчою програмою релейної логіки. Ця база даних призначена для забезпечення взаємодії інтерфейсу між супервізорами такими складовими системи Series 4, як модуль операторського інтерфейсу (IOM), станція

операторського інтерфейсу (OIS), а також для взаємодії з інформаційними пакетами інших регуляторів в Series 4, які є в системі управління.

На початку кожного циклу виконання програми релейної логіки склад бази даних ЛК копіюється в базу даних супервізора, оновлене в результаті виконання програми, копіюється назад в базу даних ЛК.

Склад CR і SP реєстрів, таймерів і шагових барабанів бази даних ЛК, може записуватися і зчитуватися (для контролю) модулем операторського інтерфейсу (OIM) або станцією операторського інтерфейсу (OIS).

4.1.5 База даних FTOS2

Логічний контролер взаємодіє з засобами, встановленими на об'єкті, через операційну систему FTOS2. Входи, які поступають від пристроїв зв'язку з об'єктом (FTA), обробляються підпрограмами FTOS2. останні завантажують значення аналогових і дискретних входів в базу даних FTOS2, виходячи при цьому з конфігурації входів- виходів в системі. При виконанні програми вхідні значення з бази даних FTOS2 переносяться в треки, блоки бази даних супервізора. Звідти ці значення можуть братися програмою релейної логіки, яка для цього користується погодженням про нумерацію. Після кожного циклу виконання програми оновлені аналогові і дискретні виходи з треків, блоків бази даних супервізора завантажуються назад в базу даних FTOS2 (при цьому знову використовуються згадані вище погодження про нумерацію) і передаються на пристрої зв'язку з об'єктом (FTA). Значення бази даних FTOS2 входів-виходів, які поступають від об'єкта, можна контролювати засобами (OIM) або (OIS).

4.1.6 Пристрій зв'язку з об'єктом (FTA)

В даній системі пристрій зв'язку з об'єктом (FTA) призначений для:

- Спряження ПТЗ «Series 4» з датчиками і каналами управління об'єкта;
- Установки вторинних перетворювачів для нормалізації, гальванічного розділення і підсилення вхідних і вихідних сигналів. На FTA розміщені клемники, до яких під'єднуються кабелі від датчиків і виконавчих механізмів.

Використовуються наступні типи FTA:

- SFTA для підключення частотних вхідних (до 6) і вхідних/вихідних дискретних сигналів(6/6) до GTCC;
- FTA- 43 для підключення, нормалізації і гальванічного розділення через вторинні перетворювачі 16 аналогових вхідних сигналів від первинних перетворювачів температур і датчиків з вихідним сигналом 4-20 мА або 0-5 В, а також для підключення і гальванічного розділення двох аналогових вихідних сигналів (4-20 мА).
- FTA- 52 для прийому 19 сигналів від двох позиційних датчиків об'єкта, і установки перетворювачів для гальванічного розділення і нормалізації дискретних сигналів;
- FTA- служить для гальванічного розділення і підсилення 18 вихідних сигналів управління виконуючими механізмами технологічного об'єкта з одночасним контролем справності кола управління.

4.1.7 Технічні засоби вводу/виводу аналогових сигналів

Вторинні аналогові перетворювачі призначені для прийому сигналів:

- від датчика температури: термперетворювачі опору (ТО) і термоелектричного перетворювача (ТП);

- від перетворювачів температури, вібрації, пожежі, загазованості, тиску і перепаду тиску з вихідними сигналами(0-5В, 1-5В і 4-20мА).

В якості вторинних аналогових перетворювачів використовуються перетворювачі серії 7В фірми «Analog Devices» характеризуються:

- наявністю гальванічного розділення кола, вихідних кіл і кіл живлення;
- надійним кріпленням перетворювача до приладу зв'язку з об'єктом (FTA), за допомогою одного гвинта і можливістю заміни перетворювача без відключення об'єктових датчиків;
- діагностикою несправності перетворювача;
- відповідним стандартам CSA Class1, Division 2, Groups A, B, C, and D, і європейському «Ce Mark» на EMC directive 89/336/EEC.

Вибір типу перетворювача серії 7В відбувається за конкретними даними первинного перетворювача (датчика) з урахуванням номінальної статистичної характеристики (НСХ) первинного перетворювача і шкали вимірювання. Типи вторинних аналогових перетворювачів серії 7В, використовуючи в ПТЗ «Series 4», приведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 Перетворювачі «Analog Devices» в складі системи «Series 4»

Типи перетворювачів	НСХ	Діапазон вимірювання	Потужність	Погрішність
7В30-02-1	уніф.сигн .	0...100мВ	24В, 25мА	+/-0.1%
7В31-04-1	уніф.сигн .	0...5В	24В, 25мА	+/-0.1%
7В32-01-1	уніф.сигн .	4...20мА	24В, 20мА	+/-0.1%
7В34-01-1	ТСП100П	100...100°C	24В, 25мА	+/-0.15%
7В34-02-1	ТСП100П	0...100°C	24В, 25мА	+/-0.15%
7В34-03-1	ТСП100П	0...200 °C	24В, 25мА	+/-0.15%
7В35-01-1	уніф.сигн .	4...20мА	24В, 60мА	+/-0.1%
7В37-К-03-1	ТХК ХА(К)	0...1300 °C	24В, 25мА	+/-0.3%
7В47-К-04-1	ТХК ХА(К)	0...600 °C	24В, 25мА	+/-0.2%

- перетворювачі 7B34 настроєні програмно для прийому сигналів від первинних перетворювачів с НСХ ТСМ100М;

- перетворювачі 7B35 мають вмонтований потік живлення для первинних перетворювачів з вихідними сигналами 4-20мА;

Для управління виконуючими механізмами використовується перетворювачі 7B39-01 з вихідним сигналом 4-20мА.

Конструктивно вторинні аналогові перетворювачі виконані в вигляді паралелепіпеда розміром 42.3x53.6x14.3 мм, мають роз'ємне з'єднання і спеціальний фіксуючий гвинт для установки на ФТА.

Підключення вхідних ліній зв'язку виконуються через гвинтові клемні з'єднання панелей підключення.

При використанні первинних термоелектричних перетворювачів компенсація температури «холодних кінців» термопари виконується підключенням до вхідної колодки термопари чутливим терморезистором.

При підключенні до перетворювача типу 7B31 вхідних струмових сигналів 4-20 мА необхідно до вхідних клем ФТА додатково підключити високоточний резистор опору 250 Ом.

При необхідності організації іскробезпечних вхідних кіл вторинних перетворювачів, між лініями зв'язку і входом перетворювача встановлюється «бар'єр іскробезпеки» фірми «Stahl».

4.1.8 Технічні засоби вводу-виводу дискретних сигналів

Вторинні дискретні перетворювачі призначені для прийому, нормалізації кола гальванічного розділення сигналів від датчиків і для гальванічного розділення, підсилення і формування сигналів управління виконавчими механізмами.

В якості дискретних перетворювачів використовуються перетворювачі серії 70G, які мають надійне кріплення перетворювача з пристроями зв'язку з об'єктом (ФТА).

Вибір типу перетворювача серії 70G здійснюється по конкретних даних об'єкта управління.

Типи перетворювачів серії 70G, які використовуються в комплексі «Series 4», приведені в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Типи перетворювачів серії 70G

Тип перетворювача	Призначення	Діапазон комутуючого сигналу
СМ-1-000	перемичка	
СМ-2-102	Дискретний ввід	20-60VDC, 32-60VAC
СМ-2-101	Дискретний ввід	10-32VDC, 15-32VAC
СМ-2-100	Дискретний ввід	180-280VDC, 180-280VAC
СМ-2-200	Дискретний вивід	30 VDC, 50 А, 250 VAC, 30 А
СМ-2-202-1	Дискретний вивід	4-260 VDC, 07 А

4.2 Опис системи управління ГПА ССС «Series 4»

4.2.1 Структурна схема ПТЗ «Series 4» для САК і Р

Структурна схема комплексу управління ГПА, побудована з використанням ПТЗ «Series 4» зображена на рисунку. 4.2

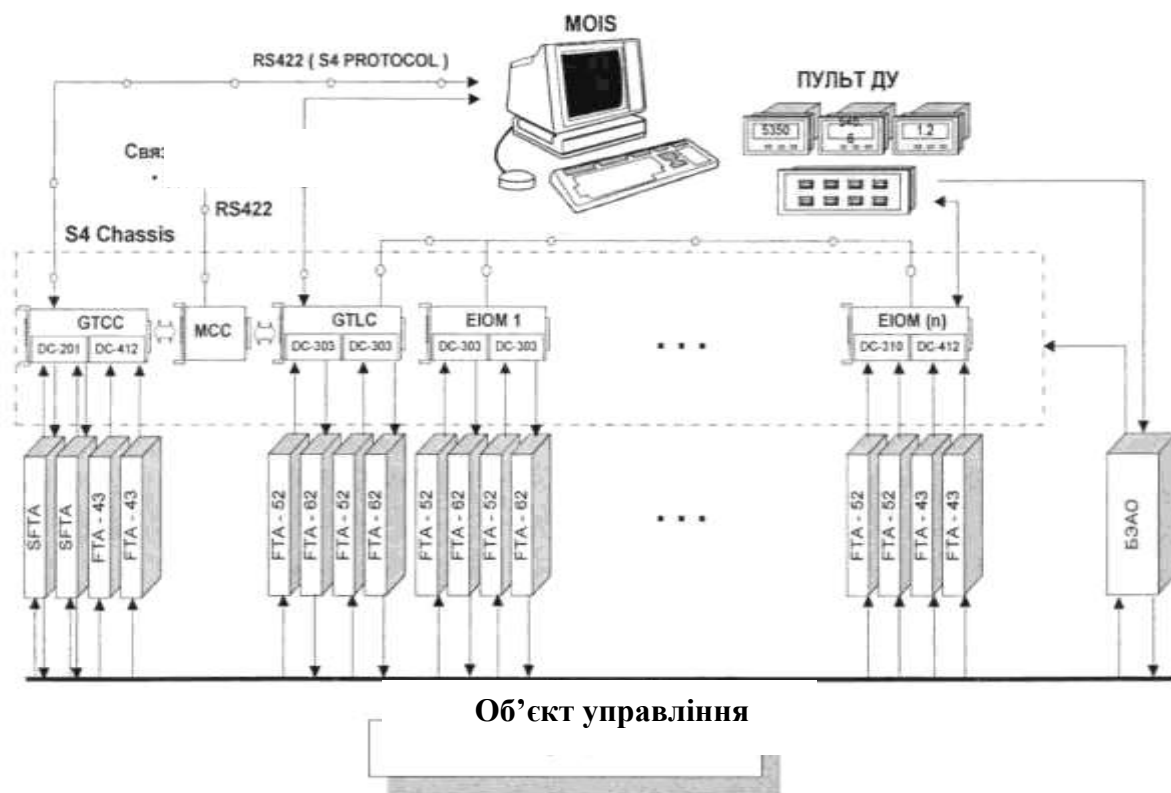


Рисунок 4.2 - Структурна схема комплексу управління ГПА

4.2.2 Програмно-апаратний модуль Series 4

AFM – програмно – апаратний модуль, призначений для виконання різних функцій, зв'язаних з управлінням агрегатом.

AFM складається з двох видів програмного забезпечення:

- Операційна система управління прикладними програмами і апаратними засобами (FTOS Fault Tolerant Operating System), призначена для:

- Обробки вхідних і вихідних сигналів об'єкта управління;

- Самодіагностики AFM, включаючи знаходження програмних і апаратних відмов;

- Обмін інформацією по послідовному каналу зв'язку з пультом оператора ГПА – OIS;

- Організація обміну по послідовному каналу зв'язку з локальними системами автоматизації;

- Обмін інформації з системою верхнього рівня, побудованої на базі комплексу «Series 4» (Inter-AFM Communication);

- Внутрішнього обміну управляючих модулів (IOM) з розширювачами вводу-виводу (EIOM), які входять в склад комплексу (I/O Bus);

- Обмін між керуючими модулями (MPM to IOM Module Link).

- Прикладне програмне забезпечення для виконання наступних функцій управління, а саме:

1. Регулювання і/або обмеження основних параметрів ГПА;
2. Управління витратами палива;
3. Антипомпажного регулювання;
4. Розподілення навантаження між агрегатами;
5. Автоматичного безударного вводу (виводу) ГПА в Магістраль (із Магістралі);
6. Логічного управління і захисту ГПА та інших логічних функцій.

Кожний з модулів AFM орієнтований на виконання конкретних завдань і може утримувати до трьох прикладних функцій управління. AFM базується на трьох типах апаратних модулів:

- IOM

- EIOM

- MPM

4.2.3 Input/Output Module (IOM)

IOM являється основним компонентом ПТЗ «Series 4», в якому встановлюється і виконується програмне забезпечення.

Модулі ІОМ виконують відповідні алгоритми управління, приймають і видають (через дочірні плати вводу і виводу - DC) вхідні і вихідні сигнали і обмінюються інформацією з системами управління більш високого рівня.

Модулі ІОМ можуть підтримувати декілька різних комплектів програмного забезпечення, які повинні бути логічно зв'язані між собою. В залежності від встановленого програмного забезпечення модуль виконує функції GTCC або GTLC.

Структурна схема модуля приведена на СУмз-91С.151.02 С1.

Центральним контролером модуля є 32 - х розрядний трансп'ютер Т805А фірми Inmos, а контролером вводу – виводу БІС фірми Motorola – МС68332. Системна програма користувача виконується під керівництвом трансп'ютера.

До трансп'ютера під'єднується:

- FLASH пам'ять об'ємом до 1М 32 – х розрядних слів;
- ОЗУ об'ємом до 128К 32 – х розрядних слів.

БІС трансп'ютера формує чотири послідовних канали, приймачі – передатчики яких не мають гальванічного розділення. До одного з портів підключається ПСВМ інженера при відладці системи. Крім того, трансп'ютер керує двома послідовними каналами (PortA і PortB), які мають гальванічне розділення. Послідовні канали PortA і PortB (інтерфейс RS 422/RS 485) призначені для зв'язку з технічними засобами, на відстані до 500 м , з MOIS, розташованої в операторній компресорного цеху. Швидкість обміну по каналах PortA і PortB до 38,4 Кбод.

До контролера вводу – виводу під'єднується:

- системний банк пам'яті (FLASH пам'ять об'ємом 512 К 16-ти розрядних слів);
- прикладний банк пам'яті (FLASH пам'ять об'ємом 512 К 16-ти розрядних слів);
- статичне ОЗУ об'ємом 128К 16-ти розрядних слів.

Контролер вводу – виводу керує роботою послідовного каналу RS 485 (Rx, Tx 332), до якого підключаються послідовні канали модулів розширення вводу – виводу ЕІОМ.

Зв'язок з вхідними і вихідними сигналами здійснюється через дочірні плати (DC). Одна або дві дочірні плати встановлюються безпосередньо на модуль ІОМ і тим самим визначають кількість і типи сигналів, приймальним модулем. DC керуються контролером вводу – виводу. Використовуються наступні типи дочірніх плат:

DC приймають уніфікований вхідний сигнал.

Електроживлення модуля ІОМ здійснюється від двох мереж 24 В, які формуються блоком DPSM, які поступають на стабілізатор напруги. На виході формується напруга 5 В.

Таблиця 4.3 – Типи дочірніх плат

DC плата	Частотний вхід 30-1000 Hz	Аналог. вхід 1-5 V	Аналог. вихід 4-20 мА	Дискретний вхід 24 V, 10 мА	Дискретний вихід 24 V, 0,2 А
DC-201-4	6	-	2	6	6 (до 0,5А)
DC-412		32	4		
DC-310				38	
DC-303				19	18

4.2.4 Extended Input/Output Module (EIOM)

Для збільшення загальної кількості сигналів вводу – виводу, є можливість підключення до модулів ІОМ по послідовному зв'язку до восьми модулів EIOM. Зв'язок з вхідними сигналами здійснюється модулем EIOM через такі ж дочірні плати, як і ІОМ. Крім стандартних DC, на EIOM можливо підключати спеціальні DC для управління і прийому сигналів від двох обмоткових безконтактних синусно – косинусних трансформаторів. Структурна схема модуля зображена на рис. 4.3.

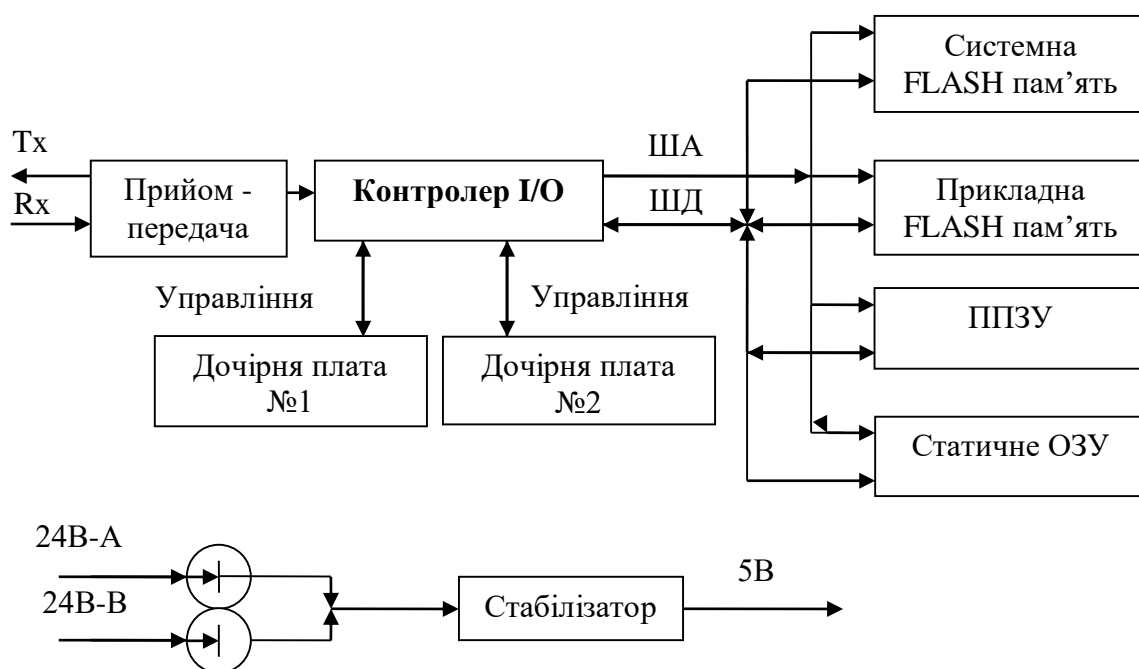


Рисунок 4.3- Структурна схема материнської плати модуля EIOM

В якості контролера вводу – виводу використовується БІС фірми Motorola – MC 68332, до якого підключені:

- системна FLASH пам'ять об'ємом до 512К 16-ти розрядних слів;

- прикладна FLASH пам'ять об'ємом до 512К 16-ти розрядних слів;
- ППЗУ об'ємом 312К 16-ти розрядних слів ;
- статичне ОЗУ об'ємом 128К 16-ти розрядних слів;
- вузол управління двома дочірніми платами, через який здійснюється прийом та передача вхідних – вихідних сигналів, які поступають з дочірніх плат.

Послідовний канал RS485 (Tx,Rx-332) БІС МС 68332 через прийом – передатчики використовується для організації зв'язку з контролерними модулями GTLS, GTCC. По цьому каналу передається інформація, яка поступає від об'єкта управління через дочірні плати.

Електроживлення модуля ЕІОМ здійснюється від двох мереж 24 В, які формуються блоком DPSM, які поступають на стабілізатор напруги. На виході стабілізатора формується напруга 5 В. При збільшенні кількості входів – виходів, ЕІОМ виконує первинну обробку вхідних – вихідних сигналів.

4.2.5 Main Processor Module (MPM)

Модуль призначений для між процесорного обміну (Machine Communication Control Module - MCC). Комунікаційний модуль забезпечує:

- Обмін інформацією між модулями ІОМ, а саме GTLS і GTCC;
- Зв'язок САК і Р з вищестоячим рівнем управління.

Структурна схема модуля зображена на СУмз-91С.151.02 С1.

Центральним контролером модуля являється 32-х розрядний трансп'ютер Т805А фірми Inmos. До трансп'ютера підключаються:

- FLASH пам'ять об'ємом до 256К 32- розрядних слів;
- ППЗУ об'ємом 64К 32 - розрядних слів;
- ОЗУ об'ємом до 128К 32 – х розрядних слів.

БІС трансп'ютера формує чотири послідовних канали, прийом – передатчики яких не мають гальванічного розділення. До першого і другого канала трансп'ютера під'єднуються модулі МРМ для обміну інформацією між собою.

Третій канал трансп'ютера видає інформацію на передатчики дев'яти послідовних каналів. Для вибору номера каналу призначений регістр адреси та дешифратор, за допомогою яких формується сигнал, поступаючий на прийом – передатчик одного з дев'яти каналів.

Четвертий канал трансп'ютера використовується для підключення ПЕОМ при налазці програми.

Крім того, до складу модуля МРМ входять схеми, які формують чотири послідовних канали, які мають гальванічне розділення. При цьому в якості елемента гальванічної розв'язки використовується: в каналах А і В (з частотою обміну до 10 МГц) – трансформатор; в каналах PortA, PortB (з частотою обміну до 38,4 Кбод) – оптопара.

Передача інформації по каналах PortA, PortB (інтерфейс RS 485) можлива на відстань до 500м.

Електроживлення модуля ЕІОМ здійснюється від двох шин 24 В, які поступають на стабілізатор напруги. На виході стабілізатора формується напруга 5 В.

4.2.6 Схема взаємодії функціональних програмно – апаратних модулів ПТЗ «Series 4».

На СУмз-91С.151.02 С2 зображена взаємодія функціональних програмно – апаратних модулів ПТЗ «Series 4».

За результатами прив'язки ПТЗ «Series 4» для конкретного типу ГПА, схема може уточнюватися. Приклад переліку сигналів, які беруть участь в обміні наведено в «Переліку каналів зв'язку GTLC - GTCC», табл.4.4.

Таблиця 4.4 - Перелік каналів зв'язку GTLC - GTCC

№	Сигнал	№	Сигнал
01	Тиск на всмоктуванні нагнітача	21	Дистанційна задача частоти обертання СТ
02	Тиск в нагнітачі	22	Статус функціонального модуля GT
03	Температура на всмоктуванні нагнітача	23	Передача сигналів по частоті обертання ТВТ, ТНТ, СТ
04	Температура в нагнітачі	24	Передача сигналів по температурі продуктів згорання
05	Перепад тиску на конфузори нагнітача	25	Передача сигналів по тиску за осьовим компресором
06	Положення АПК	26	Передача сигналів по розміщенню паливного клапану
07	Управління АПК	27	Сигнали по управлінню модулями AS, GT, PC в режимах автоматичного пуску, нормального і аварійної зупинки
08	Частота обертання СТ	28	Аналогові і дискретні датчики ГПА, використовуючи в алгоритмах управління
09	Частота обертання ТВТ	29	Дискретні датчики положення кранів і ВМ ГПА
10	Частота обертання ТНТ	30	Управління допоміжними ВМ ГПА
11	Температура продуктів згорання	31	Управління стопорним клапаном

12	Тиск повітря за осьовим компресором	32	Управління крановою обв'язкою ГПА
14	Положення паливного регулюючого клапана	34	Передача сигналів по тиску і температурі на всмоктуванні і нагнітанні нагнітача
15	Резерв	35	Передача сигналів за положенням
16	Управління регулюючим клапаном	36	Статус функціонального модуля AS
17	Резерв	37	Попереджувальні сигнали
18	Передача сигналу по частоті обертання СТ	38	Відстань між робочою точкою нагнітача і лінії настройки антипомпажного регулятора
19	Сигнал аварійної зупинки	39	Статус функціонального модуля РС
20	Помпаж		

4.2.7 Програмно – апаратний модуль регулювання ГПА (GTCC)

Програмно – апаратний модуль регулювання ГПА (GTCC), в залежності від завантаженого пакета прикладних програм, може виконувати до трьох спеціалізованих функцій (функціональних модулів), при чому для кожної встановлюється окремий комплект програмного забезпечення, наприклад:

- модуль керування витратами палива (GT);
- модуль антипомпажного регулювання (AS);
- модуль розподілення навантаження між ГПА (РС).

Стандартні програми регулювання дозволяють сконфігурувати на різні використання. Для конфігурації і зміни параметрів GTCC використовується програма конфігуратор, підключена до модуля через порт послідовного зв'язку. Блок – схема ілюструє між функціональні зв'язки модуля наведені на рис. 4.4



Рисунок . 4.4- Блок – схема функціональних зв'язків модуля

4.2.8 Програмно – апаратний модуль логічного управління ГПА (GTLC)

Програмно – апаратний модуль логічного управління ГПА (GTLC) призначений для виконання задач логічного управління ГПА і його допоміжними механізмами, і пристроями.

В склад модуля GTLC входять, один центральний модуль (на якому знаходиться дві дочірні плати) і до восьми модулів розширення ЕІОМ (дві дочірні плати на кожному, забезпечуючи необхідною кількістю входів і виходів.)

В енергонезалежну частину пам'яті модуля ІОМ завантажуються програми, які складені на мові релейної логіки, і реалізуючі алгоритми управління ГПА. Програмована релейна логіка дозволяє, в залежності з вимогами замовника, модифікувати алгоритми і змінювати існуючі програми управління.

Стандартними функціями модуля являються:

- виконання послідовностей по пуску і зупинці агрегату;
- забезпечення аварійного захисту і сигналізації;
- здійснення контролю роботи системи, а також координація функцій, виконуючих іншими модулями.

Для редагування програми релейної логіки GTLC, комп'ютер з редактором СРІ повинен бути підключеним по зовнішньому послідовному каналу (порт А або В) до модуля ІОМ (GTLC). Для зв'язку модуля логічного управління з іншими програмно – апаратними модулями системи, встановленими в багатофункціональне каркас-шасі, використовуються внутрішні канали послідовного зв'язку.

На рисунку 4.5 зображена структурна схема модуля GTLC.

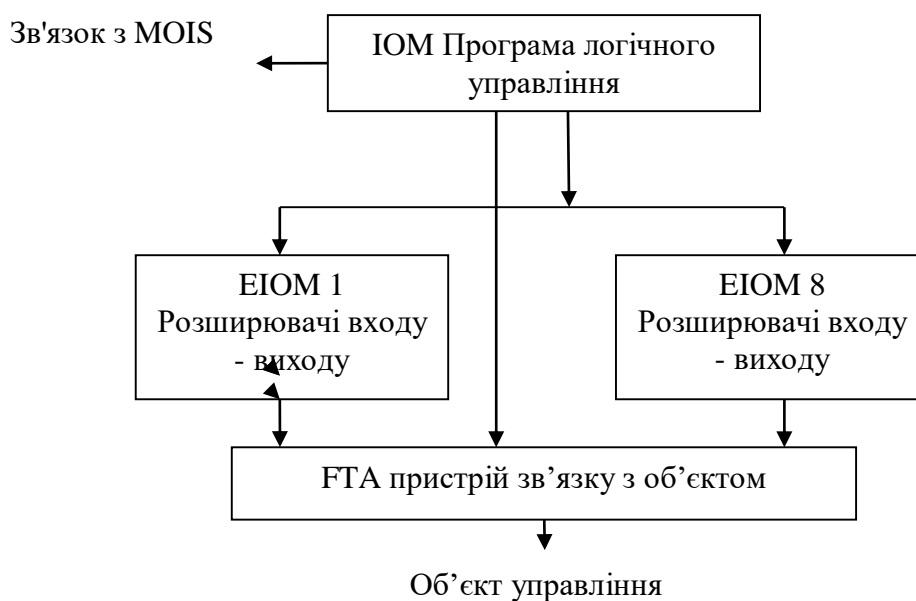


Рисунок 4.5- Структурна схема модуля GTLC

4.2.9 Блок екстреної аварійної зупинки (БЕАЗ)

БЕАЗ призначений для реалізації екстреної аварійної зупинки ГПА по команді оператора від кнопки екстреної зупинки, розміщеної на пульті управління, або при відмові САУ і Р зв'язаних з втратою функцій управління, враховуючи автоматичний захист.

5 МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ СИСТЕМИ АНТИПОМПАЖНОГО РЕГУЛЮВАННЯ НАГНІТАЧА

Для вирішення поставленої задачі використовуємо результати розрахунків, викладені в [12].

Розв'язання завдання створення математичної моделі системи антипомпажного регулювання може бути здійснене шляхом використання динамічних методів, що базуються на ефекті виявлення коливань у проточній частині компресора, застосування швидкодіючих антипомпа- жних клапанів. Проте всі вони мають технологічні, технічні і вартісні обмеження у застосуванні. У зв'язку з цим задача удосконалення математичних моделей і методів автоматичного антипомпажного регулювання і захисту компресорів від помпажу на базі аналізу коливань у проточній частині компресора є актуальною, а її вирішення дасть змогу захистити компресор від помпажу, підвищити надійність роботи та знизити витрати на відновлення відцентрового нагнітача.

Метою розділу є розробка методу і системи автоматичного антипомпажного регулювання відцентрового нагнітача.

Запропоновано використати ідентифікацію передпомпажного стану в компресорі шляхом виявлення початку коливань у проточній частині через динаміку зміни комплексу показників роботи ГПА.

Оскільки процес перекачування природного газу залежить від великої кількості взаємно зв'язаних вхідних величин - керувальних дій та зовнішніх впливів, то структуру моделі «вхід-вихід» ГПА як об'єкта автоматичного антипомпажного регулювання розглядаємо відповідно до поставлених задач автоматизації (рис. 5.1).

Чинники, які суттєво впливають на процес формування помпажу, можливо поділити на три групи.

До першої групи змінних $\bar{u}(t)$, що діють на вході ВН ГПА, відносяться: частота обертання силової турбіни $N_{cm}(t)$, положення дозатора газу *пол.ДГ*, тиск газу на вході в нагнітач $P_{ex}(t)$ та об'єм газу на вході $Q_{ex}(t)$. До другої групи відносяться некеровані зовнішні впливи $Z_{zavod}(t)$ - задана оператором частота обертання ротора нагнітача; коефіцієнт помпажу $K_{номп}$. Вони характеризують умови роботи ВН ГПА. До третьої групи відносяться показники роботи ГПА $\bar{x}(t)$, які вважатимемо компонентами вектора вихідних змінних:

$$\bar{x}^T(t) = (Q_{пр}(t), P_{вих}(t), E(t), Q_{рец}(t)). \quad (5.1)$$

Кожна із вихідних величин є функцією керувальних дій $\bar{u}(t)$ та зовнішніх впливів $\bar{z}(t), \bar{f}(t)$;

$$\bar{x}_j(t) = \varphi_j(\bar{u}(t), \bar{z}(t), \bar{f}(t)), j = 1, 2, \dots, n \quad (5.2)$$

де n - кількість вихідних величин.

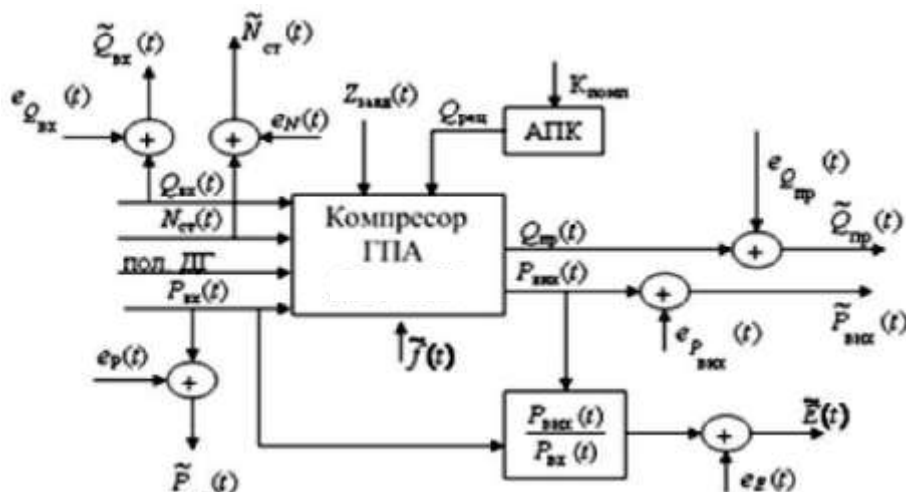


Рисунок 5.1 - Структурна схема ГПА як об'єкта автоматичного антипомпажного регулювання:

$N_{ст}$ - частота обертання ротора силової турбіни; *пол. ДГ* - положення дозатора газу; $P_{вх}$ - тиск газу на вході у нагнітач; $P_{вих}$ - тиск газу на виході з нагнітача; $Q_{пр}$ - продуктивність нагнітача; $Q_{вх}$ - об'єм газу з входу; $Z_{зад}$ - задана оператором частота обертання ротора нагнітача; E - ступінь підвищення тиску газу, $E = \frac{P_{вих}}{P_{вх}}$; *АПК* - антипомпажний клапан; $K_{помп}$ - коефіцієнт помпажу; $Q_{рец}$ - витрата рециркуляції; f - вектор, який характеризує взаємодію об'єкта з навколишнім середовищем (вектор збурення)

Внаслідок дії на ВН ГПА таких збурень, як хімічний склад реального транспортованого газу, технічний стан ВН, температура навколишнього середовища t_c , атмосферний тиск $P_{атм}$ та інших, вхідні і вихідні величини ВН ГПА вимірюються з певними похибками, які можна трактувати як адитивні шуми $\bar{e}(t)$.

Отже, процес компримування газу описується сукупністю випадкових процесів $N_{ст}(t)$, $P_{вх}(t)$, $Q_{вх}(t)$, $Q_{пр}(t)$, $P_{вих}(t)$, $E(t)$ та ін.

Аналіз статичної стійкості ВН на основі аналізу сумісних характеристик: графіків залежностей надлишкового тиску P_n в напірному трубопроводі за нагнітачем від об'ємної продуктивності Q_n в тому ж перерізі $P_n=f(Q_n)$ і залежності надлишкового тиску P_m перед мережею від об'ємної продуктивності Q_R - $P_m = \varphi(Q_R)$ дав змогу виявити статично стійкі рівноважні режими роботи ВН і режими, коли спостерігається статична нестійкість режиму роботи системи.

Як вихідну математичну модель неусталеного режиму руху газу у ВН для вирішення завдань автоматизації процесів керування використали систему рівнянь у такому вигляді:

$$P_{1ст} = P_0 - \frac{l_1 \rho_0}{s_1} \cdot \frac{dQ_0}{dt}; \quad (5.3)$$

$$P_{на} = P_0 \cdot f(Q_0) - \frac{l_1 \rho_0}{s_1} f(Q_0) \frac{dQ_0}{dt}; \quad (5.4)$$

$$P_{ма} = P_0 \cdot f(Q_0) - \frac{l_1 \rho_0}{s_1} f(Q_0) \frac{dQ_0}{dt} - \frac{0.5 l_2 \rho_1}{s_2} \frac{dQ_H}{dt}; \quad (5.5)$$

$$\rho_0 Q_0 = \rho_1 Q_H \quad (5.6)$$

де: P_{1a} - абсолютний повний тиск перед ВН; P_0 - тиск на вході; s_1, l_1 - площа перерізу і довжина вхідного трубопроводу; ρ_0 - густина газу у вхідному трубопроводі ВН; Q_0 - об'ємна продуктивність на вході ВН; $P_{на}$ - абсолютний тиск газу за ВН; $P_{ма}$ - абсолютний тиск газу перед мережею; s_2, l_2 - площа перерізу і довжина вихідного трубопроводу; ρ_1 - густина газу у вихідному трубопроводі ВН; Q_H - об'ємна продуктивність за ВН.

Розрахунки проведено з урахуванням таких припущень: відносна характеристика ВН задана залежністю $P_{на}/P_{1a}=f(Q_0)$; витрати на тертя у вихідному трубопроводі відсутні; характеристика мережі має такий вигляд:

$$P_M = P_{ма} - P_0 = \varphi(Q_H),$$

де P_M - надлишковий тиск газу перед входом в мережу; складна розподілена система, яка створена ВН з приєднаними до нього трубопроводами і мережею, може бути замінена системою з одним ступенем вільності, яким є тиск газу; потік газу рухається вздовж досліджуваної системи з прискоренням, тобто $P_{1a} \neq P_0$; процес компримування газу у ВН є адіабатичним, але під час помпажу - коливальним і зв'язок швидкості звуку в газі на вході C_0 зі швидкістю звуку на виході C_1 за ВН є наступним :

$$c_1^2 = c_0^2 \left(\frac{P_0}{P_{на}} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}, \quad (5.7)$$

де: γ - показник адіабати.

У кінцевому результаті для ВН математична модель представлена у вигляді системи нелінійних диференціальних рівнянь:

$$\frac{dQ_0}{dt} = \frac{P_0 f(Q_0) - P_{ма}}{\rho_0 \left(\frac{l_1}{s_1} f(Q_0) + \frac{0.5 \cdot l_2}{s_2} \right)}, \quad (5.8)$$

$$\frac{dP_M}{dt} = (Q_0 - Q_{RO}) \frac{\rho_0 c_0^2}{0.5 \cdot l_2 s_2} \left(\frac{P_{1a}}{P_{на}} \right)^{\frac{1-\gamma}{\gamma}}, \quad (5.9)$$

де: Q_{RO} - продуктивність ВН, яка дорівнює $Q_{RO} = Q_{RPI} / \rho_0$; Q_R - продуктивність ВН через мережу, віднесена до параметрів на вході.

Виключивши із системи рівнянь (5.8, 5.9) час, отримали рівняння фазових траєкторій робочої точки нагнітача у вигляді нелінійного диференціального рівняння першого порядку:

$$\frac{dP_M}{dQ_0} = (Q_0 - Q_{R0})\rho_0^2 c_0^2 \left(\frac{P_{1a}}{P_{на}}\right)^{\frac{1-y}{y}} \left(\frac{l_1}{s_1} f(Q_0) + \frac{0.5 \cdot l_2}{s_2}\right). \quad (5.10)$$

У вигляді розрахованих рангів для кожного параметру, які характеризують явище помпажу в нагнітачі, вибрано сім параметрів: $dP_{конф.}$ - перепад тиску газу на конфузори нагнітача; $N_{ст}$ - частота обертання силової турбіни газотурбінного привода і, відповідно, нагнітача; G_{gZON} - вібропереміщення горизонтальне задньої опори нагнітача; G_{vZON} - вібропереміщення вертикальне задньої опори нагнітача; G_{gPON} - вібропереміщення горизонтальне передньої опори нагнітача; G_{vPON} - вібропереміщення вертикальне передньої опори G_{szcuvN} - осьовий зсув нагнітача.

Перевірку випадковості значень розрахованого коефіцієнта узгодженості W проведено на основі Z -розподілу Фішера. Для цього розрахункове значення Z -критерію Фішера

$$Z = \frac{1}{2} \ln \left(\frac{(m-1)W}{W} \right), \quad (5.11)$$

де: Z - розрахункове значення Z -критерію Фішера; m - кількість експертів в групі, порівняли з критичним табличним значенням $Z_{табл}$ для рівня значущості $\alpha=0,05$ і розрахункового числа ступенів вільності для отриманих результатів експертизи. Оскільки розрахункове значення Z -критерію Фішера було більше табличного, тобто $Z > Z_{табл.}$, ($0,713 > 0,51$), то думка експертів відносно ранжування показників помпажу не є випадковою з коефіцієнтом узгодженості $W=0,727$, який визначено за формулою:

$$W = \frac{12\delta}{m^2(n^3-n)} = 0.727, \quad (5.12)$$

де: m - кількість експертів; n - кількість оцінюваних факторів; δ - сума квадратів відхилень між сумою рангів по кожній факторній ознаці та середньою сумою рангів.

Визначене таким чином мінімальне значення віддаленості координат робочої точки ВН запропоновано використовувати як поточне значення віддаленості сигналу розузгодження при керуванні регулюючими органами ГПА (рис. 5.2) під час здійсненні антипомпажного регулювання. Цим забезпечується надійний захист ВН від раптового виникнення помпажу, в тому числі жорсткого, при швидкодіючих збуреннях або флуктуаціях газового потоку за умови незмінності межі помпажу, тобто заданої величини.

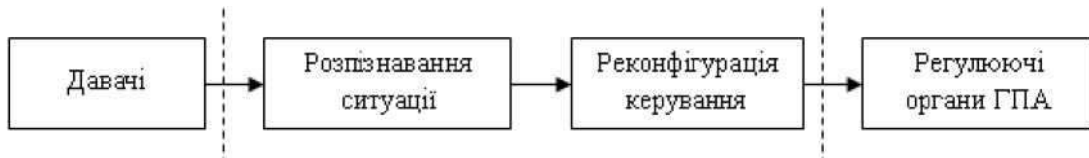


Рисунок 5.2 - Структура системи автоматичного захисту ВН ГПА від помпажу методами керування

Для підвищення оперативності захисту ВН від жорсткого помпажу методом діаграм Вейча синтезовано структуру одноконтурної релейної схеми автоматичного безконтактного пристрою, яка реалізує запропоновану логічну функцію в нормальній диз'юнктивній формі для 7 вхідних логічних змінних. Спрацювання антипомпажного клапана здійснюється лише у тому випадку, коли логічна одиниця з'являється більше ніж на одному із 7 входів логічного пристрою одночасно.

Діаграма Вейча логічної функції сімох змінних, яка відповідає поставленим умовам, побудована наступним чином (рис.3). В квадратах, які потрапляють на площі одиничних значень двох, трьох, чотирьох, п'яти, шести і семи змінних a, b, c, d, e, f, g записані одиниці, у всіх інших квадратах - нулі.

0	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	0
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Рисунок 5.3 - Діаграма Вейча логічної функції сімох змінних, яка відповідає умовам сформульованої задачі захисту ВН від помпажу

За побудованою діаграмою Вейча можна отримати алгебраїчний вираз логічної функції, тобто структурну формулу схеми пристрою. Загальну структурну формулу пристрою з урахуванням виконавчого органу B запишемо як:

$$\psi = \lambda B, \tag{5.14}$$

де: λ - структурна формула схеми без виконавчого органу; ψ - структурна формула всієї системи.

Тоді для системи захисту ВН від помпажу функція λ може бути представлена у нормальній диз'юнктивній формі, тобто у вигляді суми добутків вхідних змінних для кожного квадрата карти, який містить одиницю.

Для побудови схеми пристрою використане зображення, яке прийняте для структурних схем. Одержана структурна схема задовольняє заданим умовам, які можна сформулювати у вигляді правила ЯКЦО ... ТО

Узагальнена функціональна структура системи автоматичного антипомпажного регулювання ВН, виходячи з максимальної швидкодії і обмежень, які мають місце при роботі ГПА, представлена на рис. 5.4.

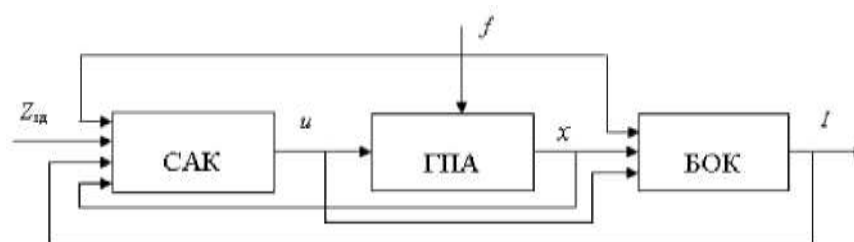


Рисунок 5.4 - Узагальнена функціональна структура системи антипомпажного регулювання та захисту відцентрового нагнітача: САК - система автоматичного керування; ГПА - газоперекачувальний агрегат; БОК - блок обчислення критерію I ; f - збурюючі впливи; $Z_{зд}$ - задаючий вплив

Оскільки критерій оптимальності I виражається через компоненти векторів виходу $\bar{x}(t)$, управління $\bar{u}(t)$ і завдання $\bar{z}_{зд}(t)$:

$$I = I[\bar{u}(t), \bar{z}_{зд}(t), \bar{x}(t)], \quad (5.14)$$

де $\bar{z}_{зд}(t)$ - вектор-функція часу, яка визначає бажану зміну виходу $\bar{x}(t)$, то враховуючи, що зовнішні впливи $\bar{z}_{зд}(t)$ або $f_{зд}(t)$ неперервно змінюються, ефективність функціонування ВН ГПА і системи керування ним запропоновано оцінювати функціоналом:

$$I = I(\bar{u}(t)) \int_0^{t_k} \varphi_0[\bar{u}(t), \bar{z}_{зд}(t), \bar{x}(t)] dt, \quad (5.15)$$

де: φ_0 - деяка скалярна невід'ємна функція, вигляд якої залежить від мети керування; t_k - інтервал керування.

Зважаючи на те, що метою захисту ВН ГПА від помпажу є досягнення мінімальної тривалості перехідного процесу, умову оптимального функціонування об'єкта і системи керування запропоновано оцінювати у такому вигляді:

$$I_3 = \int_0^{t_k} I(\bar{u}(t)) dt = \min, \quad (5.16)$$

При постановці і вирішенні такої задачі керування враховані обмеження на зміні $\bar{x}(t)$, $\bar{z}_{зд}(t)$ та $\bar{u}(t)$, які задані у вигляді умов належності векторів $\bar{x}(t)$, $\bar{z}_{зд}(t)$ та $\bar{u}(t)$ до деяких замкнутих множин $X, Z_{зд}, U$, заданих відповідно в n -, l -, m - мірних просторах.

Обмеження на компоненти векторів $\bar{x}(t)$, $\bar{z}_{зд}(t)$ та $\bar{u}(t)$ покладені незалежно один від одного у вигляді обмежень окремих компонентів:

$$\begin{aligned} 0 &\leq x_i \leq x_{i \max}, \\ 0 &\leq z_{зд}^{(k)} \leq z_{зд \max}^{(k)} \\ 0 &\leq u_i \leq u_{i \max} \end{aligned} \quad (5.17)$$

де $x_{i \max}, z_{зд \max}^{(k)}, u_{i \max}$ - можливі або допустимі значення компонентів.

Показано, що замкнена система антипомпажного регулювання, яка знаходиться під впливом зовнішніх сигналів s підтримує задане значення керованої величини x , що задається так:

$$0 \leq x_i(t, s) \leq x_{доп}^{(i)}, \forall t \in T_p, \quad (5.18)$$

де: t - поточний час; $x_{доп}^{(i)}$ - граничне значення керованої величини; T_p - час роботи ВН ГПА.

Для синтезу системи антипомпажного регулювання використано інтерактивну процедуру, яка забезпечує потрібну точність і зручність її реалізації в умовах експлуатації САК ГПА. Запропоновано загальну структуру системи (рис. 5.5), яка реалізує розроблений спосіб і програмне забезпечення системи антипомпажного регулювання та захисту ВН у варіанті конкретного прикладу. Вона містить групу давачів газотурбінного привода та нагнітача відцентрового типу. Перевищення певних, встановлених в алгоритмі порівняння, меж порогових значень класифікується алгоритмом як ознака наявності помпажних коливань за параметром і фіксується підняттям сигнальної позначки з ознакою ступеня перевищення. Умовно позначки класифікуються на три рівні і виводяться алгоритмом «Формування ознаки якості помпажу по параметру»: ПП - передпомпажний стан; МП - стан м'якого помпажу; ЖП - жорсткий помпаж.

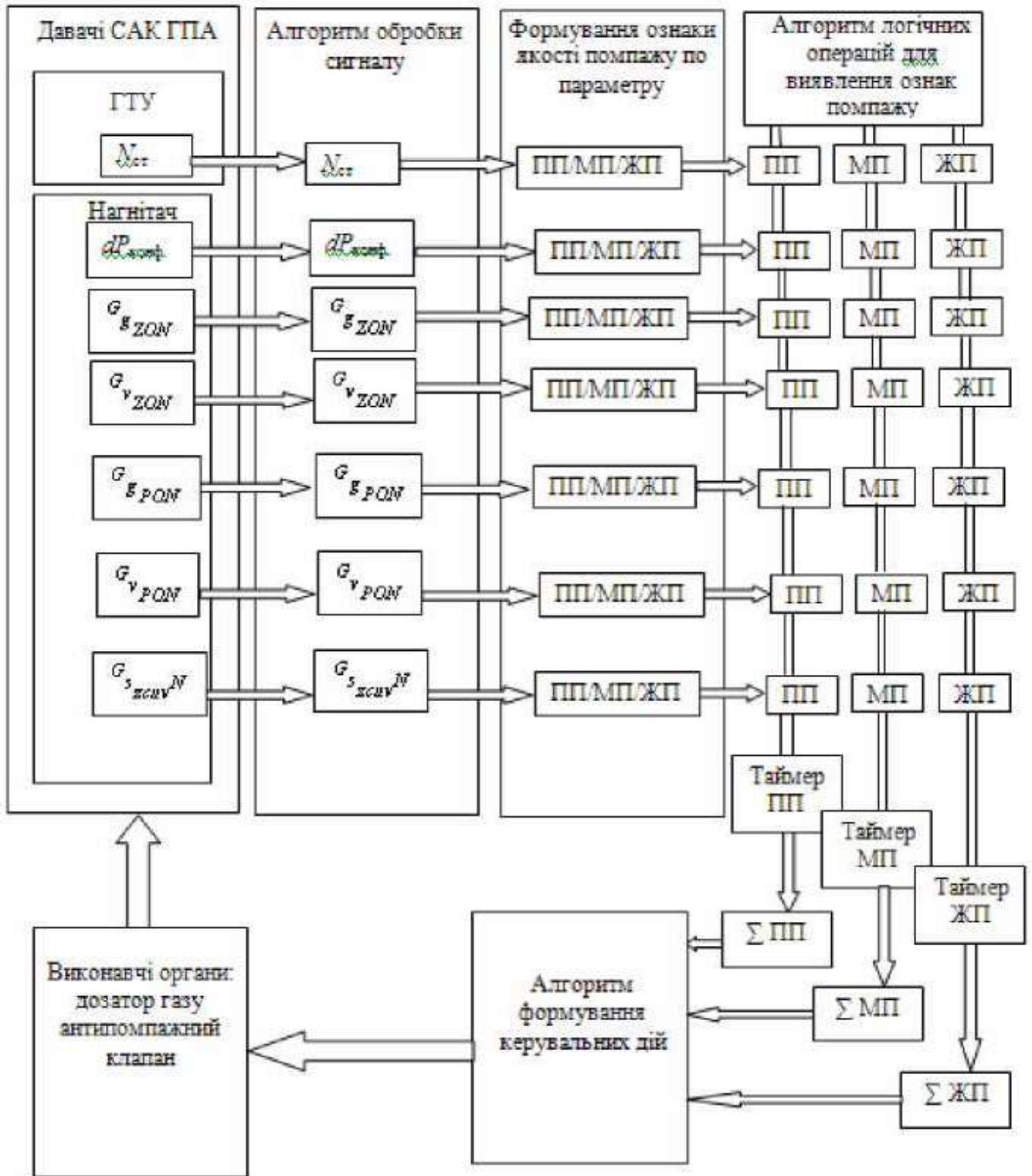


Рисунок 5.5 - Структурна схема системи автоматичного антипомпажного регулювання та захисту ВН ГПА

6 РОЗРАХУНОК ПОКАЗНИКІВ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ
ПРОЕКТОВАНОЇ СИСТЕМИ

Поставленою задачею є порівняння запроєктованого технологічного процесу з базовим, в якості критерію виберемо мінімізацію повних затрат. За базовий варіант приймемо заводський технологічний процес (частину технологічного процесу). Співставлення собівартості технологічного процесу будемо проводити по одній деталі-операції. Вихідні дані приведені нижче.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку

Вихідні дані	Од. вим.	Базовий	Проектний
1	2	3	4
.Обладнання		Токарно-гвинторізний	Токарно-гвинторізний напівавтомат
1.1 Модель		1М63	1284
1.2 Вартість	грн	8940	27460
1.3 Потужність електродвигуна	кВт	11	24
2. Ріжучий інструмент			
2.1 Найменування		Різець	Різець
2.2 Кількість	шт	4	8
1	2	3	4
2.3 Вартість одиниці	грн	1,8	1,42
3. Характеристика стійкості ріжучого інструмента			
3.1 Період стійкості	год		0,5
3.2 Число переточок			10
3.3 Час переточки	хв		3,5
3.4 Розряд заточника			4
4. Штучний час	хв	10,3	3,40
5. Машинний час	хв	7,4	2,44
6. Чисельність робочих		Одна людина на станок	
7. Розряд роботи		3	3
8. Виробнича площа на станок	м ²	7,2	9,3

Таблиця 6.2 – Характеристика оброблюваної деталі

Найменування деталі	Заготовка деталі			Маса деталі, кг
	Найменування	Матеріал	Маса, кг	
Корпус	Штапування	Сталь 35	18,45	17,10

Додаткові відомості:

- кількість робочих днів: 270;
- кількість змін: 2;
- кількість годин в зміні: 8;
- годинна тарифна ставка 3-го розряду: 1,2 грн./год;
- годинна тарифна ставка 4-го розряду: 1,6 грн./год;
- $K_{зб}$, коефіцієнт, що враховує випадковий збиток: 1,05;
- K , коефіцієнт, що враховує додаткову площу під проходи й проїзди: 3,0;
- P , річна норма витрат на утримання 1 м² виробничої площі: 70 грн.;
- $K_{тр}$, коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування й монтаж: 1,1;
- h , висота приміщення: 9м;
- C , вартість 1м³ приміщення: 150 грн./м³;
- T , розрахунковий період: 4,5 лет;
- $N_{річ}$, річний випуск деталей: 115000 шт;
- α , відсоток простоїв: 8%;
- C_m , ціна матеріалу: 2,5 грн./кг;
- K_1 – коефіцієнт, що враховує додаткову зарплатню: 1,5;
- K_2 – коефіцієнт, що враховує нарахування на зарплатню: 1,375;
- $K_{бг}$ – коефіцієнт, що враховує багато станкове обслуговування: 1;
- a – річна норма амортизаційних відрахувань: 24% ;
- S_e – вартість одного кВт * год електроенергії: 0,19 грн.;
- k_1 – коефіцієнт, що враховує використання встановленої потужності, яка витрачається за холостої праці обладнання: 0,25;
- k_2 – коефіцієнт використання встановленої потужності обладнання в процесі різання: 0,8.

Виразимо в розрахунках різницю між проектною частиною технологічного процесу та базою

Кількість обладнання по базовому й проектному варіантам розраховуємо за формулою

$$P_p = (t_{шт} * N_{річ}) / (\Phi_D * 60), \quad (6.1)$$

де $t_{шт}$ – штучний час на операцію, хв.;

N – річна виробнича програма, шт.;

Φ_D – дійсний річний фонд часу, год.:

$$\Phi_D = \Phi_{реж} * (1 - \alpha), \quad (6.2)$$

де α – відсоток простоїв ; $\Phi_{реж}$ – режимний фонд часу:

$$\Phi_{реж} = \text{кїл-ть роб.днїв} * \text{кїл-ть змін} * \text{кїл-ть год.в змінї} \quad (6.3)$$

Проведемо розрахунки:

1) $\Phi_{реж} = 270 * 2 * 8 = 4320$ год.;

2) $\Phi_D = 4320 * (1 - 0,08) = 3974,4$ год.;

3) $P_{рб} = (10,3 * 115000) / (3974,4 * 60) = 4,97$;

4) $P_{рп} = (3,4 * 115000) / (3974,4 * 60) = 1,64$.

Коефіцієнт завантаження обладнання визначаємо за формулою

$$K_з = P_p / P_{рп},$$

де P_p – розрахункова кількість обладнання;

$P_{рп}$ – прийнята кількість обладнання, розраховується шляхом округлення P_p до цілого числа.

Таким чином:

1) $K_{зб} = 4,97 / 5 = 0,994$;

2) $K_{зп} = 1,64 / 2 = 0,82$.

Розрахунок технологічної собівартості

З метою визначення технологічної собівартості проводять розрахунок окремих елементів затрат.

Вартість матеріалу виробу визначається за формулою

$$C_M = Q * C_M - q * C_B, \quad (6.4)$$

де Q – норма розходу матеріалу (маса заготовки), кг;

q – вага реалізуючих відходів, кг;

C_M – ціна матеріалу (заготовки), грн.;

C_B – ціна відходів, грн.; приймається 12% від ціни матеріалів.

Проведемо розрахунки:

$$C_M = 18,45 * 2,5 - (18,45 - 17,10) * 0,12 * 2,5 = 46,125 - 0,405 = 45,72 \text{ грн.}$$

Основна і додаткова зарплатня виробничого робітника з відрахуваннями на соціальне страхування та в інші фонди (за виконувану операцію) визначається за формулою

$$Z_p = C_{\text{год}} * K_1 * K_2 * (t_{\text{шт}} / 60) * K_{\text{бг}} * P_{\text{пр}}, \quad (6.5)$$

де $C_{\text{год}}$ – годинна тарифна ставка відповідного розряду, грн.;

K_1 – коефіцієнт, що враховує додаткову зарплатню;

K_2 – коефіцієнт, що враховує нарахування на зарплатню;

$K_{\text{бг}}$ – коефіцієнт, що враховує багато станкове обслуговування;

$P_{\text{пр}}$ – кількість одиниць обладнання на даній операції;

t – штучний час на операцію, хв.

Отже, маємо:

$$1) Z_{\text{рб}} = 1,2 * 1,5 * 1,375 * (10,3 / 60) * 1 * 5 = 2,12 \text{ грн.};$$

$$2) Z_{\text{рп}} = 1,2 * 1,5 * 1,375 * (3,4 / 60) * 1 * 2 = 0,28 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування по обладнанню, віднесені до даної операції, визначаються за формулою

$$A_o = (S_o * K * a * P_{\text{пр}}) / (N_{\text{річ}} * 100), \quad (6.6)$$

де S_o – вартість одиниці обладнання, грн.;

$N_{\text{річ}}$ – річна програма деталей, шт.;

$P_{\text{пр}}$ – кількість одиниць обладнання на даній операції, шт.;

a – норма амортизаційних відрахувань, %;

K – коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування й монтаж.

Таким чином:

$$1) A_{\text{об}} = (8940 * 1,1 * 0,24 * 5) / (115000 * 100) = 0,00103 \text{ грн.};$$

$$2) A_{\text{оп}} = (27460 * 1,1 * 0,24 * 2) / (115000 * 100) = 0,00126 \text{ грн.}$$

Витрати на ремонт обладнання приймаємо укрупнено пропорційно величині амортизаційних відрахувань за формулою

$$P = A_o * K, \quad (6.7)$$

де K – коефіцієнт, що встановлює залежність величини витрат на ремонт від величини амортизаційних відрахувань, рекомендовано прийmemo рівним 130%. Отже,

$$1) P_{\text{б}} = 0,13 * 0,00103 = 0,0001 \text{ грн.};$$

$$2) P_{\text{п}} = 0,13 * 0,00126 = 0,0002 \text{ грн.}$$

Витрати на силову електроенергію E за даної операції

$$E = [k_1 * N_B * (t_{шт} - t_{маш}) + k_2 * N_B * t_{маш}] * (S_e / 60), \quad (6.8)$$

де N_B – сумарна встановлена потужність електродвигунів одиниці обладнання, кВт;

$t_{маш}$ – машинний час, хв.;

S_e – вартість одного кВт * год електроенергії, грн.;

k_1 – коефіцієнт, що враховує використання встановленої потужності, яка витрачається за холостої праці обладнання;

k_2 – коефіцієнт використання встановленої потужності обладнання в процесі різання.

Підставивши задані значення, маємо:

$$1) E_6 = [0,25 * 11 * (10,3 - 7,4) + 0,8 * 11 * 7,4] * (0,19 / 60) = 0,231 \text{ грн.};$$

$$2) E_{п} = [0,25 * 24 * (3,40 - 2,44) + 0,8 * 24 * 2,44] * (0,19 / 60) = 0,167 \text{ грн.}$$

Витрати на ріжучий інструмент, що приходиться на операцію, розраховується за формулою

$$Z_i = N_{ріж} * [(S_i + S_{пер}) * t_{маш} * K_{зб}] / [T_{ст} * (n + 1)], \quad (6.9)$$

де S_i – вартість інструмента, грн.;

$S_{пер}$ – вартість переточки, грн.;

$$S_{пер} = (t_{пер} * C_{год}) / 60, \quad (6.10)$$

де $C_{год}$ – годинна ставка заточника, грн.;

$T_{ст}$ – стійкість інструменту між двома переточками, хв.;

$t_{пер}$ – час переточки, хв.;

n – кількість переточок до повного зношення (додаванням одиниці враховується час роботи інструменту до першої переточки);

$N_{ріж}$ – кількість ріжучих інструментів;

$K_{зб}$ – коефіцієнт, що враховує випадковий збиток.

Проведемо розрахунки:

$$1) S_{пер} = (3,5 * 1,6) / 60 = 0,09 \text{ грн.};$$

$$2) Z_{і6} = 4 * [(1,8 + 0,09) * 7,4 * 1,05] / [30 * (10 + 1)] = 0,178 \text{ грн.};$$

$$3) Z_{іп} = 8 * [(1,42 + 0,09) * 2,44 * 1,05] / [30 * (10 + 1)] = 0,094 \text{ грн.}$$

Витрати на допоміжні матеріали, віднесенні на операцію, визначаємо укрупнено за формулою

$$V_M = (M * P_{\text{пр}}) / N_{\text{річ}}, \quad (6.11)$$

де M – річні витрати на допоміжні матеріали, рекомендовано дорівнюють

108,00 грн. в рік на одиницю обладнання;

$P_{\text{пр}}$ – кількість одиниць обладнання, шт.

Відповідно маємо:

$$1) V_{\text{мб}} = (108,00 * 5) / 115000 = 0,0047 \text{ грн.};$$

$$2) V_{\text{мп}} = (108,00 * 2) / 115000 = 0,0019 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання виробничої площі, віднесені на операцію, визначаємо за формулою

$$V_{\text{п}} = (S_{\text{пл}} * K * P_{\text{пр}} * P) / N_{\text{річ}}, \quad (6.12)$$

де $S_{\text{пл}}$ - площа, безпосередньо зайнята одиницею обладнання, м^2 ;

K - коефіцієнт, що враховує додаткову площу під проходи й проїзди;

P – річна норма витрат на утримання 1 м^2 виробничої площі, грн.;

$P_{\text{пр}}$ – кількість одиниць обладнання.

Розрахуємо за варіантами:

$$1) V_{\text{пб}} = (7,2 * 3,0 * 5 * 70) / 115000 = 0,066 \text{ грн.};$$

$$2) V_{\text{пп}} = (9,3 * 3,0 * 2 * 70) / 115000 = 0,034 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків елементів витрат технологічної собівартості занесемо до таблиці й просумуємо за варіантами.

Розрахунок капітальних витрат по варіантам

Величина капітальних витрат розраховується по обом варіантам (базовому й проектному) й складається з капітальних витрат на обладнання й капітальних витрат на приміщення.

Капітальні витрати на обладнання розраховуємо за формулою

$$K_{\text{об}} = K_{\text{тр}} * S_{\text{об}} * P_{\text{пр}}, \quad (6.13)$$

де $S_{\text{об}}$ – вартість одиниці обладнання, грн.;

$K_{\text{тр}}$ - коефіцієнт, що враховує витрати на транспортування й монтаж;

$P_{\text{пр}}$ – кількість одиниць обладнання на даній операції, шт.

Таблиця 6.3 – Технологічна собівартість одиниці виробу

Найменування елементу витрат	Базовий варіант	Проектний варіант
1. Вартість матеріалу виробу	45,72	45,72
2. Основна й додаткова зарплатня виробничого робітника	2,12	0,28
3. Амортизаційні відрахування по обладнанню	0,00103	0,00126
4. Витрати на ремонт обладнання	0,0001	0,0002
5. Витрати на силову електроенергію	0,231	0,167
6. Витрати на ріжучий інструмент	0,178	0,094
7. Витрати на допоміжні матеріали	0,0047	0,0019
8. Витрати на утримання виробничої площі	0,066	0,034
Всього	48,321	46,298

Таким чином,

$$1) K_{\text{обб}} = 8940 * 1,1 * 5 = 49170 \text{ грн.};$$

$$2) K_{\text{обп}} = 27460 * 1,1 * 2 = 60412 \text{ грн.}$$

Капітальні витрати на приміщення розраховуємо за формулою

$$K_{\text{пр}} = K * S_{\text{пл}} * P_{\text{пр}} * h * C, \quad (6.14)$$

де K - коефіцієнт, що враховує додаткову площу під проходи й проїзди;

C – вартість 1 м^3 приміщення, грн.;

h – висота приміщення, м;

$P_{\text{пр}}$ - кількість одиниць обладнання на даній операції, шт.;

$S_{\text{пл}}$ – виробнича площа, безпосередньо зайнята одиницею обладнання, м^2 .

Отже,

$$1) K_{\text{прб}} = 3,0 * 7,2 * 5 * 9 * 150 = 145800 \text{ грн.};$$

$$2) K_{\text{прп}} = 3,0 * 9,3 * 2 * 9 * 150 = 75330 \text{ грн.}$$

Розраховуємо сумарні капітальні витрати по базовому та проектуваному варіантах:

$$1) K_6 = 49170 + 145800 = 194970 \text{ грн.};$$

$$2) K_{\text{п}} = 60412 + 75330 = 135742 \text{ грн.}$$

Порівняння економічних показників й обґрунтування вибору варіанту технологічного процесу

Порівнюємо досліджуванні варіанти технологічного процесу шляхом співставлення сумарних витрат, використовуючи формулу

$$T * C * N_{\text{річ}} + K \rightarrow \min , \quad (6.15)$$

де T – розрахунковий період, роки.

За проведеними розрахунками зробимо висновки.

1) $K_6 = 4,5 * 48,321 * 115000 + 194970 = 25201087,5$ грн.;

2) $K_{\text{п}} = 4,5 * 46,298 * 115000 + 135742 = 24094957$ грн.

Таким чином, порівнюючи сумарні витрати за двома проектами, причому критеріально мінімізуючи їх, можна зробити висновок, що для підприємства вигіднішим виявився запроектований технологічний процес, аніж базовий.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

У проєктованому устаткуванні робочим середовищем є природний газ наступного складу %:

метан	0,9863
етан	0,0012
пропан	0,0023
н-бутан	0,0001
азот	0,0101

Властивості газу: не отруйний, вибухонебезпечний в суміші з повітрям.

Концентраційні межі займання в суміші з повітрям:

нижній - 5%; верхній - 17%.

Температура самозаймання : 650°C -670°C.

Максимальний (надмірний) тиск при вибуху газу в суміші з повітрям, 0,717 МПа при вмісті газу в суміші 9,8 .%.

Характеристика змащувального масла І - 40А:

температура займання визначається у відкритому тиглі - не нижче 220 °С.

7.1 Основні заходи безпеки при обслуговуванні ГПА

Вимоги безпеки при експлуатації ГПА з приводом від газової турбіни авіаційного типу визначаються вибухонебезпекою газу, що транспортується, його високим тиском, наявністю високооборотних двигунів і нагнітачів газу, розмічених в контейнерах обмеженого об'єму.

Основне завдання техніки безпеки при експлуатації ГПА — запобігання небезпечним явищам, пов'язаним з газом, що транспортується. Природний газ безбарвний, легший за повітря і малотоксичний (якщо не містить шкідливих домішок), не має відчутного запаху, здатний в певній концентрації утворювати з повітрям вибухонебезпечну суміш.

Головною складовою частиною природних і попутних нафтових газів є метан, вміст якого залежно від родовища може досягати 80—98%. Вміст вуглекислого газу в природному газі зазвичай не перевищує 6—7%, азоту 10%. Сірководень, що міститься в деяких природних і нафтових газах, є шкідливою домішкою. Нафтовий газ окрім метану містить значну кількість етану, пропану, бутану і інших важких компонентів.

Основний компонент природного газу (метан) має наступні фізичні характеристики:

Відносна густина за повітрям (при 20 °С)	0,554
Густина (при 0°С і 1 кгс/см ²), кг/м ³	0,717
Температура займання, °С	650—670
Гранично допустима за санітарними нормами (СН 245—71) концентрація в повітрі робочої зони (у перерахунку на вуглець), мг/м ³	300
Межі займання в суміші за повітрям, %	5—15
Граничний допустимий вміст в повітрі робочої зони, %:	
за звичайних умов експлуатації	До 1
при проведенні вогняних робіт	0,5

Домішки важких вуглеводнів змінюють властивості природного газу таким чином: підвищують його густина, знижують температуру займання, межі займання в суміші з повітрям, а отже, і допустимий об'ємний вміст в повітрі робочої зони.

Чистий метан і етан не отруйні, але при недостатчі кисню в повітрі викликають задуху. Перші ознаки нездужання виявляються при вмісті метану в повітрі приблизно 25—30%. Перші ознаки отруєння пароподібними вуглеводнями, що містяться в природному газі: нездужання і запаморочення. Услід за цим настає ніби сп'яніння, що супроводжується сміхом, галюцинаціями і втратою свідомості.

Гранично допустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин в повітрі робочої зони наведені в ГОСТ 12.1.005—88. У природному газі деяких газових і газоконденсатних родовищ присутній сірководень. Це безбарвний газ з характерним запахом тухлих яєць. Запах сірководню відчувається при вмісті його в повітрі 0,0014—0,0023 мг/л. Вміст його в газі, що транспортується, згідно ГОСТУ 51 40—83 не повинен перевищувати 0,02 мг/м³. Сірководень відноситься до високонебезпечних шкідливих речовин, є сильною отрутою, що діє на нервову систему. За наявності в повітрі 0,01—0,015 % сірководню відбувається легке отруєння, при 0,1—0,3% — отруєння із смертельним результатом. Граничний допустимий вміст сірководню в робочій зоні по санітарних нормах 10 мг/м³, а в суміші з вуглеводнями не більше 3 мг/м³.

7.2 Аналіз основних небезпечних і шкідливих чинників

Небезпечними основними потенційними чинниками при роботі компресора можуть бути:

- вибухонебезпека;
- пожежонебезпека;
- враження електричним струмом.

До шкідливих потенційних чинників відносять:

- шум при роботі агрегату;
- вібрація.

Протипожежний захист повинен забезпечуватися:

- засобами пожежогасіння;
- автоматичними установками пожежної сигналізації і пожежогасіння;
- засобами індивідуального і колективного захисту людей від небезпечних чинників пожежі.

Засоби і способи гасіння пожежі - піна хімічна спеціальна, розбавлена водою, перемішування за допомогою повітря газу CO₂ або склад 3,5 на основі бромистого етилу (2°C - температурна межа застосування)

У виробничому приміщенні застосовуються головним чином вуглекислотні вогнегасники, перевагою яких є висока ефективність гасіння пожежі, збереження електронного устаткування. Діелектричні властивості CO₂, дозволяють використовувати дані вогнегасники у разі неможливості знеструмлення агрегату.

7.2.1 Враження електричним струмом

Електробезпека - система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму, електричної дуги, а також статичної електрики.

Небезпека враження електричним струмом, на відміну від інших небезпек, посилюється тим, що людина не може без спеціальних приладів виявляти присутність високої напруги дистанційно. Часто виявлення небезпеки відбувається у момент отримання травми.

Основними джерелами враження електричним струмом є:

- випадковий дотик до струмопровідних частин, що знаходяться в даний момент під напругою;
- несправність захисних засобів, за допомогою яких відбувається контакт робітника з струмопровідними частинами;
- поява напруги на металевих частинах виробничого устаткування (огорожах, корпусах і ін.) що нормально не знаходяться під напругою. Останнє відбувається в результаті пошкодження ізоляції струмопровідних частин електроустаткування;
- контакт металевого устаткування з приводом, що знаходиться під напругою.

Результат дії електричного струму на людину може привести до наступного: виникають порушення діяльності життєвоважливих органів людини (мозок, серце, легені); опіки окремих ділянок тіла; нагрівання кровеносних судин, а також, супроводжуюче протікання по тілу електричного струму, судорожні скорочення м'язів серця і легенів, аж до повного припинення діяльності органів дихання і кровообігу.

Вимоги по електробезпеці регламентовані ГОСТ 12.1.030-81 .

Захисне заземлення і занулення повинні забезпечувати захист людей від враження електричним струмом при дотику до металевих неструмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою. Захисному заземленню і зануленню підлягають металеві частини електроустановок, доступні для дотику людини і що не мають інших видів захисту, що забезпечують електробезпеку.

Захисне заземлення або занулення електроустановок слід виконувати:

- при номінальній напрузі 380В і вище, із змінним струмом 440В і вище, при постійному струмі у всіх випадках;
- при номінальній напрузі від 42В до 380В змінного струму і від 110В до 440В постійного струму при роботах в умовах з підвищеною небезпекою і особливо небезпечних по ГОСТ 12.1.013-78.

Заходи, що запобігають дії електричного струму на людину, передбачені ГОСТ 12.1.010-76.

Для забезпечення захисту від випадкового дотику до струмопровідних частин необхідно застосовувати:

- захисні огорожі;
- ізоляція струмопровідних частин;
- захисні відключення;
- засоби індивідуального захисту;
- захисне заземлення (при пошкодженні ізоляції).

7.2.2 Вібрація

Великої шкоди для багатьох видів устаткування завдає вібрація. Вібрація виникає при роботі агрегату, за наявності в ній неврівноважених силових взаємодій.

Джерелами виникнення вібрації є:

- неврівноважені маси агрегату, що обертаються;
- удари деталей (зубчаті зчеплення, підшипникові вузли);
- дефекти з'єднань окремих частин машини.

Вимоги регламентуються ГОСТ 12.1.012-90. Основним способом забезпечення вібробезпеки повинні бути створення і застосування вібробезпечних машин.

Вібробезпека повинна забезпечуватися: _

- дотриманням правил і умов експлуатації;
- підтримкою належного технічного стану машини;
- своєчасним проведенням планово-запобіжних ремонтів;
- застосуванням засобів індивідуального захисту від вібрацій.

Найбільш небезпечною дією вібрації є дія її на людину, яка обслуговує устаткування.

Дія вібрації на людину-оператора, тобто людину, яка довгий час знаходиться в безпосередній близькості з машиною, класифікується:

- за способом передачі вібрації на людину;
- за напрямом дії вібрації;
- за тимчасовою характеристикою вібрації.

Як чинники, що впливають на ступінь і характер несприятливої дії, повинні враховуватися:

- ризик (вірогідність) прояву різних патологій, аж до професійної вібраційної хвороби;
- показники фізичного навантаження і нервово-емоційної напруги;
- вплив супутніх чинників, що посилюють дію вібрації (охолодження, вологість, шум і тому подібне);
- тривалість і переривчаста дія вібрацій;
- тривалість робочої зміни.

7.2.3 Вибухонебезпека

Джерелами виникнення вибуху може бути недоброякісне мастило, гідропневмоудари, знаходження агрегату в зоні пожежі і вибухонебезпечних матеріалів.

Дія вибуху на людину може бути найрізноманітніша: травми, удари, опіки різного ступеня тяжкості, смерть.

Вимоги регламентовані ГОСТ 12.1.010-76.

Виробничі процеси повинні розроблятися так, щоб вірогідність виникнення вибуху на будь-якій вибухонебезпечній ділянці в перебігу року складала 10^3 . У разі технічної або економічної недоцільності забезпечення вказаної вірогідності виникнення вибуху виробничі процеси повинні розроблятися так, щоб вірогідність дії небезпечних чинників вибуху на людей в перебігу року не перевищувала 10^0 на людину. При цьому прийняте значення вірогідності виникнення вибуху на будь-якій вибухонебезпечній ділянці повинно забезпечуватися і бути узгоджено в установленому порядку з органами держнагляду.

Вибухонебезпека повинна бути забезпечена попередженням вибухів і вибухозахистом, а також організаційно-технічними заходами.

7.2.4 Вимоги безпеки і охорони навколишнього середовища

1 Установа повинна відповідати вимогам ДСТУ 2514-94; ГОСТ 12.2.016-81;

-«Правил пристрою і безпеки експлуатації судин, що працюють під тиском»;

-Технічного завдання 43.42.61.036.00.00.000 ТЗ.

2 До самостійної роботи по обслуговуванню установки можуть бути допущені особи не молодше 18 років, які пройшли попередній інструктаж під час вступу на роботу, а потім періодичний медогляд згідно наказів МОЗ по нижче приведених шкідливих і небезпечних виробничих чинниках, визнані придатними за станом здоров'я, навчені за відповідною програмою і такі, що мають посвідчення кваліфікаційної комісії на право обслуговування компресорної установки даного типу.

3 При експлуатації установки можуть виникати наступні шкідливі і небезпечні чинники згідно ГОСТ 12.0.003-74:

Фізичні:

- рухомі механізми;
- підвищена температура поверхонь устаткування;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищений рівень ультразвуку;
- підвищені значення напруги в електричному колі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- недостатня освітленість робочих місць (зон);
- гострі кромки, задирки і шорсткість на поверхнях інструменту і устаткування.

4 Електроустаткування установки повинно відповідати вимогам, які встановлюють ПУЕ «Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів» і ДНАОП «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».

5. Організація навантажувально-розвантажувальних робіт повинна відповідати ГОСТ 12.3.020-80 і ГОСТ 12.3.009-76.

6 Знаки безпеки і сигнальні кольори пристроїв, що огорожують пристрої, повинні відповідати ГОСТ 12.3.020-80 і ГОСТ 12.3.009-76.

7 Роботи по монтажу і ремонту електроустаткування повинні проводитися при знятій напрузі на розподільному щиті.

8 До технічних заходів захисту обслуговуючого персоналу від враження електричним струмом відносяться:

- захисне заземлення;
- захисне відключення;
- застосування індивідуальних засобів захисту; періодична перевірка опору ізоляції електрокола і опору заземлюючого пристрою.

9. Установка і електроустаткування при монтажі повинні бути заземлені відповідно до ГОСТ 12.1.030-81.

10. Зажими заземлення і знаки заземлення електроустаткування повинні відповідати ГОСТ

21130-75.

11. Корпус компресорної установки повинен мати металевий зв'язок із заземлюючим пристроєм джерела живлення.

Приєднання установки до заземлюючого пристрою повинне виконуватися за допомогою жорсткого провідника відповідного перетину з привареними наконечниками. Перетин заземлюючої жили не менше 2,5 мм².

12. Гарантійні рівні звуку тиску в робочій зоні установки не повинні перевищувати значень, вказаних в таблиці 7.1

Таблиця 7.1 - Гарантійні рівні звуку та тиску в робочій зоні

Загальні і еквівалентні рівні звуку, дБА					Рівні звукового тиску, дБ, в октавних смугах з середнегеометричеськими смугами									Відстань контура, м
L	L	L	L	L	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
95	97	105	106	100	92	101	96	100	99	100	96	92	92	

Допустимий рівень звуку і еквівалентний рівень звуку на робочому місці оператора (кабіні оператора) компресорної установки відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 не повинен перевищувати 65 дБА.

13. При експлуатації установки повинен бути забезпечений раціональний режим праці і відпочинку що працюють в шумонебезпечних зонах.

Захист обслуговуючого персоналу від шуму, інфра- і ультразвуку повинен проводитися по ГОСТ 12.2.016.5-91.

14. Експлуатація установки, укомплектованою системою управління, не вимагає постійної присутності обслуговуючого персоналу і наявності постійного робочого місця оператора, в безпосередній близькості у установки. Установка розміщується на буровому верстаті СБШ. Кабіна машиніста бурового верстата, що є також оператором компресорної установки, розміщується на відстані не менше 3 метрів від установки.

Час періодичного обслуговування працюючої установки поза кабіною оператора 15.. .30 хвилин за зміну.

Обслуговування працюючої установки повинно проводитися з використанням засобів індивідуального захисту органів слуху по ГОСТ 12.4.051-87. Зона обслуговування з рівнем звуку вище 80 дБА повинна позначатися знаками безпеки шумонебезпечних зон по ГОСТ 12.4.026-76.

15. Допустимі норми вібраційного навантаження на оператора від працюючої установки повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.039-99 і ГОСТ 12.1.012-90 для загальної категорії 3, тип «а» і не перевищувати значень, наведених в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 - Допустимі норми вібраційного навантаження на оператора від працюючої установки

Середньгеометричні частоти хвиль, Гц	Нормативні значення у напрямі X0, Y0							
	Віброприскорення				Віброшвидкості			
	$m \cdot c^2$		дБ				дБ	
	у 1/3 жовт.	у1/1 жовт.	у 1/3 жовт.	у1/1 жовт.	у1/3 жовт.	у1/1 жовт.	у 1/3 жовт.	у 1/1 жовт.
2,0	0,08	0,14	98	103	0,64	1,30	102	108
4,0	0,056	0,10	95	100	0,23	0,43	93	99
8,0	0,056	0,11	95	101	0,12	0,22	87	93
16	0,112	0,20	101	106	0,12	0,20	87	92
31,5	0,22	0,40	107	112	0,12	0,20	87	92
63,0	0,445	0,80	113	118	0,12	0,20	87	92

16. Рівні звукового тиску повітряного ультразвуку на робочому місці при експлуатації установки повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.037-99 і ГОСТ 12.1.001-89 і не перевищувати значень, приведених в таблиці 7.3.

Таблиця 7.3 - Рівні звукового тиску повітряного ультразвуку на робочому місці

Середньгеометричні частоти третьооктавних хвиль, кГц	Рівень звукового тиску, Дб
12,5	80
16	80
20	100
25	105
31,5-100,0	110

17. Установка повинна бути забезпечена запобіжним клапаном, який встановлюється на лінії нагнітання і повинен бути відрегульований на відповідний тиск відкриття.
18. Забороняється робота установки з тиском повітря, що викликає безпосередню роботу запобіжного клапана.
19. Масляні скупчення, що виходять на ґрунті (підлозі) в результаті недбалої заливки або при ремонті установки, повинні негайно засипатися піском або інертним пилом і видалятися.

20. Напря́м оберта́ння ва́лу ко́мпреса́ра по́винен бу́ти по́значе́ний на ко́рпусі стрі́лкою, забарв́леною в че́рвоний ко́лір.
21. Ре́монти і про́філакти́чні ро́боти по́винні про́водити́ся тільки́ пі́сля зу́пинки у́стано́вки і відќлюче́ння йо́го дже́рел е́нерго́пос́тача́ння.
22. За́со́би ава́рійно́го за́хисту по́винні зна́ходити́ся в спра́вному́ ста́ні, а їх пра́цездатні́сть по́винна пе́реві́рятися не рі́дше за о́дин ра́з на мі́сяць шля́хом іміта́ції ава́рійних значе́нь пара́метрів.
23. О́рганіза́ція опа́люва́ння, ве́нтиля́ції в при́міщенні́ бу́рового ве́рста́та, де зна́ходить́ся у́стано́вка, під ча́с її е́кспа́туа́ції за́безпече́ться за́мовни́ком.
24. При́міщен́ня бу́рового ве́рста́та, де зна́ходить́ся у́стано́вка, по́винне бу́ти о́бладна́не за́со́бами по́жежега́сіння.
25. По́винно бу́ти пе́редба́чене відве́дення ма́сляно по́вітряно́ї су́міші за ме́жі бу́рового ве́рста́та у ра́зі спра́цьова́вання за́побі́жного кла́пана у́стано́вки.
26. На ро́бочому́ мі́сці о́перато́ра по́винна бу́ти апте́чка пе́ршої ме́дично́ї до́помо́ги.
27. За́гальні ви́моги бе́зпеки до те́хні́чних про́цесів, ро́бочих мі́сць при е́кспа́туа́ції, ре́монті у́стано́вки по́винні відпо́відати ви́могам ГО́СТ 12.2.003-91, ГО́СТ 12.3.002-75, ГО́СТ 12.2.061-81, ГО́СТ 12.2.007-75 ГО́СТ 12.2.032-78, ГО́СТ 12.2.033-78, ГО́СТ 12.2.049-80 і «Са́нітарні пра́вила о́рганіза́ції те́хноло́гі́чних про́цесів і гігіє́ні́чним ви́могам до ви́робничо́го у́ста́ткува́ння №1043-73».
28. Шо́рсткі́сть по́верхні́, го́стрі ку́ти і кра́ї, які́ мо́жуть ви́кликати́ тра́вму або за́поді́яти по́шко́дже́ння, по́винні бу́ти при́тупле́ні і за́чище́ні.
29. Зо́внішні́ по́верхні́ у́стано́вки і тру́бопро́води, що́ ма́ють те́мпера́туру ви́ще 45 °С у зо́нах о́бслу́гова́ння і те́хноло́гі́чних про́ходів, вста́новле́ні на ви́соті ме́нш 2-х ме́трів, по́винні бу́ти за́хище́ні або ма́ти о́бмеже́ний до́пуск о́бслу́гова́ючо́го пе́рсона́лу. Те́мпера́тура ко́нструкці́й, що́ за́хища́ють, не по́винна пе́реви́щувати́ 45°С. За́безпече́ться спо́живаче́м.
30. За́гальні е́ргоно́мі́чні ви́моги до у́стано́вки при о́бслу́гова́нні, е́кспа́туа́ції і ре́монті по́винні відпо́відати ГО́СТ 12.2.049-80, ГО́СТ 21753-76 і ГО́СТ 12.2.033-78.
31. О́світле́ння при о́бслу́гова́нні о́бладна́ння згі́дно Сні́п 11-4-79 (у ре́дакці́ї 1991 р., до́повне́ння 3, п.30, п.32) по́винна відпо́відати та́блиці́ 7.4.

Таблиця 7.4 - Освітлення при обслуговуванні обладнання

№ п/п		Розряд робіт	Нормативи освітленості за Сніп 11-4-79			
			Комбінована		Загальна	
			Люм. лампи	Лампи розжарювання	Люм. лампи	Лампи накалювання
1	Машинні зали, компресорних станцій:					
	а) з постійним чергуванням персоналу;	б	-	-	150 лк.	75 лк.
	б) безпосередні робочі місця персоналу	б	-	-	100 лк.	50 лк.
1	а) Світлі шкали вимірювальних приладів великих і малих розмірів;	4г	300	300	3150	100
	б) Темні шкали вимірювальних приладів великих і малих розмірів;	4в	400	400	200	150
	в) Шкали малих розмірів зорових приладів	3в	750	600	300	200

7.3 Розрахунок заземлення електродвигуна ГПА

Заземленням якої-небудь частини установки або електроустаткування називається навмисне з'єднання цієї частини із заземлюючим пристроєм.

Приймаємо згідно ПУЕ-76 допустимий опір розтікання струму в заземлюючому пристрої $R_d = 4 \text{ Ом}$.

Питомий розрахунковий опір ґрунту для вертикальних заземлювачів знайдемо за формулою:

$$\rho_{\text{розрах}} = \rho_{\text{розрах}} \cdot K_{\text{св}} \quad (7.1)$$

де $R_{\text{табл}}$ - наближений питомий опір ґрунту. Питомий опір супіску $r_{\text{табл}} = 300 \text{ Ом*м}$.

$K_{\text{св}}$ - коефіцієнт сезонності, для вертикальних заземлювачів і 2-ої кліматичної зони, згідно

$K_{\text{пт}} = 1,6 - 1,7$. Приймаємо $K_{\text{пт}} = 1,7$

$$\rho_{\text{розрах}} = 300 \cdot 1,7 = 510 \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (7.2)$$

Питомий розрахунковий опір ґрунту для горизонтальних заземлителів знайдемо по формулі:

$$\rho_{\text{розрах}_2} = \rho_{\text{табл}} \cdot K_{\text{сг}} \quad (7.3)$$

де $K_{\text{сг}}$ - коефіцієнт сезонності для горизонтального заземлителя по заданій кліматичній зоні, $K_{\text{сг}} = 4,8$

$$\rho_{\text{розрах}_2} = 300 \cdot 4,8 \text{ Ом} \cdot \text{м} \quad (7.4)$$

Визначимо відстань від поверхні землі до середини вертикального заземлювача:

$$t = h_B + \frac{l_B}{2} \quad (7.5)$$

де h_B - глибина закладки заземлювача, $h_B = 0,8$ м; l_B - довжина заземлювача, $l_B = 3$ м.

$$t = 0,8 + \frac{3}{2} = 2,3 \text{ м} \quad (7.6)$$

Визначимо опір розтікання струму в одному вертикальному заземлювачі:

$$R_B = 0,366 \cdot \frac{\rho_{\text{розрах}}}{l_B} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot l_B}{d} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot t + l_B}{4 \cdot t - l_B} \right) \quad (7.7)$$

$$R_B = \frac{0,366 \cdot 510}{3} \cdot \left(\lg \frac{2 \cdot 3}{0,05} + \frac{1}{2} \cdot \lg \frac{4 \cdot 2,3 + 3}{4 \cdot 2,3 - 3} \right) = 139 \text{ Ом}$$

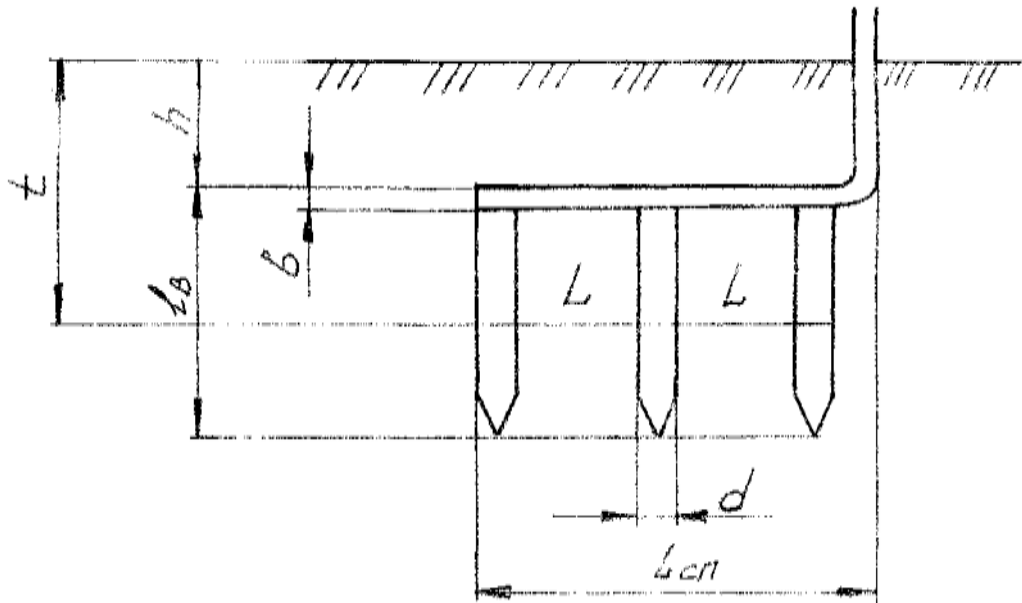


Рисунок 7.1 - Схема вертикального заземлювача

Коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів, при розташуванні їх по чотирикутному контуру і кількості заземлювачів 35 шт., при відношенні $L_B/l_B=1$ дорівнює $\eta_{ев} = 0,44$.

Визначаємо потрібну кількість вертикальних однакових заземлювачів з урахуванням коефіцієнта екранування:

$$n_{п.в.} = \frac{R_B}{R_{д.} \cdot \eta_{п.в.}} \quad (7.8)$$

$$n_{п.в.} = \frac{139}{4 \cdot 0,44} = 79 \text{ шт}$$

Визначимо розрахунковий опір розтікання струму у вертикальних заземлювачах при $\eta_{ев}$ без урахування впливу з'єднуючої смуги:

$$R_{розрах} = \frac{R_B}{n_{п.в.} \cdot \eta_{п.в.}} \quad (7.9)$$

$$R_{розрах} = \frac{139}{79 \cdot 0,44} = 4 \text{ Ом}$$

Визначимо відстань між вертикальними заземлювачами за відношенням $L_B/l_B=1$, звідки $L_B=1 \cdot l_B$. Отже $L_B=3 \text{ м}$.

Довжина з'єднуючої смуги горизонтального заземлювача розраховується за такою формулою:

$$L_{cn} = 1,05 \cdot L_B \cdot (n_{П.В.} - 1) \quad (7.10)$$

$$L_{cn} = 1,05 \cdot 3 \cdot (79 - 1) = 245 \text{ м}$$

Визначимо опір розтікання струму в горизонтальному заземлювачі:

$$R_{cn} = 0,366 \cdot \frac{\rho_{розрах}}{L_{cn}} \cdot \lg \frac{2 \cdot L_{cn}^2}{h_B \cdot b_n} \quad (7.11)$$

де b_n - ширина з'єднувальної смуги, $b_n = 0,005$ м.

Підставимо дані у формулу:

$$R_{cn} = 0,366 \cdot \frac{1440}{245} \cdot \lg \frac{2 \cdot 245^2}{0,7 \cdot 0,005} = 16 \text{ Ом}$$

Визначаємо коефіцієнт використання горизонтального заземлювача. При розташуванні вертикальних заземлювачів по чотирикутному контуру при відношенні $L_B/1B=1$ і необхідній кількості вертикальних заземлювачів $n_{ПВ}=79$ шт, приймаємо $\eta_{ПВ}=0,19$

Розрахунковий опір розтікання струму у горизонтальному заземлювачі (з'єднувальної смуги) при кількості електродів $n_{ГВ}=1$ визначаємо за формулою:

$$R_{розрах.г} = \frac{R_{cn.г}}{n_{г} \cdot \eta_{П.Г.}} \quad (7.12)$$

$$R_{розрах.г} = \frac{16}{1 \cdot 0,19} = 84 \text{ Ом}$$

Розрахунковий теоретичний опір розтікання струму в вертикальних і горизонтальних заземлювачах визначаємо за формулою:

$$R_{розрах.В.Г.} = \frac{1}{\frac{1}{R_{розрах.В}} + \frac{1}{R_{розрах.Г}}} \quad (7.13)$$

$$R_{\text{розрах.В.Г.}} = \frac{1}{\frac{1}{4} + \frac{1}{84}} = 3,8 \text{ Ом}$$

$$R_{\text{розрах.В.Г.}} = 3,8 < R_{\text{д}} < 4 \text{ Ом} \quad (7.14)$$

Приймаємо чотирикутний контур, що складається з 79-х стержнів діаметром 50 мм, завдовжки 3 м. Сполучна смуга шириною 5 мм і завдовжки 245 м.

ВИСНОВОК

В даній роботі зроблено аналіз технологічного процесу газоперекачуючого агрегату, як об'єкта автоматизації.

Зроблено висновки про доцільність, та впровадження системи автоматичного керування газоперекачуючим агрегатом з газотурбінним приводом ГПА – 25Н80.02.

Основна частина роботи включила в себе розробку таких ключових питань, як вибір програмно-технічних засобів для побудови системи автоматичного керування, а також було підбрано контролер, на базі якого і була спроектована система керування газоперекачуючим агрегатом.

Розрахунок економічної ефективності підтвердив доцільність впровадження системи регулювання технологічним процесом .

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Концептуальні технічні рішення та архітектура побудови АСК ТП - К.: ПАТ «Укртрансгаз» - 2014. - 67 с.
2. СОУ 49.5-30019801-115:2014 Правила технічної експлуатації магістральних газопроводів. - Київ. ДК Укртрансгаз. 2014. -265 с
3. Бондаренко, Г.А. Компресорні станції: підручник / Г.А. Бондаренко, Г.В. Кирик. - Суми : СумДУ, 2016. - 385 с..
4. Павлов, А.В. Нелинейные системы автоматического управления конспект лекций для студ. спец. 8.05020101 "Компьютеризированные системы управления и автоматика" дневной, заочной и дистанционной форм обучения / А.В. Павлов, А.Ю. Журавлев. - Сумы: СумГУ, 2016. - 79 с
5. Gas turbine mechanical components, material requirements, auxiliary systems, control systems and protection systems. Engineering Encyclopedia.—Engineering Encyclopedia. Saudi Aramco, 143 p.
6. Brun K., Nored M.G. Guideline for Field Testing of Gas Turbine and Centrifugal Compressor Performance. Gas Machinery Research Council (GMRC), Southwest Research Institute (SWRI). Release August 2006. — 93 p.
7. Macisaac B., Langton R. Gas Turbine Propulsion Systems. John Wiley & Sons, Ltd., 2011. - 340 p.
8. API STANDARD 617. Axial and Centrifugal Compressors and Expandercompressors. Eighth Edition, Washington: American Petroleum Institute, 2014. - 373 p.
9. Boyce M.P. Gas Turbine Engineering Handbook. 4th Edition. — Butterworth-Heinemann, Elsevier, 2012. XXXIV, 956 p
10. Ванін В. В. Оформлення конструкторської документації : навч. посіб./ В. В. Ванін, А. В. Блюк, Г. О. Гнітецька. – К. : Каравела, 2016. – 200 с.
11. Заміховський, Л. М. Сучасний стан оцінки надійності систем автоматики газоперекачувальних агрегатів / Л. М. Заміховський, С. В. Зікратий, Л. О. Штаєр // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. - 2017. - № 2. - С. 79-88.
12. Сташинський. О.П. Вирішення задачі оптимізації режимів роботи компресорних станцій в комп'ютеризованій системі підтримки диспетчера газотранспортного підприємства / О.П. Сташинський // Вісник Інженерної академії України. – 2014. – №1. – С. 132-136.
13. Автоматична ідентифікація та антипомпажне регулювання відцентрового нагнітача дотискувальної компресорної станції / Ю. Є. Бляут, С. Г. Гіренко, М. О. Петеш, Г. Н. Семенов // Нафтогазова енергетика. - 2011. - № 2. - С. 61-64.

14. Середюк М. Д. Вибір енергоефективних режимів експлуатації магістральних газопроводів за їх неповного завантаження / М. Д. Середюк, М. Є. Ганжа // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. - 2017. - № 1. - С. 67-72
15. Мацелюх Н. П. Економічні теорії в системі наукових економічних знань: Навчальний посібник / Н.П. Мацелюх. — Київ, 2015. — 226 с.
- 15 Дегтяренко, О.Г. Економіка підприємства: конспект лекцій для студ. інженерних спеціальностей денної та заочної форм навчання / О.Г. Дегтяренко. - Суми: СумДУ, 2017. - 90 с
16. Шудренко І. В. Основи охорони праці : навч. посіб. / І. В. Шудренко. – Житомир : Видавець, О. О. Євенок, 2016. – 214 с.
17. Калинкевич, Н. В. Турбомашини. Основы теории: учебник / Н. В. Калинкевич, И. А. Мельник. - Сумы: СумГУ, 2017. - 311 с.
18. Павлов, А.В. Дискретні системи автоматичного управління: конспект лекцій для студ. спец. 8.05020101 "Комп'ютеризовані системи управління та автоматика" денної, заочної та дистанційної форм навчання / А.В. Павлов, О.Ю. Журавльов. - Суми: СумДУ, 2017. - 77 с.
19. Панченко, В.О. Гідравлічні машини і обладнання нафтових та газових комплексів: навч. посіб. / В.О.Панченко, А.А. Панченко. - Суми: СумДУ, 2018. - 227 с.
20. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник [для студентів напряму "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" при виконанні курсового і дипломного проектування] / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2017. — 376 с.
21. Соколов С. В. Контроль і вимірювання в технологічних та енергетичних системах: конспект лекцій для студ. спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" освітнього ступеня "бакалавр" усіх форм навчання / С. В. Соколов, О. С. Соколов, С. Антоненко. — Суми : СумДУ, 2020. — 242 с.