

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

Комп'ютерно-інтегрованих технологій

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка та дослідження автоматизованої системи керування
компресорною станцією по гідроочищенню моторного палива

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи КТМ-61
спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-
інтегровані технології
(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Шилівський І.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Чихіра І.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Чихіра І.В.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Микитишин А.Г.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

Трембач Р.Б.

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії
(повна назва факультету)

Кафедра комп'ютерно-інтегрованих технологій
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Микитишин А.Г.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(шифр і назва спеціальності)

студенту Шилівський Іван Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка та дослідження автоматизованої системи керування компресорною станцією по гідроочищенню моторного палива

Керівник роботи Чихіра Ігор Вікторович к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 20 » 11 2023 року № 4/7-1087

2. Термін подання студентом завершеної роботи 29.12.2023

3. Вихідні дані до роботи технічна документація

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналітична частина 2. Технологічна частина 3. Конструкторська частина 4. Науково-дослідницька частина 5. Спеціальна частина 6. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. Основні висновки.

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

1. Типова схема коефігурації компресора. 2. Принципова схема відділу сигналізації та дозволу на запуск компресора ПК-1. 3. Графік зміни частоти обертання різних компресорів. 4. Функціональна схема керування мотора компреса. 5. Система керування. 6. Вид компресора із точками контролю за виміром вібрації. 7. Аналіз проходження перехідного процесу. 8. Діаграма взаємодії елементів системи. 9. Схема класів системи. 10. Потрібний робочий комплект системи DeltaV. 11. Симплексна мережа керування та додаткові контролери. 12. Загальний вид системи. 13. Схема пернетворювача частоти з проміжним контуром постійного струму.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці та безпека в надзв.ситуаціях | доц. Тотосько О.В. | | |
| | ст. викладач Клепчик В.М. | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

7. Дата видачі завдання 20.11.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів роботи | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|---|--------------------------------|----------|
| 1 | Аналітична частина | 21.11-26.11.2023 | |
| 2 | Технологічна частина | 27.11-05.12.2023 | |
| 3 | Конструкторська частина | 06.12-15.12.2023 | |
| 4 | Науково-дослідна частина | 16.12-18.12.2023 | |
| 5 | Спеціальна частина | 19.12-22.12.2023 | |
| 6 | Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях | 23.12-24.12.2023 | |
| 7 | Основні висновки | 24.12-25.12.2023 | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |

Студент

_____ (підпис)

Шилівський І.С.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Чихіра І.В.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Дипломна робота складається з пояснювальної записки та графічної частини (ілюстративний матеріал – слайди).

Об'єм графічної частини дипломної роботи становить 13 слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає 113 друкованих сторінок формату А4 (210×297), об'єм додатків – ___ друкованих сторінок формату А4.

Дипломна робота складається з шести розділів, в яких нараховується 39 рисунків та 7 таблиць з даними.

В роботі використано 12 літературних джерел.

Метою роботи є розробка та дослідження САУ компресорною станцією (КС) по гідроочищенню моторного палива.

В результаті проектної роботи проведено аналіз компресорних установок (КУ) як об'єктів автоматизації. Вибрано найбільш прийнятну концепцію розробки системи керування. Реалізована логічна модель і граф перевіряє правильність обраного алгоритму керування. Моделі систем керування розробляються на основі структурних інформаційних моделей поведінки об'єктів.

Вибрано необхідну реалізацію апаратної системи та розроблено принципи роботи середовища керування.

Ключові слова: компресорна установка, інформаційна система, моделювання, контролер, давач.

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| ВСТУП | 7 |
| 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА | 10 |
| 1.1. Принцип роботи КУ | 10 |
| 1.2 Характеристика технологічного циклу, в якому задіяна КУ..... | 13 |
| 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА | 19 |
| 2.1 Типи приводів при виборі компресора | 22 |
| 2.2 Система автоматики | 24 |
| 3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА | 27 |
| 3.1 Структура системи керування..... | 27 |
| 3.2 Стабільність роботи системи протиаварійного захисту забезпечується..... | 29 |
| 3.3 Формулювання основних завдань при створенні системи керування КУ | 31 |
| 3.4 Характеристики параметрів систем управління (СУ)..... | 36 |
| 4. НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА | 46 |
| 4.1. Розробка структурної схеми (СХ) елементів конструкції та технологічних компонентів системи руху поршневого компресора (ПК) | 46 |
| 4.2 Аналіз віброакустичних властивостей розробленої моделі | 50 |
| 4.3 Розробка алгоритму управління в середовищі математичного моделювання MATLAB..... | 52 |
| 4.4 Введення керуючих пристроїв на регуляторах..... | 60 |
| 5 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА | 62 |
| 5.1 Створення системи автоматичного управління(САУ) застосовуючи програмний засіб Rational Rose | 62 |
| 5.2 Створення процедури функціонування системи | 68 |
| 5.3 Генерація коду програми..... | 70 |
| 5.4 Реалізація СУ КУ на рівні апаратного та програмного забезпечення (ПЗ) | 72 |
| 5.5 Розгляд структурної організації та компонентів контролера | 76 |
| 5.6 Система введення-вивидення | 78 |
| 5.7 Вибір потрібних датчиків шини FOUNDATION | 83 |

| | |
|--|------------|
| 5.8 Вибір аналогових датчиків..... | 88 |
| 5.9 Функціональний блок MICROMASTER 430 | 92 |
| 5.10 Виконання програмної частини системи моніторингу та управління | 95 |
| 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ... | 98 |
| 6.1 Охорона праці на об'єкті керування..... | 98 |
| 6.2 Заходи, що забезпечують виробничу санітарію та гігієну праці..... | 105 |
| 6.3 Заходи, щодо усунення шумів та вібрацій..... | 106 |
| 6.4 Методи усунення шкідливого впливу електромагнітного поля..... | 108 |
| 6.5 Вплив КУ на довкілля | 110 |
| ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ..... | 111 |
| БІБЛІОГРАФІЯ..... | 112 |

ВСТУП

Компресорні машини є важливою складовою машинобудівельної продукції та знаходять широке застосування у різних галузях економіки, таких як хімічна, нафтова, газова, машинобудівна, транспортна, металургійна, геологічна, будівельна, агропромисловий комплекс, а також у нових перспективних галузях техніки та технології, таких як космонавтика, робототехніка, виробництво штучного палива та інші. Компресор виступає як основний елемент будь-якої холодильної та криогенної системи. Ефективність та надійність його роботи безпосередньо впливають на коефіцієнт корисної дії (ККД) та тривалість служби всього комплексу.

Сфера діяльності, що пов'язана з обслуговуванням КУ є актуальною на даний час. Тому зосередження діяльності у напрямку покращення та удосконалення виробництва, обслуговування, використання наукових розробок у даній галузі дозволяє підвищити якість та ефективність холодильного та компресорного обладнання (КО).

Основними напрямками розвитку даної галузі є:

1. Далі планується розробка та створення гнучких уніфікованих ліній компресорів загального призначення. На їхній основі передбачається створення спеціальних компресорів для індивідуальних та невеликих замовлень. Також буде вдосконалено САУ проходження процесу .
2. Впровадження заходів з економії матеріальних та енергетичних ресурсів передбачає підвищення швидкісних характеристик компресорів, удосконалення конструкції теплообмінної апаратури, впровадження передових технологічних процесів (ТП) та нових матеріалів, а саме як полімеркомпозити та кераміка.
3. Здійснення робіт з удосконалення компресорів передбачає організацію робочого процесу та створення якісних машин з використанням новітніх технологій. Це включає використання математичних моделей (ММ) та систем автоматичного проектування, розробку взаємопов'язаних ММ для

різних типів машин, що використовують дані про міцність, надійність та металомісткість конструкцій. Також важливим етапом є обчислення та задіювання на практиці норм розрахунку, спеціалізованих програм для проведення експериментальних досліджень і відповідних стандартів для методів випробувань компресорів та їх комплектуючих.

4. Дослідження та створення заходів спрямовані на зменшення рівня шуму та вібрацій КО, а також покращення надійності системи, безпеки та екологічної ефективності.
5. Створення стандартних та портативних автоматизованих вимірювальних комплексів (ВК) для тестування компресорів з використанням уніфікованих методик, при цьому одночасно оброблюючи експериментальні дані за допомогою електронних обчислювальних машин. Також включає в себе створення та впровадження стандартних схем та програм вимірювань, пов'язаних із відповідними датчиками, сигнальними перетворювачами, а також методи обчислення та аналізу випробувальних даних під час дослідження.
6. Подальше використання нового та створення надійних пристроїв для очищення та зменшення вологості газів перед входженням у різні типи компресорів, а також систем антиобморожування.
7. Розширення робіт з модернізації вже використововуваного КО, зберігаючи його основні, особливо великі елементи, та підвищення ключових техніко-економічних властивостей з урахуванням експлуатаційних вимог.
8. Продовження розробки систем охолодження для КС та вдосконалення теплообмінних елементів, спрямоване на вирішення завдань щодо зменшення використання води та оптимізації утилізації тепла, що виникає під час стиснення.

Більшість парку компресорного та холодильного обладнання зазнала морального та фізичного зношення, вимагає значної заміни або модернізації. Відтак, актуальним завданням наразі є виконання поточного обслуговування

та удосконалення КО, зокрема, великого устаткування, що знаходиться в експлуатації. У цьому контексті замовник зазвичай висуває вимоги до часткової зміни параметрів компресора чи установки в цілому, при одночасному підвищенні критеріїв стабільності роботи, економічної доцільності та екологічності.

Більшість промислових і громадських комплексів, таких як хімічні, нафтопереробні, газові, автомобільні та науково-дослідні, включають у себе КУ як невід'ємну частину. Основне завдання цих установок - постійно забезпечувати об'єкт газовою сумішшю з попередньо визначеними параметрами. Таким чином, відмова у роботі КУ може призвести до зупинки всього комплексу або його значної частини, що призводить до серйозних фінансових втрат. Зменшення витрат поточний відновлення роботи системи, продовження міжремонтного терміну, а також полегшення діагностики несправностей, у поєднанні з підвищенням надійності, робить застосування нової СУ вигідним при модернізації використовуваних станцій.

КУ потребує постійного моніторингу (ПМ) від технічного персоналу та потребує підтримки нормативних параметрів ключових компонентів. Однак нестабільність навантаження, яка впливає на КУ, може призвести до скорочення загального часу роботи та міжремонтних інтервалів. Впровадження нового покоління керуючих засобів та виконавчих механізмів (ВК) дозволило значно покращити показники надійності, ремонтпридатності та економічної ефективності КУ. Головним чином використовувалося обладнання із перевіреної сімейства, яке успішно пройшло випробування на аналогічних агрегатах. Це обладнання має розширені функціональні можливості, такі як розширена основна платформа інтегрованих частин системи, комплектуванням мережевих вузлів, покращенням та безперебійною роботою програмних компонентів, а також прийнятні показники точності вимірювань.

1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Принцип дії КУ.

КУ становить необхідну складову комплексу гідроочищення палива. Використовуване обладнання повинно відповідати екологічним, безпечним, і, головне, обґрунтованим вимогам для застосування в даній галузі. Засоби керування дозволяють моніторити КУ, не перевантажуючи весь комплекс, надаючи звіт про хід ТП. Будова системи є модульного типу, що дозволяє замінювати окремі частини устаткування без зупинки системи.

Опис комплексу.

Пристрій по гідроочищенню Л-24/6 служить для екстракції сірчистих елементів з прямоходових дизельних фракцій, які мають вміст сірки до 2,0% мас., газових фракцій з вмістом сірки до 1,0% мас., фракцій, містять бензин з вмістом сірки до 1,0%, а також інших фракцій каталітичного крекінгу. Установа дозволяє обробляти суміш первинних та вторинних дизельних шарів у співвідношенні 1:1 із об'ємом сірки до 1,5% мас. (Базова сировина).

Проходження процесу каталітичного гідрування.

Очищення від забруднення з нафтопродуктів робиться через часткову деструкцію переважно сіркоорганічних сполук та деяких кисневих і азотистих сполук при дії каталізатора гідроочищення в атмосфері водневмісного газу. Елементи, які підлягають розпаду накопичуються воднем і утворюють сірководень, воду, аміак, а також насичені чи ароматичні вуглеводні. У процесі гідроочищення також відбуваються реакції гідрокрекінгу, насичення олефінів, дегідрування вуглеводнів, циклізації парафінових вуглеводнів у нафтенів (зокрема на ділянці великих температур) і процес гідрування вуглеводнів, які є ароматичними при понижених температурах.

Чинники, що впливають на перебіг процесу.

Згідно з етапами проходження реакцій гідроочищення моторних палив, його швидкість має вплив від кількох факторів:

- Хімічного складу та фізичних властивостей сировини;
- Який вид каталізатора та чи в хорошому стані;
- Парціального тиску;
- Швидкості в об'ємі;
- будови реактора, такої як розподільний пристрій газо-сировинної суміші

Якщо швидкість проходження процесу є складною функцією всіх задіяних параметрів, тому і визначити у кількістному відношенні дію кожного параметра окремо дуже важко. Під час практичного аналізу параметрів ми визначимо основні, які матимуть найбільший вплив під час проектування нашої системи.

1. Температура:

Вірні межі робочих температур гарантує не лише необхідну якість, але й тривалість безрегенерацийного пробігу та общий час роботи каталізатора. Оптимальним для насичених каталізаторів вважається період діючих температур від 320 до 380 градусів Цельсія.

Збільшення рівня десульфурації пропорційне підняттю температури до певного порогу.

Кожен тип сировини має свою максимальну температуру, після якої спостерігається збільшення темпів реакції розпаду та насичення ненасичених вуглеводнів у порівнянні зі швидкістю реакцій гідрування сірчистих сполук. Це призводить до зменшення вибірковості дії каталізатора відносно сірки, затримки зростання ступеня десульфурації, збільшення виходу газу, легших продуктів та коксу. В результаті зростає споживання водню та кількість утвореного коксу на каталізаторі.

Не слід занадто знижувати температуру, оскільки це значно уповільнює швидкість реакцій знесірювання.

2. Тиск водню в окремому об'ємі:

При збільшенні тиску, якщо другого типу параметри процесу стали призводить до зміни ступеня перетворення. Це стається через збільшення парціального тиску водню та його елементів складових, а також наявністю рідкого елемента в системах, які задіяні при тисках і температурах більших чи менших, ніж умови початку конденсації.

Перше значення сприяє зростанню ступеня перетворення, тоді як другий уповільнює протікання реакції. Підвищення тиску в устаткуванні до межі, що є більшим ніж тиск на першому етапі конденсації, але при цьому температура стала, призводить до формування рідкої фази, яка дає зповільнення головної реакції у процесі. Високий тиск може також негативно впливати на сепарацію водневмісного газу та збільшити втрату його зі сухим газом. Різке зниження тиску може призвести до ушкодження каталізатора. Зменшення тиску, але при цьому температура не зменшилась може створити негатив у вигляді осаду у виді коксу. Під час збільшення общего напору в процесі, за других умов, збільшується парціальний тиск водню. Так як водень є також з ключових хімічних реагентів, збільшення його тиску сприяє прискоренню реакцій гідрування і зменшенню ймовірності осаду у виді коксу на каталізаторі, що продовжує його термін служби.

Дія парціального тиску водню на систему складається з окремих факторів, таких як загальний тиск та вміст водню в газі який є у циклі. Потреби до вмісту водню в газі, що циркулює залежить від якісного складу сировини: для прямогінних фракцій вимагається менша концентрація, у той час як для крекінгових фракцій потрібна більша концентрація водню. Якщо зменшити кількісний склад водню в циркуляційному газі трошки знизується безрегенераційний цикл дії каталізатора.

Напрямок "водень: та його сировина" визначається у виробничій практиці через напрям "водень: сировина" або множник обігу, яке виражає співвідношення вміст водню за звичайних умов до вмісту сировини. З

економічної точки зору цей показник слід підтримувати шляхом циркуляції водневмісного газу. В цьому контексті вміст водню у газі, що циркулює має значний вплив. Підвищення співвідношення "циркулюючий газ: сировина" призводить до зростання енергетичних витрат. На певному етапі помітно зростає швидкість процеси, що відбуваються при зростанні кількості циркуляцій, але цей ефект має свою межу.

Зміст ТП включає наступні елементи:

- а) елемент стабілізації та реакторні для першого потоку;
- б) елемент стабілізації та реакторні для другого потоку;
- в) елемент, що сприяють зменшенню шкідливих домішок циркулюючого газу (ЦГ), стабілізації та відновлення.

1.2 Характеристика циклу ТП, в якому задіяний КО.

Реакторний блок представлений одним потоком. Перша сировина, яка є дизельним паливом, надходить з сировинного парку через трубопровід до насосів поступлення Н-1, 2. Після поступлення з нагнітачів сировина змішується з циркулюючим водородовмісним газом (ВСГ) на щиті змішування. Регуляція постійного надходження сировини в розгалужувачі змішування автоматично регулятор об'єму поступлення сировини контролює потік на напрямку подачі до змішувального щита. Вміст ЦГ визначається викидом апарату для СГ ПК-1 (2) на щит змішування та контролюється за показниками облікового приладу. Повідомлення для блокування щодо зповільнення виходу циркуляційного водневмісного газу надходить від ОПС.

Температура газу в системі циркуляції водневмісного газу контролюється в системі автоматичного управління (САУ) через термоперетворювачі, розташовані на лініях всмоктування апарату для СГ ПК-1, 2 та на лініях нагнітання апарату для СГ ПК-1, 2. Значення тиску на етапі всмоктування апарату для СГ ПК-1, 2, 3 також контролюється в САУ за допомогою манометрів. Газова складова суміш після змішування потрапляє у

теплообмінники Т-1, 2, 3, 4, де піддається нагріванню до температури 290°C завдяки теплу газопродуктової суміші. Потім ця суміш подається в піч П-1, де вона додатково нагрівається до значення реакції, що становить 350-425°C. Дані про сировину після печі П-1 автоматичним способом, через температурний режим на траєкторії поступлення паливного газу до форсунок регулюється за допомогою клапанів-регуляторів. Після печі суміш на основі газу, речовина у газоподібному або рідкому стані, у фазі пройде через два реактори Р-1, Р-2, де температура в реакційних зонах контролюється за даними, що надходять з облікових приладів позначених як ТІ 1012, ТІ 1013, ТІ 1014, ТІ 1015. Ці пристрої отримують сигнали від 2-х багатозонних термопар, розташованих в реакторах Р-1 і Р-2.

Газова суміш, що виходить з кінцевого реактора при температурі 350 - 425 °С, подається в зону розміщення труби теплообмінників Т-4, 3, 2, 1. Після підігрівачів Т - 4, 3, 2, 1, де суміш газу має температуру 1600 °С, вона направляється в абсорбційно-віддільні групи (секції 2, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 14), де охолоджується до 50 °С та потрапляє в сепаратор збільшеного тиску С-1.

У апараті розділення на фракції С-1, за тиску до 42 кгс/см², гідрогенізація і водневмісний газ розділяються. Водневмісний газ, що містить сірководень, постачається для фільтрації від домішок в абсорбер К-4.

Після видалення сірководню з ЦГ, що містить водень, повертається на щит віддування і в сепаратор С-7. Звідти його забирають компресори ПК-1 (2), і також потрапляють на щит змішування. Надлишок водородовмісного газу відводиться з щита віддування в паливну магістраль виробництва або на пальники ДФ.

Щоб зміна тиску був нижчий між приймальним та викидними компресорами ПК-1 (2), елементи циркулюючого водневмісного випуску газу з компресора проходить через охолоджувач Х-3 з кожухотрубною конструкцією. Для забезпечення «свіжого» водневмісного газу в потік циркуляційного газу, що йде з К-4 до С-7 або з лінії виходу газопродуктової

суміші з АВГ (відділи 2, 3, 4, 5, 11, 12, 13, 14) до С-1, вводиться «свіжий» водневовмісний газ з пристроя 35/6.

Стійкість тиску в зоні знаходження реакторного відділу автоматично забезпечується контролером тиску, запірною арматурою, якою міститься на етапі фільтрування ЦГ К-4 на щит віддування.

Загальний огляд КУ, її структура, призначення окремих компонентів та основні принципи створення автоматизованої системи.

До компонентів постійного КУ входять такі елементи, як поршневий крейцкопфний компресор, мотор електричний, а також системи охолодження для оливи, та автоматичного керування та захисту обладнання.

Компресор має поршневу конструкцію з прямим або кутовим напрямленням руху циліндрів. Дизайн компресорів розроблений таким чином щоб врахувати параметричні ряди (ПР) діаметрів циліндрів, що були виготовлені на заводі-виробника. Основою для цих ПР служать опозитна база 4М та углові бази 5П та 2П. Також існують відповідні створені системи, наприклад, для відповідного виробництва, такі як 5ГЦ та 5РЦ. Важливими складовими компресора є база, робочі елементи циліндра, система зниження температури та мотор.

База компресора містить стандартизовані компоненти кривошипно-шатунного механізму (КШМ) (включаючи колінчастий вал, з'єднувальний вал та крейцкопф), раму, блок мастила для системи переміщення та багатоплунжерний насос (БН). БН призначений для змащення циліндрів та ущільнювальних пристроїв штоків. Варто відзначити, що у компресорах без мастила відсутня БН.

Рама компресора виготовлена з литого чавуну, має коробчасту форму та внутрішні стійки для підсилення стійкості. У верхньому елементу рами розміщені закриваємі кришки, які дають можливість отримати доступ до рухомих частин. Нижній елемент рами задіяний як резервуар для оливи, а на вверху встановлено покажчик рівня оливи. Щоб закріпити циліндри

компресора до рами використано спеціальні припливи. В отворах елементів рами стоять чавунні гільзи для крейцкопфів, які служать направляючими. При зношуванні гільзи підлягають поверненню або замінені робочими.

Штампований сталевий **вал кривошипа** оснащений колінами для розміщення шатунів та опирається на роликові підшипники. У випадку углових баз вал кривошипа має один КШМ, і для забезпечення врівноваженості встановлені противаги на валу. На першому з кінців колінчастого валу розташована рухома частина електродвигуна (з'єднання за допомогою шпонки), а спереди валу забезпечено квадратний отвір у фланці для проведення руху валу компресора, якщо потрібно запустити використовуючи звичайну ручку. На протилежному кінці валу прикріплена шестерня, що робить передачу обертового моменту стержня масляного насоса (МН) відділу мастила.

Крейцкопфи, виготовлені з чавуну або алюмінію, литі або пресовані, формуються разом з повзунами. Кожен підшипник кривошипний приєднаний до штока за допомогою запірної гайки та контргайки, які фіксуються затяжними болтами. З'єднання між підшипником кривошипним та з'єднувальним валом здійснюється за допомогою стержня.

Пальці для крейцкопфів виготовлені зі сталі та запресовані в крейцкопф, де їх фіксують пружинні кільця. Шатуни, зроблені зі сталі шляхом штампування та маючи двотавровий переріз, обладнані кривошипною головкою (КГ) з окремою кришкою та нероз'ємною крейцкопфною головкою. У КГ використовуються різні вставки з антифрикційним покриттям із алюмінію.

Крейцкопфні головки мають в собі бронзові втулки, а мастило для пальців крейцкопфа подається через отвір у шатуні. Верхня частина КГ шатуна з'єднується зі стрижнем шатуна за допомогою двох болтів і гайок. Шатунні болти зроблені на основі легованої сталі, і на верхній частині

кожного болта вказана початкова відстань для визначення залишкового подовження болта протягом експлуатації.

Циліндри, залежно від конфігурації КУ, можуть мати різну структуру, бути одно-, дво- або тріступінчастими, подвійної або прямої дії.

Одноступінчасті компресори включають циліндри подвійної дії (ЦПД) з однаковим діаметром. У двоступінчастих компресорах застосовуються ЦПД різного діаметра. У компресорах з 3-а ступенями перший ЦПД, а циліндри 2-го і 3-го ступенів з'єднані в один блок з уточненим поршнем і вирівнюючою пустотою між ступенями. У чотиріступінчастих використовуються ЦПД з суміщеним поршнем і відлагоджуючою пустотою. У п'ятиступінчастих компресорах, які розташовані в одному ряду, існує циліндр із двома ступенями стиснення, а в іншому - із трьома ступенями стиснення. Важливо зазначити, що поршень першого ступеня має подвійну дію. У шестіступінчастих компресорах міститься ЦПД, кожен з трьома ступенями стиснення, причому циліндри першого і другого щаблів виготовлені з чавуну та мають охолоджуючі сорочки. Циліндри наступних щаблів в багатоступінчастих компресорах зроблені з різним вмістом залежно від використовуваного газу та кінцевого натиску. Більшість з них обладнані змінними робочими гільзами із зносостійкого чавуну, які ущільнюються резиновими кільцями по об'єму та паронітовими прокладками по торцю. Клапани, які використовуються для всмоктування та нагнітання, є автоматичними, пластинчастими, кільцевими, прямоточними та стрічковими. Вони закріплюються в гніздах натискною склянкою і завинчуються завзятими болтами або натискними шпильками з ковпачковими гайками. У високотискових щаблях застосовуються різнотипні клапани, які мають в собі клапани для всмоктування та нагнітання.

Прокладки для циліндрів, клапанних кришок та різних з'єднань забезпечується за допомогою паронітових прокладок, а в високотискових щаблях використовуються прокладки із м'якої (відпаленої) міді.

У компресорах, що не містять системи змащення циліндрів використовуються кільця з полімеркомпозитних матеріалів, які забезпечують самозмазування. Циліндричні втулки виготовлені з вуглецевої сталі і мають відповідні збільшення щільності. Типову схему конфігурації ПК можна побачити на рис. 1.1.

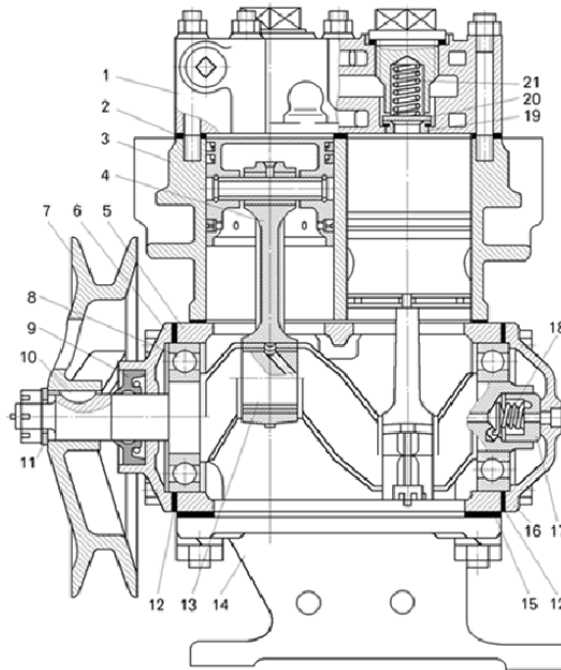


Рис.1.1 - Типова схема конфігурації ПК:

1 – корпус блоку циліндрів; 2 – ущільнювальна прокладка корпусу блоку; 3 – корпус циліндрів; 4 – шатун; 5 – картер; 6 – фронтальна кришка; 7 – шкив; 8 – кульковий підшипник; 9 - пристосування для ущільнення; 10 – заціпка; 11 - прокладка; 12, 15 - ізоляційні матеріали; 13 - колінвал; 14 - нижня частина картера; 16 – задній покрив; 17 - пристосування для ущільнення; 18 - пружина для забезпечення герметизації; 19 - посадкове місце; 20 - клапан для подачі робочого середовища; 21 – пружина вентиля.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Типи приводів при виборі для компресора.

Пуск здійснюється за допомогою електродвигуна, рухома частина якого монтується на вісі компресора, а рухома частина закріплюється на рамі компресора. Відповідно до основного устаткування компресора та холодоагента, що стискається (повітря або інший вид газової суміші), використовуються різновиди електродвигунів:

1. Для повітряних компресорів з урахуванням 4М:

- Двошвидкісний асинхронний електромотор А2К 85/24-8/16 160/75 кВт, 750/375 об/хв (синхр.), 380 В, 50 Гц. Запуск двигуна відбувається при повній відповідній напрузі при компресорі без навантаження. Перехід з режиму спокою на частоту обертання (ЧО) 6 с-1 (360 об/хв) здійснюється послідовним переключенням нерухомої частини обмотки.

Двигун може зазнати два послідовних запуски з ЧО 6,17 с-1 (370 об/хв) в початковому стані або один запуск у гарячому стані. Тривалість включень на годину не перевищує п'яти, а інтервал між ними складає не менше 12 хв. Тривала кількість запусків протягом одного року обмежена 10000. Тривалість змін ЧО не перевищує 20 на годину, а інтервал між ними складає не менше 3 хв.

2. Для повітряних компресорів на базі 5П:

- Синхронний безщітковий електромотор БСДКМ 15-21-12200 кВт, 500 об/хв, 380 В, 50 Гц;
- Асинхронний електропривід АСК 560-12200 кВт, 500 об/хв, 380 В, 50 Гц;

3. Для повітряних компресорів з урахуванням 2П:

- Асинхронний мотори АВ2-101-8 75 кВт, 735 об/хв, 380 В, 50 Гц;

Газовий апарат для СГ типу 4М, 5П, 2П, 5ГЦ використовують мотори у вибухозахищеному варіанті "2ExpIIIS" (H4TS-II) з схожими властивостями.

Всі мотори мають в наявності пускову апаратуру.

Схематичне зображення компресорів відображають головні характеристики та властивості машини:

У компресорах на такій базі, як 4М:

- Значення "2" перед відповідними символами "ВМ", "ГМ" і "НП" означає дворядний компресор.
- Позначення «ВМ», «ГМ» та «НП» символізують призначення апарату для СГ.
- Значення "4" після літер "ВМ", "ГМ" і "НП" означає потрібне навантаження на стержень в "тс".
- Після значення «4» описано роботоздатність в м³/хв. та останній тиск зменшення об'єму в кгс/см'.
- Позначення «3» вказує на те, що компресор робить без мастила циліндрів, і вологість газу, що піддається стисканню, має значення не менше 30%.
- М1, М2 символізує номер або його етап удосконалення.
- Позначення «С» перед «ГМ» і «НП» означає вологість газу $\leq 30\%$.

Зразок: 2СНМ4-24/9СМ2 УХЛ4 - це компресор двома рядами, що діє для зменшення об'єму нейтрального газу з відповідною вологістю $\leq 30\%$, опозитний, із силою тиску на циліндричній втулці поршня 4 тс, виробнича дія 24 м³/хв, досьтовірним останнім тиском 9 кгс/см', без мастила циліндрів та ущільнювальних пристроїв, модернізований. Природне даної КС - УХЛ4 за ГОСТ 15150-69. Використання компресорів на відповідних базах 5П і 2П: Літери "ВП" або "ГП" зображає етап компресора для зменшення об'єму повітря ("В") або газу ("Г") та зроблення за схемою ("П"). Позначення "2" і "5" перед даними "ВП" помічають номінальну навантаження на циліндричну

втулку в "ТС". Після літер "ВП" або "ГП" дріб вказує роботоздатність в м'/хв (чисельник) та лишній закінчуючий тиск стиснення в кгс/см² (знаменник).
Посилає на порядкове число модифікації на початку перша цифра.

Змащення компресорів реалізується двома самостійними системами:

Система змащення низького напруження:

- Олива надходить до нижньої частини корпусу компресора.
- Через грубий очисний фільтр з сіткою, розміщений на початковому етапі, маслосмоктувальної труби, олива поступає у відділ мастила за допомогою шестерневого насоса.
- Потім вона прокачується через тискову трубу внутрішнього каналу колінвалу.
- У колінчастому валу є підведення масла на працюючу частину корпусу КГ та до шатунів.
- Ущільнювальні пристрої встановлюються для запобігання витoku оливи з корпусу компресора на елементах кругового оберту колінчастого валу.
- Олива заливається у чатину корпусу через кришку з отвором, рівень якої контролюється стрижневим маслосказівником. Для зливу оливи з корпусу задіяний зливальний кран.

Система мастила високого напруження:

- Привід БН працює від провідного валика шестерневого насоса відділу мастила механізму транспортування.
- Масло, яке поступило через БН, направляється до отворів у циліндрах, рівномірно розподіляючись по площині тертя для забезпечення мастила.
- Подачу оливи до циліндрів можна контролювати через смотровий отвір насоса.

- У компресорах без мастила циліндрів (МЦ) система мастила великого напруження для циліндрів і ущільнювальних пристроїв не застосовується, і лубрикатори на даних типах нагнітачів відсутні.
- ПК оснащені опорними і розрізними (з двох половин) кільцями з матеріалів, що самозмазуються елементами фторопласту з будь-якими наповнювачами.
- У компресорах, що призначені для ущільнення повітря, поршневі кільця виготовляються з фторопласту 4К20. Коли напруження повітря достатнє, то допускається створення кілець з інших матеріалів, таких як АФГ-80С, АФГМ або ГФЕ-5м, залежно від конкретного застосування компресора.
- Щоб запобігти попаданню оливи з рами в пустоту напруження, в багатьох циліндрах компресора без МЦ встановлені ліхтар, маслослизиваючий ущільнювальний пристрій, масловідбійник і маслозабірні кільця.

Охолодження компресорів виконується за допомогою водяної системи. Компресори комплектуються відкритою системою охолодження, яка включає в себе витік води з компресора та газоохолоджувачів із перепадом поступлення потоку через зливні лійки. У випадку використання компресорів із недоступною системою охолодження, потрібно забезпечити виконання "Правил устаткування та безпечного використання постійних КС".

Якість води, використовуваної для охолодження, повинна відповідати стандартам, визначеним у вищезгаданих правилах.

2.2 Система автоматики.

Забезпечує керування, захист від перевантаження та моніторинг роботи апарату для стиснення газус (СГ). Вона включає різні підсистеми та, що відповідають призначенню КС (для стиснення повітряної суміші), автоматично припиняє роботу КУ і зупиняє головний електродвигун.

У КО для СГ елементи автоматики виконує аварійне відключення при наступних ситуаціях: а) зменшення напору води в циклі охолодження компресора; б) в замиканнях і поломках у системі електродвигуна та керування; с) зменшення напору оливи в циркуляційній системі мастила рухомих частин; д) змінення від норми напору газу від дозволених параметрах всмоктування; е) збільшення напору газу вище можливого після будь-якого стиснення; ф) при відміні дії провітрювання повітрям частин електроприводу; г) збільшення напору газу вище від потрібного в оболонці компресора. Аварійне вимикання мотору компресорів відбувається введенням світлових та звукових сигналів.

В системі керування КУ для СГ може використовуватися далека пневматична трансмісія показників моніторингових параметрів на пристрої релейної шафи. Межа поступлення вихідних даних на пневмотрасі не перевищує 200 метрів. Пристрої автоматики для компресорів можуть відрізнятися за своїми функціональними можливостями та основою елементів (релейною, мікроелектронною, мікропроцесорною). Вони виготовляються в звичайному виконанні для використання в приміщенні відповідно до вимог ГОСТ 15150-69.

Характеристики режиму функціонування КС.

Таблиця 1.1

| Найменування показника режиму | Одиниці виміру | Допустимі границі технологічних параметрів (ТПр) | Потрбний клас точності вимірювальний пристроїв (ВП) ГОСТ 8.401-80 | Примітка |
|---|---------------------|--|---|----------|
| Напір оливи на ПК-1 | кгс/см ² | 1,2 – 3,0 | 1,0 | Регістр. |
| Напір води на охолодження оливи | кгс/см ² | 1,0 – 3,0 | 1,0 | Регістр. |
| Температура газу на початку системи ПК -1 | °C | 110 | 0,5 | Регістр. |

| | | | | |
|---|----------------------|---------------|-----|----------|
| Температура підшипниках, не більше ПК-1 | °C | 65 | 1,0 | Регістр. |
| Тиск повітря на обдув мотора компресора | Мм.вод.ст. | 20 - 40 | 1,0 | Регістр. |
| Зміна значення тиску між початком і кінцем, не більше | | 1,8 | 1,0 | Регістр. |
| Расхід циркуляційого газу | Нм ³ /час | 20000 - 40000 | 1,0 | Регістр. |
| Значення газу на нагнітанні ПК-1 | °C | 110 | 0,5 | Регістр. |

Таблиця 1.2

Властивості ТО

| Назва обладнання (тип, назва апарату, призначення) | Номер позначення прибору по схемі, індекс | К-сть, шт. | Матеріал | Технічна характеристика |
|--|---|------------|----------|---|
| Ресивер азоту великого напору в прийомі компресорів. Прямостоячий, циліндричний апарат, без заповнення, зі сферичним дном | Б-2 | 1 | Ст. 20 | Обчислювальний тиск - 64 кгс/см ² Обчислювальна температура - 40°C Подвійний радіус – 1000 мм Величина - 4000 мм Об'єм - 4 м ³ |
| Сепаратор прийому ПК. Паралельний підл., циліндричний, беззаповнення апарат зі сферичними дном | С-7 С-5 | 2 | Ст.20 | Обчислювальний тиск - 50 кгс/см ² Подвійний радіус –2000 мм Величина – 7400 мм Об'єм -20м ³ |
| Апарат для СГ у циркуляції ВСГ | ПК-1 | 3 | Сборный | Марка 5Г-600-42/60 Розхід - 36000м ³ /час Тиск на прийомі -42кгс/см ² Тиск на виході -60кгс/см ² Потужність ЕД –840 кВт Число обертів -167 об/хв |

| Назва обладнання (тип, назва апарату, призначення) | Номер позначення прибору по схемі, індекс | К-сть, шт. | Матеріал | Технічна характеристика |
|---|---|---------------|----------|--|
| Охолоджувач циркуляційного газу. Паралельний підл., циліндр. апарат, одноходовий по трубному та міжтрубному простору. | X-3 X-4 | 2 | Ст.3 | Обчислювальний тиск в корпусі - 60кгс/см ² , в трубках - 3 кгс/см ² Температура в корпусі - 60оС, в трубках - 40оС Подвійний радіус корпусу - 425 мм Величина - 6877 мм |

Таблиця 1.3

Перелік блокувань і сигналізації

| Назва параметру | Назва обладнання | Величина встановленого параметру | | Блокування | | Сигналізація | | Послідовність дій по відключенню, переключенню і іншій взаємодії |
|--|---------------------|--|-----------|-------------|-----------|--------------|-----------|---|
| | | | | | | | | |
| Температура газу акумулятора ПК-1 | ПК-1 | | 110 °С | | 120 °С | | 110 °С | Сирена або світло у сигналізації. Зупинка ЕД компресора ПК-1 |
| Температура підшибників ПК-1 | Підшибн ики ПК-1 | | 60 °С | | 65 °С | | 60 °С | Сирена і світло у сигналізації. Зупинка ЕД компресора ПК-1 |
| Тиск оливи до ПК-1 | ПК-1 | 0,15 МПа | | 0,12 МПа | | 0,15 МПа | | Сирена або світло у сигналізації. Неможливість пуску Зупинка ЕД компресора ПК-1 |
| Напір охолоджуючої води до ПК-1 | ПК-1 | 0,12 МПа | | 0,1 МПа | | 0,12 МПа | | Сирена або світло у сигналізації. Неможливість пуску Зупинка ЕД компресора ПК-1 |

| Назва параметру | Назва обладнання | Величина встановленого параметру | | Блокування | | Сигналізація | | Послідовність дій по відключенню, переключенню і іншій взаємодії |
|-------------------------------|------------------|----------------------------------|------------|------------|------------|--------------|------------|---|
| | | | | | | | | |
| Тиск повітря під кожухом ПК-1 | ПК-1 | 0,25 МПа | | 0,2 КПа | | 0,25 КПа | | Сирена або світло у сигналізації. Зупинка пуску Неможливість ЕД компресора ПК-1 |
| Перепад тиску на ПК-1 | ПК-1 | | 1,8 МПа | | 2,0 МПа | | 1,8 МПа | Сирена або світло у сигналізації. Неможливість ЕД компресора ПК-1 |
| Тиск ВСГ на вході ПК-1 | ПК-1 | 1,5 МПа | | 0,5 МПа | | 1,5 МПа | | Сирена або світло у сигналізації. Зупинка пуску Неможливість ЕД компресора ПК-1 |

Контрольно-вимірювальні прилади в КУ мають засоби візуального моніторингу робочого стану. Дисплеї розташовані на контрольних точках і показують дані вимірюваних параметрів, зокрема датчики тиску відображають важливі параметри, які контролюються операторами. Терморезистивні датчики, якщо це необхідно за бажанням клієнта, можуть бути обладнані дисплеями та функціональним полем. Елемент реагування на вібрацію та система моніторингу стану валу компресора, хоча не мають власних засобів відображення параметрів, обладнані світловими елементами для спостереження важливих параметрів.

3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

Створення системи керування КУ.

Розподілена САУ ТП КУ - це складний набір технічних засобів (ТЗ), який проводить моніторинг та управління ТП. Основним ТЗ у цій системі є багатоконтурний контролер серії M5+ від DeltaV. Операторська станція верхнього рівня, що базується на персональному комп'ютері з ПЗ DeltaV, виконує ключові функції, такі як в реальному часі моніторинг стану проходження процесу, управління процесом, реєстрація та зберігання накопичених даних про ТПр. Крім цього до важливих елементів операторської станції входить організація повідомлень, фіксація команд оператора та оповіщаюча сигналізація в записах стану, можливість показу у фіглярді графіку часового параметру процесу, створення технологічних звітів та інші сервісні функції.

3.1 Структура системи керування.

АСУ ТП служить для виконання таких завдань:

1. Організація нагляду та управління ТП у реальному часі, пов'язаного із стисненням та переміщенням повітря, а також дотримання відповідного робочого рівня виконання.
2. Забезпечення відповідного безпекового стану ТП, включаючи постійний аналіз моніторингу даних з метою визначення критичних показників та попередження можливих аварій.
3. Виконання операцій безаварійного пуску або останову, також інших потрібних перемикачів.
4. Застосування засобів управління та запрограмованих автоматизованих захистів для припинення розвитку аварійних ситуацій (АС).
5. Здійснення контролю в реальному часі за станом та режимами роботи техн. обладнання та пристроїв, надання попереджувальних та

аварійних сигналів при відхиленні від нормативів, система передбачає віддалене управління ВК, застосування протиаварійного захисту, виконання розрахунків техніко-економічних показників, здійснення архівування інформації. АСУ ТП апарату для СГ організована як ієрархічна система ПМ та управління, знаходячись в центральній операторній. Структура включає два рівні: перший це оперативно-виробничої служби та другий рівень САУ технологічними об'єктами (ТО).

Рівень оперативно-виробничих служб виконує наступні завдання:

1. Розробка інтерфейсу між людиною та машинами.
 2. Реєстрація та візуалізація стану ТО.
 3. Управління в реальному часі.
 4. Визначення відхилень параметрів ТП від встановлених попереджувальних та передаварійних значень сигналізує.
 5. Керування ВК на значній відстані.
 6. Реєстрація в базі даних та архівування подій та змін показників параметрів на виробництві.
 7. Створення форми друк потрібних виробничих зведень.
8. На цьому рівні оперативно-технологічний персонал, використовуючи апаратно-програмні засоби АСУ ТП, виконує ПМ стану процесу.

САУ виконує наступні завдання:

1. Постійний моніторинг стану роботи, забезпечення належних режимів роботи та передбачення в АС його захисту, а також обмін інформацією із вищим рівнем.
2. Впровадження функцій, таких як вимір стану техпроцесу, управління роботою ТО в автоматичному режимі, маніпулювання ВК, а також моніторинг безпеки та захист використаного обладнання при АС.

3. Включення функціонально відокремленої системи автоматичного протиаварійного захисту (ПАЗ) в САУ ТП. Ця система призначена для виявлення АС та автоматичного переведення ТО в безпечний режим. Формування та видача сигналів для оперативно-технічного персоналу супроводжує виконання алгоритмів ПАЗ.

Система протиаварійного автоматичного захисту (ПАЗ), яка функціонально виділена, залишається в режимі очікування на всіх етапах запуску, роботи та зупинки компресора. Це означає, що перехід роботи обладнання в безпечний режим відбувається автономно, коли система не впливає, за умови перевищення критичного порогу. Головні параметри цього порогу подані в таблиці 3.1. У зв'язку з складністю та постійною зміною стану ТП, великий акцент робиться на надійності даної системи.

3.2 Стабільність роботи системи протиаварійного захисту забезпечується.

- Обладнання, що себе повторює;
- Непостійною та оперативною надмірністю;
- Можливість системи себе протестувати;

Для забезпечення неперервної роботи механізмів АСУ ТП використовується живлення обладнання без збою, через безперешкодне джерело живлення (ДЖ). ДБЖ гарантує функціонування системи до переключення живлення або протягом потрібного часу, що перемістити ТП в безпечний режим.

Потреба у використанні іскробезпечних елементів захисту є обов'язковим для теперішніх систем керування, які використовуються на об'єктах з вибухонебезпечними середовищами та базуються на електронних засобах контролю та вимірювань. Це необхідна заходи безпеки, оскільки при перериванні ланцюгів вимірювання сигналів 4-20 мА рівень напруги в ланцюгу датчика може дорівнювати напрузі ДЖ, що може викликати пожежу.

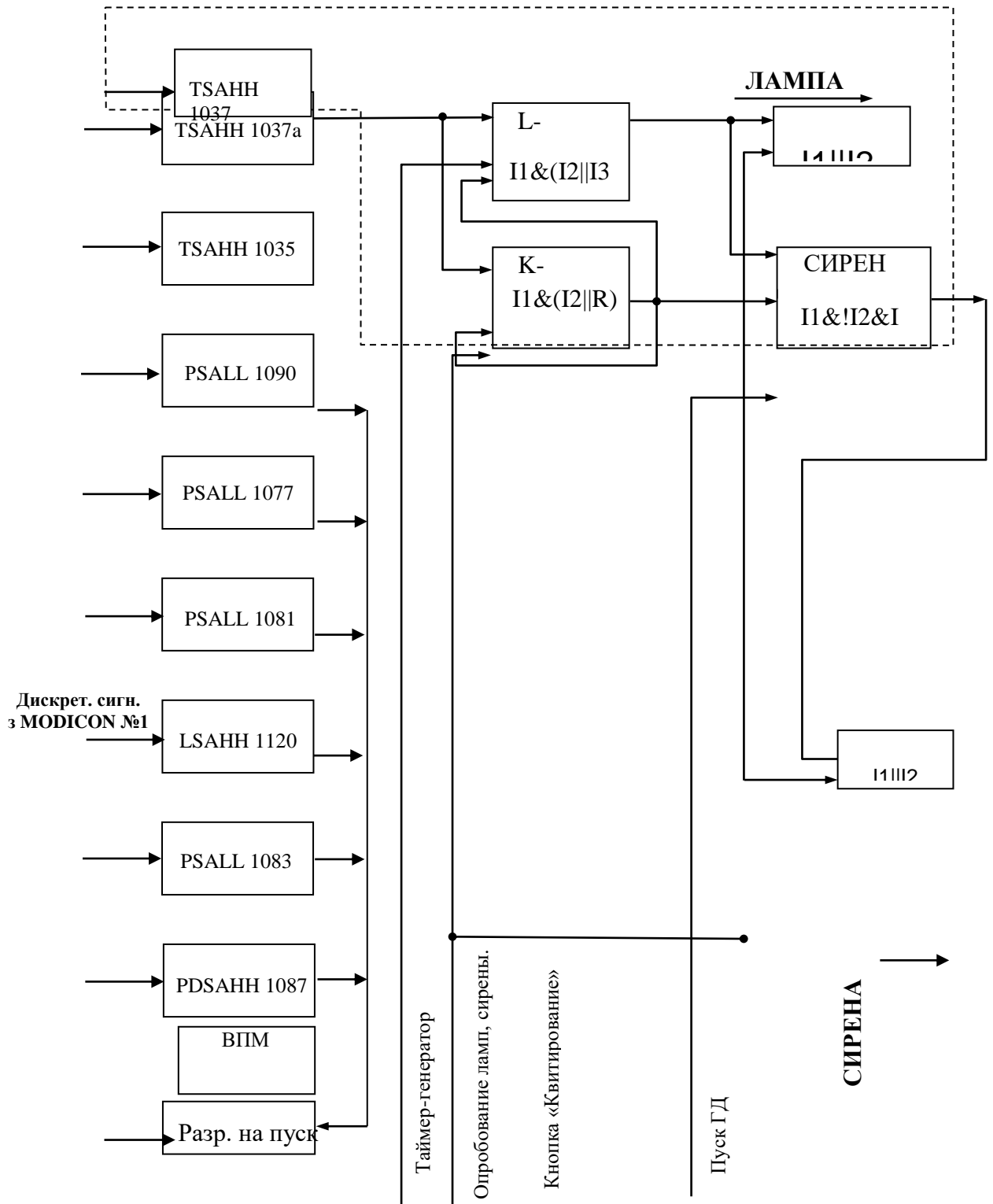


Рис. 3.1 – Принципова схема відділу сигналізації та дозволу на запуск компресора ПК-1

Тому для запобігання появи іскри поріг спрацьовування, рівний **24 В**. При перевищенні рівня **24 В** напруги ДЖ з'являється струм стоку в діапазоні **0-4 мА**, що призводить до виникнення хибного сигналу про **цілісність ланцюга**.

Для уникнення цієї ситуації у системі, що контролює переривання ланцюга сигналів датчиків в діапазоні **4-20 мА**, рекомендується встановлювати напругу живлення ланцюга датчика нижче порога включення іскробезпечних бар'єрів на **0,2-0,3 В** або використовувати діод в схемі живлення. Пошук потрібного діода та схема його підключення можуть бути розроблені, враховуючи рис. 3.2.

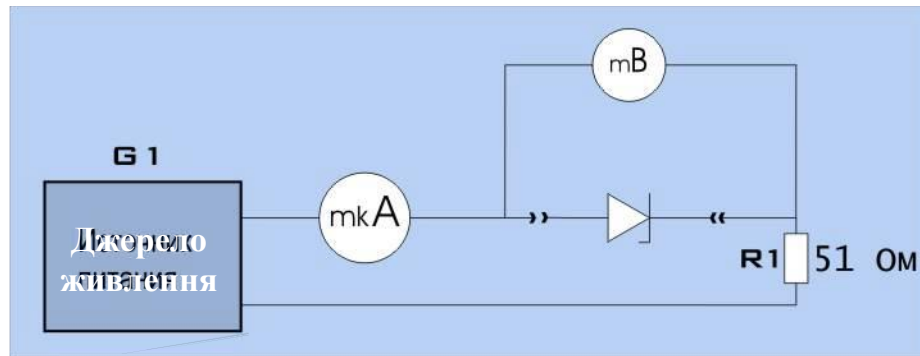


Рис. 3.2 – Схема підключення.

3.3 Формулювання основних завдань при створенні системи керування КУ.

Враховуючи характеристики робочого режиму, визначені в таблиці 1.1, визначимо основні функції управління КУ. При потребі не ускладнювати структуру системи керування весь цикл роботи розглянуто як сукупність функціональних модулів, в кожному з яких виконуються власні операції та реєструються стандартні значення ТПр. Загальний процес зводиться до роботи при переходженні між цими модулями.

а) Алгоритм запуску компресора

Запуск компресора 5ГЦ ініціюється подачею електропостачання на електродвигун. Отже, в рамках даного методу "Пуску компресора" стає як хід дії необхідних етапів для підготовки до запуску, контролю за передпусковими параметрами та умовами, а також надсилання сигналу "Компресор може стартовувати" на "верхній рівень" системи керування КУ. У випадку, якщо хоча б один показник або умова не відповідає вимогам перед запуском, повідомлення "Компресор може стартувати" не реалізовується. Повідомлення про готовність компресора до запуску повинен бути переданий системою керування із програмованим логічним контролером у формі "простого контакту" на "верх межі". Одночасно цей сигнал має виводитися на монітор комп'ютера із повідомленням "Компресор може стартувати", замість використання формулювання "Передстарт компресора до запуску".- Сигнал "Компресор може стартувати" має бути активований при запуску подальших умов: 1.1.1 Напір газу на вході в блок управління (РТ1) повинен становити не менше 6,2 кгс/см². 1.1.2 Тиск оливи в напірному елементі (ВР108) повинен бути не менше 1,5 кгс/см². 1.1.3 Температура оливи в напірному централізованому збірнику (ВК2) повинна трошки перевищувати 45°С.

- Під час підготовки компресора до запуску система КіПа має ініціювати роботу основного насоса масла при виконанні таких умов: У випадку

невиконання однієї умови система КіПа повинна блокувати запуск насоса масла та вивід на монітор сигналу "Запуск олійного насоса заборонено: РТ4 < 1,5 кгс/см²".

Визначення основного насоса виконується шляхом перевірки часу роботи кожного з насосів та активації потоку, який перемикає схеми керування МН (вибір відбувається лише в тому випадку, якщо МН не працюють). Під час ввімкнення МН на мнемосхемі повинен горіти світловий індикатор для позначення його активації.

Початок пуску компресора реєструється через сигнал від САУ КУ у формі "сухого контакту" або обертання ротора на рівні 300 обертів за хвилину. Протягом процесу пуску, система керування та передавання інформації має моніторити параметри відповідно до таблиці 1.1, записуючи їх на жорсткий диск комп'ютера та фіксуючи час початку пуску. Нормальний пуск, який відбувається без застосування тиристорної СУ електроприводом, триває протягом 830 секунд, починаючи з моменту старту і до досягнення ротором номінальної ЧО. Протягом цього періоду програмні налаштування для визначення сигналів передбачають подвоєння за такими параметрами, як:

- радіальне вібропереміщення шийок ротора (S1В, S1Г, S2В, S2Г);
- ОЗ (OS1, OS2).

- Завершення процесу пуску компресора та його перехід на потрібний режим роботи (РР) фіксуються СК при досягненні ротором ЧО (n) на рівні 8412 обертів за хвилину. Після успішного завершення пуску на монітор користувача автоматично виводиться повідомлення "Робота компресора".

У випадку втрати стабільності пускового процесу, коли зареєстровано початок пуску при досягненні ротором швидкості 300 обертів за хвилину, але завершення пуску при досягненні частоти ротора 8412 обертів за хвилину не відбувається, існують дві можливі сценарії:

- Коли ЧО рухомої частини має значення 0 ± 10 обертів за хвилину, це свідчить про зупинку КУ, і система КіПа повинна виконати процедуру аварійного зупинення (АЗ).

- Коли ЧО рухомої частини "застрягла" між значеннями 0 та 8412 обертів за хвилину, система КіПа має діяти відповідно до алгоритму "Пуск компресора", очікуючи або завершення пуску, або АЗ.

Висновок: Аналіз алгоритму вказує на те, що успішний старт залежить від взаємодії параметрів між модулями та властивостей системи, зокрема системи охолодження та пускових значень двигуна.

б) Процедура оптимального функціонування компресора.

Коли стабільне навантаження компресора система КіПа моніторить значення параметрів, які представлені в таблиці 1.1, застосовуючи відповідні алгоритми, та дозволяє виведення поточних значень любых даних на монітор у формі графіку, включаючи груповий, а також у вигляді таблиці діючих величин параметрів відповідно до команди оператора. Проміжна робота компресора 8 (12) годин система КіПа автоматично реєструє показники діючих значень на жорсткий диск ПК. У процесі експлуатації компресора система керування має активувати резервний МН при зниженні тиску олії в напірному елементі (ВР108) до 1,4 кгс/см² (гектопаскалі) та вимкнути його при отриманні напору ВР108 значення 2,0 кгс/см² (гектопаскалі). Спрацювання основного МН, наприклад, через виклик захисту електроприводу МН внаслідок перевантаження, може служити сигналом для активації резервного МН. Тому резервний мотор має негайно ввімкнутися. Активація резервного МН має відбуватися якнайшвидше, щоб уникнути запуск роботи захисту при тиску масла в напірному елементі. Запуск резервного МН повинен відтворювати миготіння або сирена в

користувацькому середовищі. У випадку активації сигналізації за кількома параметрами, кожен сигнал реєструється відповідно.

в) Процедура регулярної зупинки компресора

Компресор зупиняється та запускається нормально не дивлячись на режим компресора та системи керування відключенням електроживленням двигуна. Початок процесу нормальної зупинки може бути зафіксовано сигналом від САУ КУ у формі "чистого контакту" або зниженням обертової швидкості ротора (n) на 10% , тобто коли буде 7570 об/хв. Коли встановлюємо початок процесу нормальної зупинки, параметри на спрацювання передаварійної сигналізації, такими як радіальне вібропереміщення вал ротора (S1B, S1Г, S2B, S2Г) та ОЗ (OS1, OS2), є потреба і збільшенні на два. Моніторинг роботи установки по відповідних налаштуваннях показано у таблиці 1.1, записуючи їх у пам'ять на жорсткий диск комп'ютера і вказуючи час зупинки. Обертання ротора призведе до автоматичного відключення працюючого МН.

Завершення процесу зупинки компресора може бути підтверджене відключенням МН та встановленням тиску масла (BP108) рівня $0 \pm 0,05$ кгс/см².

г) Алгоритм АЗ компресора передбачає проведення процедур у випадку виникнення нештатних ситуацій, що можуть включати в себе аварійні параметри та відмінності в роботі системи.

АЗ компресора може мати дві причини:

1. Здійснюється за характеристиками, що не включені до системи керування компресором (компресор працює в межах норми).
2. Здійснюється за одним або декількома параметрами, які входять до системи керування компресором, і показники яких більші норми (захист).

АЗ за першою причиною виконується відповідно до алгоритму нормальної зупинки. У разі виникнення аварійного захисту за параметром компресора, СУ повинна вжити необхідних заходів, передавати сигнал на "верхній рівень" (в САУ установки) у формі "сухого контакту" для АЗ компресора (відключення живлення електричного приводу), активувати мерехтіння або сирену в користувацькому середовищі. У іншому випадку АЗ проводиться за алгоритмом нормальної зупинки, з додатковим записом параметрів для документації причин зупинки (із зазначенням параметра, що спрацював захист).

Тимчасові параметри керування.

СУ повинна безперервно моніторити свій власний стан і функціональність окремих елементів, таких як датчики, вторинні прилади, блоки живлення і інші, та у випадку потреби надавати операторові відповідну інформацію на дисплей.

Алгоритм самодіагностики системи керування розробляється відповідно до функціональних стандартів, часових характеристик і з урахуванням питань безпеки. Частота перевірки датчиків повинна бути наступною:

- для віброапаратури серії TX 3654 - 10 000 разів на секунду;
- для датчиків тиску Rosemount - не менше 12 разів на секунду;
- для датчиків температури - не менше 1 разу на секунду. Частота зміни значень параметрів на дисплеї, в таблиці параметрів і на групових графіках - один раз на секунду. У випадку відмови будь-якого датчика на дисплей оператора (в правому нижньому куті) повинна виводитися інформація у вигляді таблиці щодо відмови відповідного датчика і повинна активуватися попереджувальна сигналізація (світлова і звукова).

3.4 Характеристики параметрів СУ.

Основною принциповою особливістю регулювання потоку в подібних системах є ієрархічна завершеність або обґрунтованість об'єднання обладнання. Цей підхід дозволяє ігнорувати вплив факторів, які можуть суттєво впливати на систему. Основні критерії цього принципу полягають у розробці системи запуску та утримання параметрів: 1. Регулювання тиску та подачі компресора, змінюючи ЧО нагнітачів, представлено на рис. 3.3. Для забезпечення стабільності та коригування напору відповідно до заданого значення НЗ при будь-яких змінах характеристик мережі від 1 до 3 (див. рис. 3.3 а), здійснюють вимірювання тиску в магістралі та, використовуючи регулятор тиску, автоматично налаштовують ЧО компресора (від 1 до 2), забезпечуючи постійний тиск. У цьому випадку характеристики компресора змінюються від 1 до 3'. Витрата компресора варіюється від Q_A до Q_C . Точки А, В, С на характеристиках компресора 1, 2', 3' відзначають робочі точки при різних опорах магістралі, що відповідають характеристикам мережі 1, 2, 3. Зміна заданого значення НЗ призводить до відповідних змін у характеристиках та параметрах компресора.

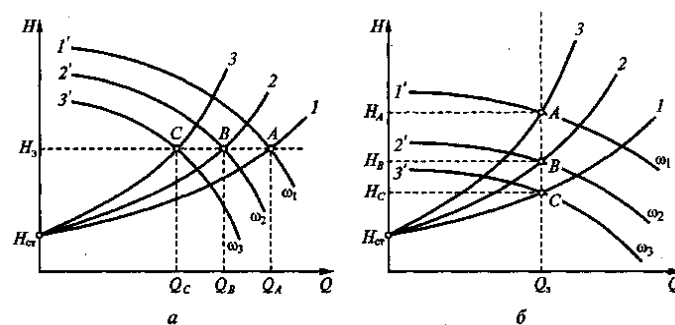


Рис. 3.3 Графік зміни ЧО

КУ мають можливість об'єднатися в КС, де пару компресорів роблять паралельно на одній мережі. Регулювання сили тиску на КС шляхом зміни

ЧО різних компресорів, які мають різні характеристики, проілюстровано на рис. 3.4

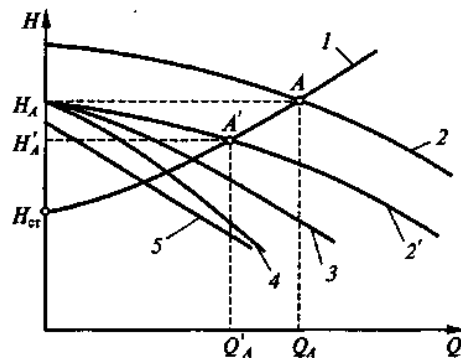


Рис. 3.4 Графік зміни ЧО різних компресорів

Якщо 2-а компресори з доданою між собою характеристикою 2 працюють на мережі з характеристикою 1 в точці A і мають продуктивність Q_A , і необхідно зменшити їх продуктивність до Q_A' , це можна здійснити двома способами. По-перше, сповільнити ЧО обох компресорів (їх характеристики 3 та 4, а сумарна характеристика 2'). По-друге, знизити, але значно більше, ЧО одного з компресорів (характеристика 5 при зменшеній частоті обертання). Регулювання продуктивності за допомогою зміни ЧО одночасно двох компресорів, з точки зору їх показників, еквівалентне регулюванню ЧО компресора при його ізольованій роботі.

Спільна зміна ЧО всіх паралельно працюючих компресорів є економічно вигіднішою з точки зору ефективності. Проте це може призвести до збільшення капітальних витрат на обладнання всіх агрегатів електроприводу, які підлягають регулюванню. Тому для КС зазвичай достатньо мати лише один регульований агрегат і здійснювати більш глибоке регулювання шляхом відключення окремих компресорів.

Багато застосовуваних компресорів не вимагають регулювання швидкості, оскільки більшість заводських КУ та інших систем

використовують спеціальні пускові станції. Для асинхронних та синхронних двигунів такі станції можуть використовувати прямий, реакторний або автотрансформаторний методи пуску.

2. Взаємодія нагнітачів. В технологічних схемах подачі, як правило, використовується кілька нагнітачів. Основні причини для їхньої спільної роботи в більшості випадків включають:

1. Одиначний нагнітач не може забезпечити необхідний обсяг або тиск, і заміна його на більш потужний виявляється неможливою.
2. Протягом експлуатації відповідно до вимог ТП можуть виникати режими, пов'язані з тривалою зміною об'єму та опору в мережі (регулювання цього досягається відключенням одного з нагнітачів).
3. Необхідно забезпечити надійність роботи всієї системи в цілому.
4. Архітектурні та планувальні особливості будівель призводять до створення складних розгалужених мереж, для регулювання яких ефективним є встановлення декількох нагнітачів.

Включення нагнітачів в спільну роботу може бути паралельним, послідовним або комбінованим (змішаним).

Паралельне з'єднання нагнітачів.

Використання паралельного з'єднання двох чи більше нагнітачів рекомендується у випадках, коли необхідно збільшити обсяг подачі, і збільшення робочого оберту моменту або розмірів нагнітачів неможливе через зайвий рівень шуму, конструктивні обмеження або архітектурно-планувальні особливості.

Існують три використовувані схеми паралельного з'єднання нагнітачів: паралельне з'єднання повне (рис. 3.5 а) та напівпаралельне з'єднання за відповідними рисунками: рис. 3.5 б та в. На рис. 3.5 нагнітачі приєднані до мережі з ідентичними параметрами. Ми спрощуємо аналіз, ігноруючи опір

окремих сегментів мережі (сегменти 1 – 2). У даному контексті, як і в будь-якій загальній конфігурації, ключовим є встановлення режиму роботи не лише загальної системи, а й будь-якого з елементів. Взаємозв'язок між об'ємом нагнітача та тиском, що відбувається функціонально, як правило, представляється графічно у вигляді характеристик $P=f(L)$. Таким чином, найзручніший метод аналізу полягає у використанні графічного підходу. Зазвичай застосовується спосіб аналізу, що використовує сумісні характеристики нагнітачів.

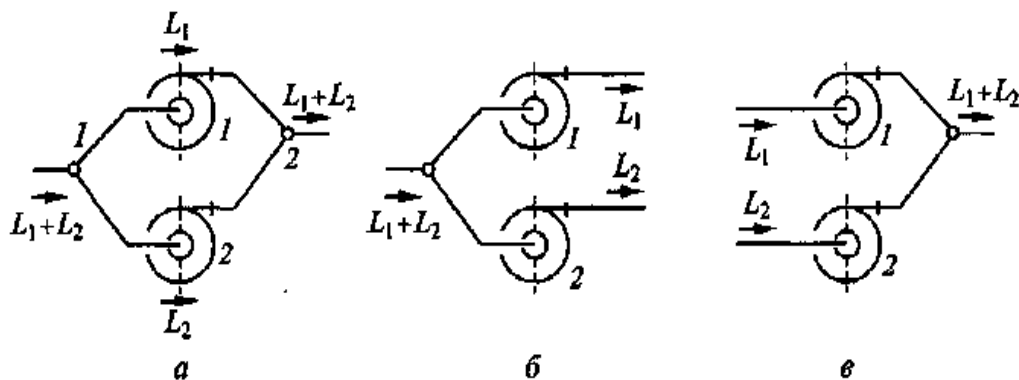


Рис. 3.5 Системи паралельного з'єднання нагнітачів

Тиск, який формується будь-яким нагнітачем у певних точках 1 і 2, однаковий, і обсяг подачі є результатом сумування кожного нагнітача. Це призводить до формування загальної характеристики для одночасно задіяних нагнітачів: при рівному тиску в подачі.

Подання сумарної характеристики (СХ) тиску представлено на рис. 3.6. Абсциси, які відповідають подачі одного нагнітача, накладаються за кожного значення напору. При запуску нагнітачів в систему з властивістю $(1 + 1)$, РР має місце у точці А. Загальний обсяг подачі нагнітачів розраховується параметрами $LA(1+1)$, а загальний тиск - величиною $P1(1+1)$. Так як $P1(1+1) = PA(1+1)$, що означає, тиск, який генерується кожним компресором при їх загальній роботі, дорівнює загальному тиску. Подача будь-якого нагнітача має одну дугу від

общої і може бути розрахована графічно за розміщенням точки A'' , тобто $L_{1(1+1)} = 0.5L_{A(1+1)} = L_A$. ККД обох компресорів має значення ККД обох разом і дорівнює значенням перетину ординат, що перетинається через точку A'' , з графіком ККД компресора. Всілякі потужність, що витрачаються, складаються із загальної суми потужностей будь-яких нагнітачів.

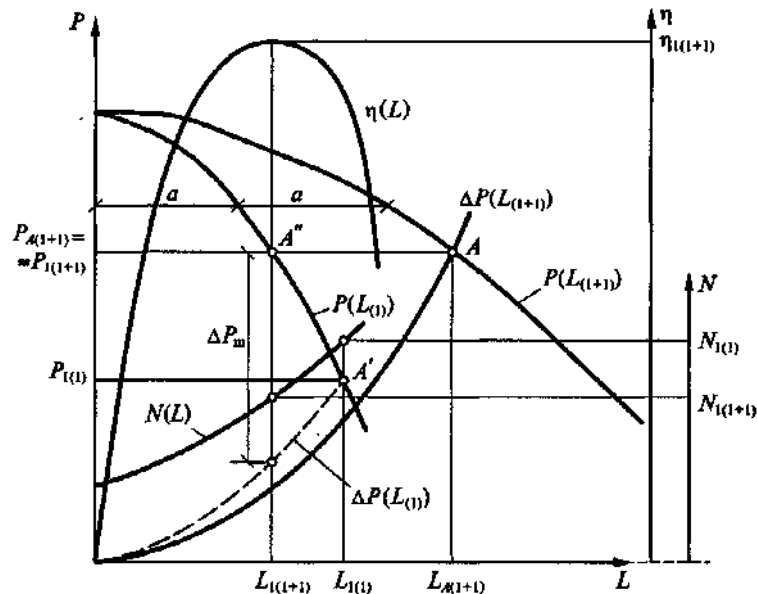


Рис. 3.6 СХ тиску

Якщо не працює якийсь нагнітач, властивість мережі $\Delta P(L(1))$ має вид більш стрімкою через зменшення об'єму перетину, коли йде рух повітря між точками 1 і 2. Робоча точка переміщується з положення A до A' . У даному випадку налаштування нагнітачів змінюються, де $L_{1(1)} > L_{1(1+1)}$, $P_{1(1)} < P_{1(1+1)}$, та $N_{1(1)} > N_{1(1+1)}$. Це може викликати перегрівання обмоток мотора. Тому при вимиканні будь-якого нагнітача його власний шлях слід перекрити клапаном (щоб уникнути непотрібного перетікання газу по ньому через різницю тисків $P_2 - P_1$), а в мережу нагнітач, який працює в даний момент, ввести додатковий тиск ΔP_m , з метою переміщення робочої точки в положення A'' . Так як потужність складає $N_{1(1+1)}$, і перегрівання електродвигуна не відбувається.

Створення СХ нагнітачів із відмінними параметрами в принципі аналогічне попередньому процесу побудови. У випадку паралельної експлуатації нагнітачів із різними властивостями розумно розраховувати ККД нагнітачів (середній):

$$\eta_{CP} = \frac{P_1 L_1 + P_2 L_2}{\frac{P_1 L_1}{\eta_1} + \frac{P_2 L_2}{\eta_2}} \quad (3.1)$$

З формули (3.1) буде, що найпотужніші нагнітачі має сенс використовувати при максимальному ККД, в той час як регулювання витрати в системі ефективніше здійснювати за допомогою невеликої сили нагнітач. Вищезазначений метод визначення сумарної властивості нагнітачів може бути використаний для будь-якої кількості нагнітачів.

Послідовне включення нагнітачів

Послідовне включення двох чи більше нагнітачів застосовується у випадку, коли тиск, створений одним нагнітачем, недостатній для подолання опору мережі. При такому включенні кожен нагнітач послідовно перекачує певний обсяг газу, є сумою тисків, які створюються кожним нагнітачем. Оскільки кінетична енергія, передана струменю від першого елемента, не втрачається при ударі, обший тиск перевищує суму всіх. Наприклад, три однакові нагнітачі, включені послідовно, дає весь тиск $3P_{1(l+1)}$. Якщо задіяти компресор підряд з більшою потужністю, його робочий об'єм має значення, значно перевищуючи його особисту max витрату. Тому він є супротивом для потужнішого нагнітача, і зміна знаку різниці тисків з двох сторін нагнітача, залишаючись при цьому в тому ж напрямку подачі ($L > 0$).

Коли буде задіяний нагнітач послідовно з більшою потужністю, його подача може зрости до значень, значно перевищуючи його особисту допустиму подачу. Так як він стане на перешкоді для сильнішого нагнітача, і

коли не зміниться напрямок руху ($L > 0$) перепад напружень з двох сторін нагнітача поміняє свій знак на протилежний. Застосування компресора буде при $L > 0$ та $P > 0$ (I квадрант), при $L < 0$ і $P > 0$ (II квадрант), а також при $L > 0$ і $P < 0$ (IV квадрант). Застосування компресора у III квадранті відміняється, тому що напрямок потоку не може йти назад через нагнітач ($L < 0$) при тиску напередодні нагнітача, який більше тиску за ним. Частіше за все характеристику міняють тільки в I квадранті, тобто при нормальному функціонуванні нагнітача. Для отримання характеристики в II і IV квадрантах зазвичай потрібне спеціалізоване обладнання.

Керування компресором з використанням перетворювача частоти (ПЧ).

Найсучаснішим методом регулювання є використання ПЧ, які дають можливість поступово регулювати оберти електродвигуна компресора і підтримувати тиск в системі при змінних обсягах перекачуваного газу. При невеликих об'ємах газу електродвигун компресора обертається з низькою швидкістю, достатньою лише для утримання номінального тиску, та не витрачає зайву енергію. При збільшенні об'єму газу перетворювач збільшує оберти електродвигуна, збільшуючи працездатність компресора при збереженні зазначеного тиску. Функціональну схему керуванням мотором компресора, що використовує ПЧ Micromaster440 від компанії "Siemens" показано на рис. 3.7. Системі подаються сигнали для встановлення тиску та реального тиску, який отримується з датчика тиску у ланцюгу зворотного зв'язку. Відхилення між дійсним в даний момент і заданим значеннями тиску встановлюється ПД-регулятором в сигнал для налаштування ПЧ. Під впливом цього сигналу перетворювач змінює оберти електродвигуна компресора, спрямовуючи різницю між потрібним тиском і дійсним в даний момент значенням до нуля.

Ця концепція є модульною і може бути використана для розробки проекту, в якому буде задіяний даний алгоритм управління. Теперішні ПЧ

дають можливість створювати СУ без потреби в додаткових апаратних засобах, оскільки вони володіють вбудованими програмними функціями, що дозволяють реалізовувати порівняльний вузол та ПІД-регулятор. Однак у не простих системах керування тиском, використання простих засобів реєстрації може не забезпечити бажаного ефекту.

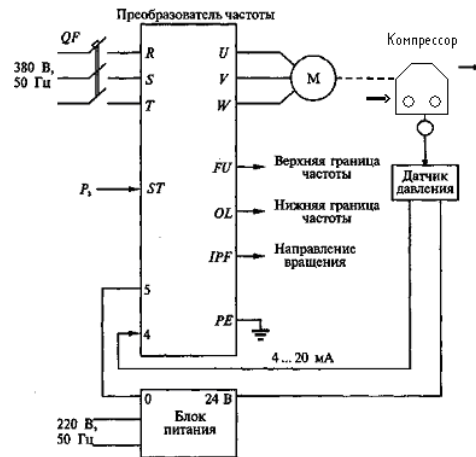


Рис. 3.7 Функціональна схема керування мотора компресора

Тому цей метод регулювання поєднується з мікропроцесорною СУ для забезпечення більш ефективного контролю.

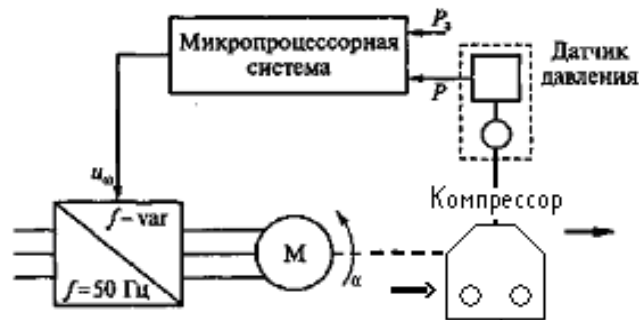


Рис. 3.8 Система керування

СУ, яку зображено на рис. 3.8, включає в себе мікропроцесорну систему та ПЧ, який дає можливість регулювати компресор зміною частоти його обертального руху. Функції обробки вхідних та вихідних сигналів, а також методи вирішення задачі на основі програми, що розроблена та

впроваджена в контролер даної системи, який відстежує хід ТП.

Значення тиску P вимірюється датчиком тиску, а його сигнал після аналого-цифрового перетворення, яке включає дванадцять розрядів, надходить у мікропроцесорну СУ у вигляді цілого числа (від 0 до 4000). З метою поліпшення якості управління процесом у системі використовується динамічне ММ, що часто враховує складні аспекти аналізу середовища. Також, система працює з непрямими змінними, такими як швидкість зміни тиску vP , яка враховує динаміку протікання процесу, і визначає особливості внутрішнього лексикону змінних регулювання.

Для контролю швидкості електроприводу компресора через ПЧ використовується сигнал завдання швидкості (ω), який подається з виходу перетворювача в цифроаналогову мікропроцесорну СУ. Зміна частоти обертання регулюється за допомогою управляючого сигналу, що виражається у цілих числах. У лінгвістичних термінах керування зміною частоти обертання може бути виражене кількома рівнями, залежно від ступеня регулювання та складності динаміки. Засновані на принципах роботи та регулювання, формулюються основні правила функціонування. При аналізі всіх можливих умов складається зведена таблиця умов, де стовпці відображають умови одного параметра, рядки представляють умови іншого параметра, а в їх перетині записуються висновки, що відповідають цим умовам. Зробивши висновок, можна сказати, що використання частотно-регульованого приводу також призводить до наступного:

1. Зменшується зношування комутаційної апаратури, оскільки відсутні великі пускові струми при включенні двигуна компресора.
2. Оптимізація тиску в пневмережі призводить до зменшення витoku стисненого повітря.
3. Збільшується термін служби електродвигуна за рахунок зниження навантаження та відсутності важких пускових режимів.

4 НАУКОВО-ДОСЛІДНИЦЬКА ЧАСТИНА

Розробка логічної моделі СУ КУ.

4.1 Розробка СХ елементів конструкції та ТО системи руху ПК.

ПК представляє собою велику систему з багатьма конструктивних елементів (КЕ) та технологічних елементів (ТЕ), яка може налічувати від 10^4 до 10^6 одиниць. Одним з методів вирішення завдань проектування для таких складних систем є встановленням передових інформаційних технологій, а загалом, CALS-методології.

Напрямок та стандарти CALS дають вибір у правилах і регламентах, які регулюють взаємодію між суб'єктами. Задіявання у роботу сучасних інформаційних технологій призводить до перегляду дійсних на даний час принципів і етапів проектування. Сучасні вимоги не обмежуються лише отриманням геометричної або ММ проектуваного виробу та набору креслень. В процесі моделювання наразі важливо отримувати динамічні моделі, які показують повну суть виробу та його взаємодію з обладнанням. Створення повної електронної моделі виробу визначає основну мету CALS-технології.

Згідно з методами проектування, розробка довільної складної системи розпочинається зі структурно-функціонального аналізу та моделювання системи в цілому, а також всіх її підсистем. Для цього використовується сімейство методологій моделювання IDEF, що дозволяє проводити аналіз структури, параметрів та характеристик об'єктів моделювання. На сучасний момент методологія IDEF включає різноманітні підходи для моделювання систем, серед яких слід відзначити:

- IDEF0: ця методологія моделювання задіяна у створенні функціональної моделі за допомогою мови візуалізації IDEF0. Вона відображає структуру, процеси та функції системи у вигляді набору

взаємопов'язаних функцій (функціональних блоків), а також потоки інформації та матеріальних об'єктів, що перетворюються цими функціями. Моделювання за допомогою IDEF0 вважається першим кроком у вивченні будь-якої системи;

- IDEF1 використовується для конструювання інформаційної моделі, яка відтворює структуру та суть інформаційних значень всередині середовища, необхідних для забезпечення функцій системи. Ця методологія дозволяє аналізувати їх структуру;

- IDEF1X (IDEF1 Extended) – це методологія, яка використовується для створення реляційних структур. Вона відноситься до категорії методологій "Сутність-взаємозв'язок" і застосовується для будови структури реляційних баз даних, що задіяні до розглянутої системи;

- IDEF2 - це методологія рухливого моделювання розвитку системи, яка дає змогу створювати динамічну модель, які змінюються у часі;
- IDEF3 - методологія моделювання процесів, що відбуваються в системі, призначена для розробки сценаріїв та опису послідовності операцій для кожного процесу;
- IDEF4 - методологія проектування та аналізу систем у формі об'єктно-орієнтованого підходу, яка використовує засоби для візуального відображення структури об'єктів та принципів їх взаємодії. Це дозволяє ефективно аналізувати об'єктно-орієнтовані системи;
- IDEF5 – методологія визначення онтологій (словників) для дослідження складних систем. Вона надає можливість опису онтології системи за допомогою словника термінів та визначених правил. Цей словник дозволяє сформулювати достовірні твердження про стан системи у певний момент часу;

- IDEF9 – це методологія моделювання вимог.

Основна вимога до системного підходу щодо будь-якого об'єкта полягає у розгляді системи як єдиного цілого, представленого одним

функціональним блоком (чорним ящиком) з визначеними входами та виходами. Контекст моделі визначає межі модельованого процесу і висвітлює його взаємозв'язки з зовнішнім середовищем та іншими процесами. Це робиться для того, щоб визначити модель процесу як частину загальної системи. У контексті IDEF0-моделі враховується визначення єдиного суб'єкта моделювання, його повний, точний та адекватний опис, відомий як мета моделі, який формується з конкретної перспективи на модель. За методологією IDEF0, контекст системи ілюструється контекстною діаграмою, а діаграми на більш низькому рівні розглядають деталізовані аспекти системи.



Рис. 4.1- Контекстна діаграма механізму руху і врівноваження ПК

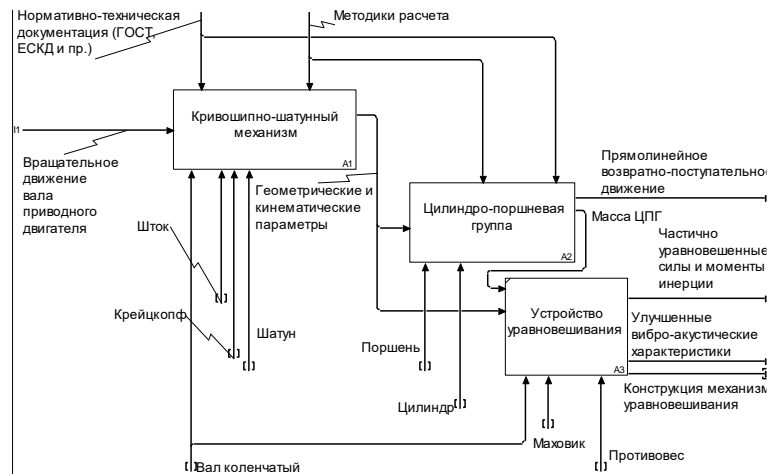


Рис. 4.2 - Діаграма структури та функцій механізму для руху та врівноваження ПК.

Контекстна схема ПК для руху та врівноваження наведена на рис. 4.1, а структурно-функціональна діаграма цього механізму представлена на рис. 4.2. Основний принцип методології IDEF0 ґрунтується на процесі декомпозиції, що базується на об'єктно-орієнтованому підході до розгляду об'єкта проектування як системи взаємопов'язаних елементів. Отримана під час аналізу інформація представляється у вигляді ієрархічної структури на графічних діаграмах дерева вузлів. Відповідно до принципів об'єктно-орієнтованого підходу до проектування, необхідна глибока декомпозиція структури виробу до рівня конструктивних та ТЕ, ідентифікація яких базується на єдиній системі умовних позначень. Таким чином, пропонується розглядати СХ механізму руху та врівноваження ПК як системи (СУПК), в якій виділено основні функціональні, конструкторські та ТЕ, що входять до його складу.

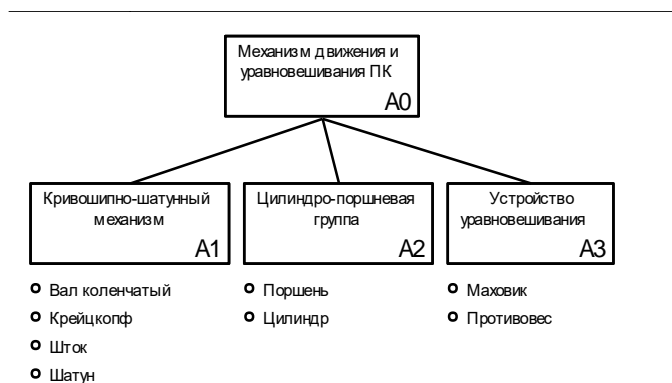


Рис 4.3 – Верхній і нульовий рівень

На верхньому, нульовому рівні (див. рис. 4.3), розташована сама метасистема - СУПК, яку розглядаємо. У метасистемі визначено три підсистеми першого рівня - це КШМ, циліндро-поршнева група (ЦПГ) та механізм врівноваження. Під час подальшої декомпозиції приймаються до уваги підсистеми першого рівня та інші, кожна з яких розглядається як система на наступних рівнях (див. рис. 4.4). Деталізація кожної з підсистем

на всіх рівнях дозволяє побудувати СХ об'єкта моделювання, на якій зазначені основні конструктивні та ТЕ, а також їх характеристики. Розроблена схема враховує особливості конструкції і детально описує систему, що моделюється, до рівня конструктивних та ТЕ.

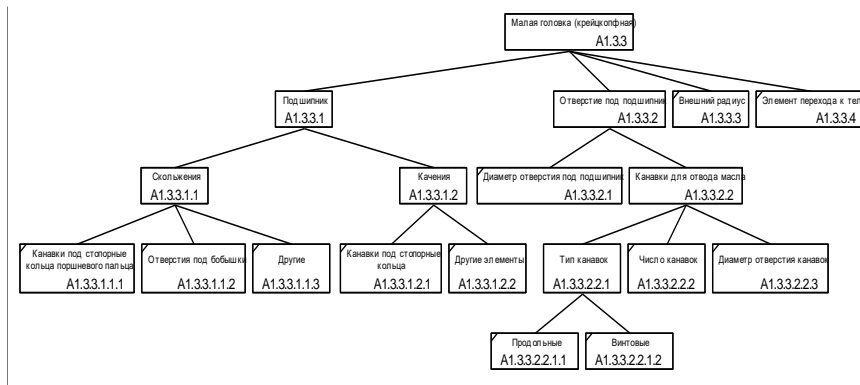


Рис 4.4 - Підсистема четвертого рівня

На основі ретельного аналізу отриманої діаграми були отримані наступні висновки:

1. Створено перелік СХ, які відображають різноманіття можливих варіантів виконання даного об'єкта.
2. Визначено та розроблено бази даних стандартизованих та уніфікованих деталей, які є необхідними для проектування СУ ПК.
3. Складено перелік даних, які використовуються як вихідні при здійсненні проектувальних та перевірочних розрахунків.
4. Визначено перелік необхідних ММ конструктивних елементів та ТЕ для розробки САУ ПК.

4.2 Аналіз віброакустичних властивостей розробленої моделі.

У машинах даного типу, через зворотно-поступальний рух поршня, виникає нестационарність динамічних впливів, яка відрізняється складнішим

вібраційним станом, порівняно з роторними машинами. Це дає можливість виникненню додаткових джерел вібрації, таких як:

- сили невірноваженої інерції для обертових (F_r) та прямолінійних рухомих (F_S) мас;
- моменти сил інерції (M_i) для обертових та прямолінійних рухомих мас;
- момент перекиду (M_{opr});
- крутильні коливання валу колінчастого механізму;
- пульсація тиску газу в циліндрах і міжступеневих каналах;
- удари елементів механізму руху, ЦПГ та клапанів.

Однією з відповідних особливостей діагностики поршневіх машин (ПМ) є те, що коливання, що виникають внаслідок дефектів, що виникають, відбувається додаткове впливання на загальний стан вібрації внаслідок невірноваженості мас. Це призводить до потреби розгляду двох підходів:

1. Вивчення коливань компресора в контексті його невірноваженості як єдиної системи.
2. Оцінка вібрації вузлів компресора, породженої дефектами. Також, важливо враховувати, що ПМ функціонують умовах циклічно змінюючихся навантажень, що призводить до утворення ударів. Розрахунок швидкості зіткнення та моменту виникнення ударних імпульсів для кожного з'єднання дозволяє виявити їх у віброакустичному сигналі.

В результаті вивчення проходження механізму руху ПМ з задіюванням у обчисленні проміжків у рухомих з'єднаннях були отримані:

$$\frac{d}{dt} \frac{\partial T}{\partial q_j} - \frac{\partial T}{\partial q_j} = Q_j + Q_j^R \quad (4.1)$$

$$Q_j^R = \sum_{a=1}^s \lambda_a \frac{\partial f_a}{\partial q_j}$$

де a - коефіцієнт, який визначає реакцію зв'язку a ; T - енергія руху механічної

системи; Q_j - узагальнені реактивна та активна сили відповідно; f_a - рівняння, що визначає взаємодію при контактному русі деталей; R - кількість узагальнених координат.

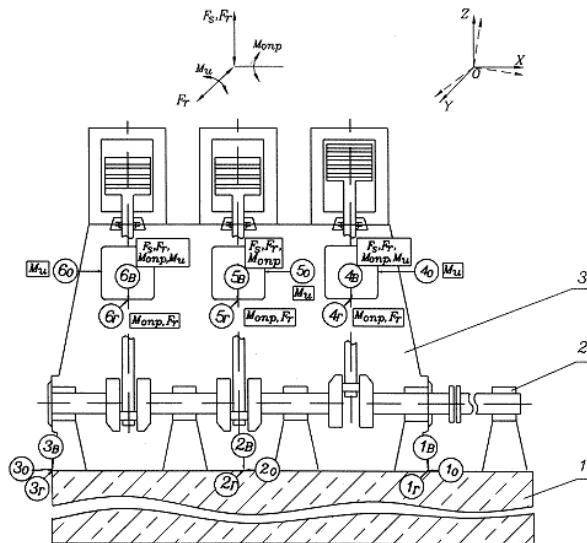


Рис. 4.5 – Вид компресора із точками контролю за виміром вібрації:

1-6 – точки для контр. ; 1 – основа; 2 – мотор; 3 – основа компресора.

У цьому випадку, як узагальнені координати q_j , розглядалася відносна рух деталей з'єднання в полі зазору та кут повороту колін валу. Проміжки враховувалися в місцях "поршень-циліндр", "черевик крейцкопфа-направляюча", а також у крейцкопфному та шатунному підшипниках ковзання. Введення реактивної складової в рівняння руху дозволило описати весь цикл вібраційно-ударного режиму роботи механізму за допомогою тих самих залежностей. Під час планування для аналізу основних взаємодій між функціональними вузлами у вигляді амплітудного спектра були виділені інформативні діагностичні ознаки.

$$P(k) = \frac{2\pi \max T}{\pi} \frac{\cos\left(\frac{k\pi\tau}{T}\right)}{T^2 - 4k^2\tau^2} \quad (4.2)$$

4.3 Розробка алгоритму управління в середовищі ММ MATLAB

Для здійснення аналізу створено ММ для різних варіантів циклічних схем зрідження, включаючи одноступінчасті та двоступінчасті. Ці моделі

охоплюють діапазон тисків і температур газу на вході в установку відповідно від 3,5 до 5,5 МПа та від 233 до 288 К. Прогнозування динаміки руху компресора з врахуванням проміжків дозволяє аналізувати силові параметри у вузлах, що є необхідними для подальших розрахунків статичної та втомної міцності. На сьогодні ці розрахунки проводяться відповідно до розроблених методик, де нормальні та тангенціальні складові реакцій визначаються методом кінетостатики. Проте, згідно з теоретичними дослідженнями, це висловлення вірне лише на перший погляд. Під час ударів максимальні значення сил можуть перевищувати відповідні реакції у механізмі без урахування зазорів більше ніж вдвічі, як показано у теорії. Крім того, рисунок 3.5 вказує на те, що в процесі контактного руху деталей спостерігаються високочастотні модульовані коливання з циклічним характером навантаження вузла. У цьому контексті величина реакції періодично змінюється від максимального до мінімального значення. Частота цих коливань залежить від швидкості обертання валів, розмірів зазорів у всіх з'єднаннях механізму, характеру тертя та інших факторів. Дослідження показують, що виникнення високочастотних коливань пов'язане з тим, що рух деталей один відносно одного відбувається нестійко, але "ривково", через вплив зазорів у підшипниках.

Для досягнення максимально оптимальних характеристик КУ під час періоду адаптації можна ігнорувати вібрації високого порядку, оскільки їхні частоти є невеликими порівняно з режимом номінальної роботи двигуна, що встановився. Проте характеристику настановних ланок визначає кількість, адаптовану до загального рівня взаємодії з опорою. Таким чином, загальну формулу для зв'язку між вхідними вузлами компресора та вихідними параметрами трубопроводу можна виразити так:

$$W(p) = \frac{K_{np}}{p(T_{пo}^2 p^2 + 2\xi T_{пo} p + 1)} \quad (4.3)$$

При врахуванні існуючих заходів стабілізації в системі, які реалізуються у вигляді регуляторів як швидкості, так і струму якоря двигуна, можна ігнорувати динамічні коефіцієнти опору газу в трубопроводі та сигнали толчкового характеру на виході.

Розробка системи керування для приводу КУ.

Розробимо СХ для вихідної системи та визначимо передавальні функції її елементів.

Таблиця 4.1

Визначення передаточної функції елементів

| Назва елемента | Передаточна функція | |
|---------------------------|---|--|
| | Формула | Розрахунок |
| Компресор | $W_{к(p)} = \frac{K_{ПО}}{p(T_{ПО}^2 \cdot p^2 + 2\xi T_{ПО} \cdot p + 1)}$ | $W_{к(p)} = \frac{0.7}{S(0.009S^2 + 0.0054S + 1)}$ |
| Елемент ланки якоря | $W(p) = \frac{1}{R_{Я}(T_{Я}p + 1)}$ | $W_{ця(p)} = \frac{1}{100(0.5S + 1)}$ |
| Механична частина двигуна | $W(p) = \frac{R_{Я}}{cT_{М}p}$ | $W_{мч(S)} = \frac{100}{10^5 * 0.02S}$ |
| Перетворювач | $W(p) = \frac{K_{П}}{T_{П}p + 1}$ | $W_{п(S)} = \frac{7}{0.01S + 1}$ |

$$\begin{aligned}
 W_{исх} &= W_{п} * W_{ця} * W_{мч} * W_{к} = \\
 &= \frac{7}{0.01S + 1} \frac{1}{100(0.5S + 1)} \frac{100}{10^5 * 0.02S} \frac{0.7}{S(0.009S^2 + 0.0054S + 1)} \\
 &= \frac{0.00245}{0.0078s^4 + 0.5154s^2 + s^2} \quad (4.4)
 \end{aligned}$$

Здійснимо аналіз стійкості вихідної системи, провівши побудову графіка перехідного процесу (рис. 4.6):

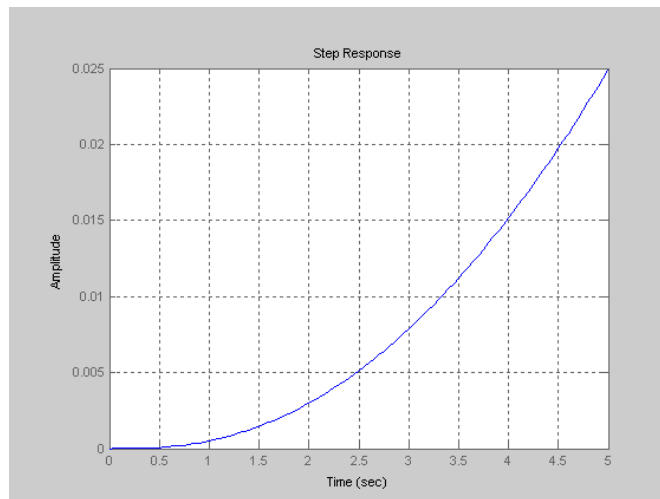


Рис. 4.6 Аналіз проходження перехідного процесу

З рисунка видно, що перехідний процес має характер розбіжний, і, таким чином, вихідна система є нестійкою, вимагаючи втручання в регулювання.

Перший регуляторний контур

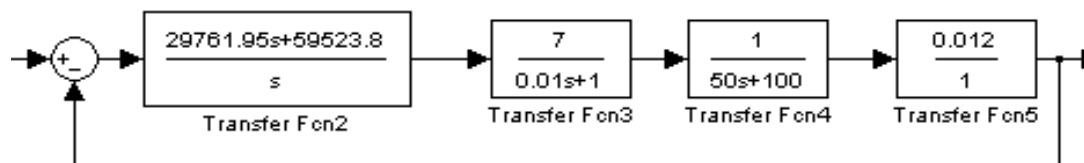


Рис.4.7 Початковий контур регулювання

$$K_T = 0.1/8 = 0.012, \quad (4.5)$$

Розрахуємо вихідну ПФ 1 контура

$$W_{ICX1}(p) = W_{\Pi} * W_{\text{ЦЯ}} * K_T, \quad (4.6)$$

$$W_{ICX1}(p) = \frac{7}{0.01s+1} \frac{1}{100(0.5s+1)} 0.012 = \frac{0.00084}{(0.01s+1)(0.5s+1)}, \quad (4.7)$$

Проведемо налаштування внутрішнього контуру на технічний оптимум. Під час такого налаштування бажана передатна функція повинна мати вигляд:

$$W_{ж1}(p) = \frac{1}{K_T 2 T_{\mu} p (T_{\mu} p + 1)} = \frac{1}{0.012 * 2 * 0.02 p (0.02 p + 1)} = \frac{1}{0.00048 p (0.02 p + 1)} \quad (4.8)$$

З іншого боку $W_{Ж1}(p) = W_{пер1}(p) * W_{исх1}(p)$, відповідно

$$W_{пер1}(p) = \frac{W_{жс1}(p)}{W_{исх1}(p)} \quad (4.9)$$

$$W_{пер1}(p) = \frac{59523.8(0.5p+1)}{p}, \quad (4.10)$$

Робимо перевірку. Розрахуємо бажану ПФ системи, що є зациклина (4.11)

$$\begin{aligned} \Phi_{жс1}(p) &= \frac{W_{жс1}(p)}{1+W_{жс1}(p)} = \frac{\frac{1}{0.02p(0.01p+1)}}{1+\frac{1}{0.02p(0.01p+1)}} = \frac{1}{0.02p(0.01p+1)+1} = \\ &= \frac{1}{0.0002p^2+0.02p+1} \approx \frac{1}{0.02p+1} \end{aligned}$$

Найдем ПФ замкнутого першого контуру

$$\Phi_1(S) = \frac{W_{пер1} * W_{исх1}}{1+W_{пер1} * W_{исх1}} = \frac{1}{0.0002p^2+0.02p+1}, \quad (4.12)$$

Для подальших обчислень буде

$$\Phi_1(S) \approx \frac{1}{0.02s+1}, \quad (4.13)$$

Розрахунки виконані: $\Phi_1(S) = \Phi_{Ж1}(S)$.

Наступний контур регулювання (другий)

Покажемо шлях другого контуру налаштування

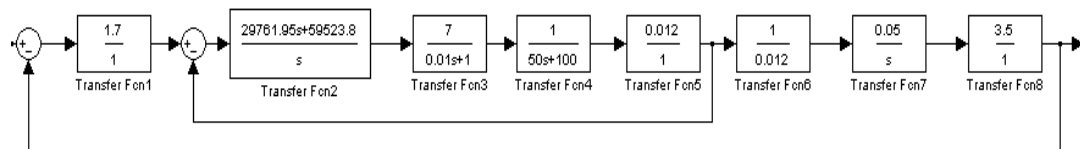


Рис.4.8 Другий контур налаштування

$$K = 27.8/8 = 3.5 \quad (4.14)$$

$$W_{ucx2}(p) = K_T^{-1} \cdot \Phi_1(p) \cdot W_{MЧ}(p) \cdot K_C = \frac{1}{0.02p+1} * \frac{1}{0.012} * 3.5 * \frac{100}{10^5 * 0.02p} =$$

$$= \frac{230}{0.02p(0.02p+1)} \quad (4.15)$$

Потрібна передаточна функція 2-го контуру має вид

$$W_{ж2}(p) = \frac{1}{4k_C T_{II} p (T_{II} p + 1)} \quad (4.16)$$

$$W_{ж2}(S) = \frac{0.07}{0.01S(0.02S + 1)} \quad (4.17)$$

$$W_{пер2}(p) = \frac{W_{ж2}(p)}{W_{ИСХ2}(p)} = 0.85 \frac{0.02p}{0.01p} = 1.7 \quad (4.18)$$

Розрахуємо потрібну ПФ замкнутої системи

$$\Phi_{ж2}(p) = \frac{W_{ж2}(p)}{1 + W_{ж2}(p)} = \frac{\frac{0.07}{0.01p(0.02p+1)}}{1 + \frac{0.07}{0.01p(0.02p+1)}} = \frac{0.07}{0.01p(0.02p+1) + 0.07} = \frac{1}{0.0028p^2 + 0.14p + 1}; \quad (4.19)$$

Розрахуємо ПФ першого контуру, який зациклений

$$\Phi_2(p) = \frac{W_{пер2} * W_{ИСХ2}}{1 + W_{пер2} * W_{ИСХ2}} = \frac{1}{0.0028p^2 + 0.14p + 1}, \quad (4.20)$$

$$\Phi_2(S) \approx \frac{1}{0.14p + 1} \quad (4.21)$$

Третій контур налаштування

Розрахуємо третій контур налаштування:

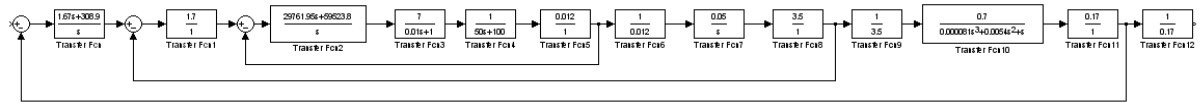


Рис.4.9 Третій контур налаштування

$$K_D = 8/60 = 0.14 \quad (4.22)$$

$$W_{исх2}(p) = K_C^{-1} \cdot \Phi_2(p) \cdot W_K(p) \cdot K_D = \frac{1}{0.14p+1} * \frac{0.7}{p(0.009^2 p^2 + 0.0054p+1)} * \frac{1}{3.5} * 0.17 =$$

$$= \frac{0.033}{(0.14p+1)p(0.009^2 p^2 + 0.0054p+1) * 0.28}$$

(4.23)

Потрібна передаточна функція 3-го контуру має вид

$$W_{ж2}(p) = \frac{1}{8k_D T_M p(T_M p + 1)}, \quad (4.24)$$

$$W_{ж2}(S) = \frac{0.74}{0.02S(0.02S + 1)} \quad (4.25)$$

$$W_{РЕГ3}(p) = \frac{W_{ж2}(p)}{W_{исх2}(p)} = \frac{(0.0054p+1)p * 0.28}{1.36 * 0.02p * 0.033} = \frac{308.9(0.0054p+1)}{p} \quad (4.26)$$

Розрахуємо потрібну ПФ замкнутої системи

$$\Phi_{ж3}(p) = \frac{W_{ж3}(p)}{1+W_{ж3}(p)} = \frac{\frac{0.74}{0.02p(0.02p+1)}}{1+\frac{0.74}{0.02p(0.02p+1)}} = \frac{0.74}{0.02p(0.02p+1)+0.74} = \frac{37}{0.02p^2+p+1}; \quad (4.27)$$

Розрахуємо ПФ замкнутого першого контуру

$$\Phi_2(p) = \frac{W_{pez2} * W_{исх2}}{1 + W_{pez2} * W_{исх2}} = \frac{37}{0.02p^2 + p + 1}, \quad (4.28)$$

Розрахуємо ПФ замкнутої і розімкнутої системи

$$W_{раз} = \Phi_3 * \frac{1}{K_D} = \frac{37}{p(0.02p + 1)} * \frac{1}{0.17} = \frac{217.6}{p(0.02p + 1)}, \quad (4.29)$$

$$W_{зам} = \frac{W_{раз}}{1 + W_{раз}} = \frac{1}{0.00009p^2 + 0.0046p + 1}, \quad (4.30)$$

Проаналізуємо стійкість системи та побудуємо графік перехідного процесу (рис.4.10):

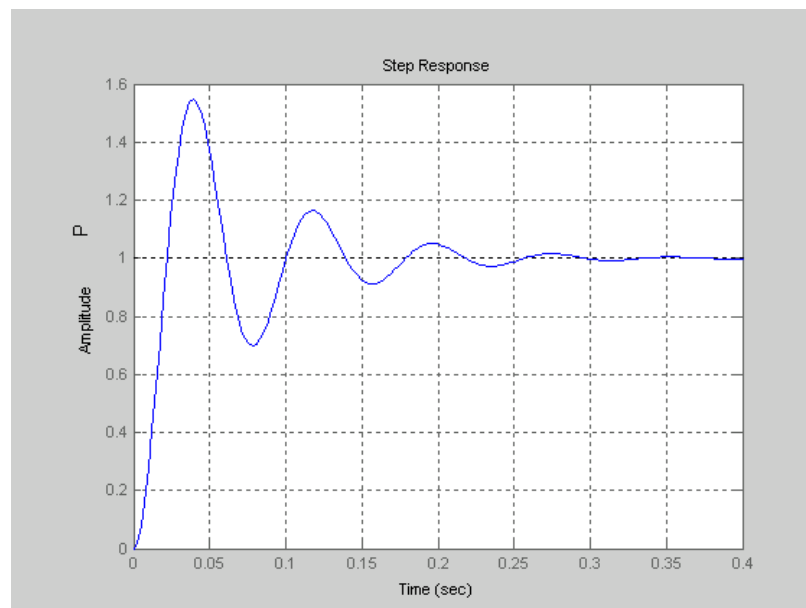


Рис. 4.10 Схема перехідного процесу

Із графіка очевидно, що час перехідного процесу становить 0.3 секунди, що свідчить про відповідність розрахованого регулятора даним системі і про стійкість системи.

4.4 Введення коригуючих пристроїв на регуляторах.

Оскільки контролер, що будемо застосовувати в СУ ТП, працює у дискретному режимі, регулятори також потрібно виразити їх у формі дискретних значень, використовуючи апроксимацію Тустена або Z-перетворення. Є різноманітні підходи до створення цифрових регуляторів, які базуються на теорії Z-перетворення та простору станів. Ці методи можуть вимагати складних математичних перетворень та застосовуються, переважно, в СУ високої точності.

Однак розглянемо більш простий підхід, який полягає у попередньому синтезі безперервних регуляторів за допомогою відомих методів теорії автоматичного регулювання для безперервних систем. Після цього проводиться перехід до цифрового регулятора, еквівалентний створеному аналоговому регулятору. Задача переходу від аналогових регуляторів вирішується як завдання апроксимації передавальної функції даного регулятора дискретною функцією передачі цифрового регулятора.

У практиці найбільш поширеною є апроксимація, отримана за допомогою білінійного перетворення або апроксимації Тустена. Згідно з цією апроксимацією:

$$z = \frac{1 + p \frac{T}{2}}{1 - p \frac{T}{2}}; p = \frac{2}{T} \cdot \frac{z - 1}{z + 1}, \quad (4.31)$$

де T - інтервал дискретизації по часу

Але цей метод можна використовувати лише у випадку, коли інтервал дискретизації за часом для цифрової системи T є дуже малим порівняно із найменшою постійною часу СУ T_{μ} . Згідно з теоремою Котельникова-Шеннона, неперервний сигнал можна досить точно відновити на основі його дискретних значень, якщо

$$T \leq 0,5 T_{\mu}. \quad (4.32)$$

На практиці потрібно мати $>$ коефіцієнт підтримки

$$T \leq (0,1 - 0,2) T_{\mu}. \quad (4.33)$$

Розрахуємо частоту дискретизації (T): це обернена величина від частоти контролера, але ефективніше взяти частоту АЦП, що дорівнює $48 \text{ кГц} = 48000 \text{ Гц}$.

Визначення частоти дискретизації аналого-цифрового перетворювача пов'язане з тим, що ефективність обробки інформації в першу чергу залежить від швидкості функціонування АЦП.

$$T = \frac{1}{48000} = 0.0000208, \quad (4.34)$$

Проаналізуємо виконання вимог (теорема Котельникова - Шенона)

$$T \leq 0,5 T_{\mu}. \quad (4.35)$$

$$0.00001 \leq 0,5 * 0.02, \quad (4.36)$$

$$0.00001 \leq 0.01, \quad (4.37)$$

Умови задані при обчисленні правильні, тому період дискретизації вірний.

Проведемо конвертацію отриманих регуляторів у дискретному форматі.

Розрахунок цифрових регуляторів, використовуючи ПЗ MatLab

$$W_{\text{per1}}(p) = \frac{29761.95p + 59523.8}{p}, \quad (4.38)$$

$$W_{\text{per1}}(z) = \frac{2978z - 2976}{z - 1}, \quad (4.39)$$

$$W_{\text{per1}}(p) = 1.7, \quad (4.40)$$

$$W_{\text{per1}}(z) = 1.7, \quad (4.41)$$

$$W_{\text{per3}}(p) = \frac{1.67p + 308.9}{p}, \quad (4.42)$$

$$W_{\text{per3}}(z) = \frac{1.673z - 1.667}{z - 1}, \quad (4.43)$$

5. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

5.1 Створення САУ застосовуючи ПЗ Rational Rose.

Розробка послідовності запису.

На діаграмі варіантів використання вказано, що оператор встановлює РР, обираючи "Remote Control". Після запуску процесу контролер отримує дані від датчиків і керує пристроями. Інформація про поточний стан процесу передається операторові як "Out info", зазначено на діаграмі варіантів використання. Історія роботи системи представлена як "Out info".

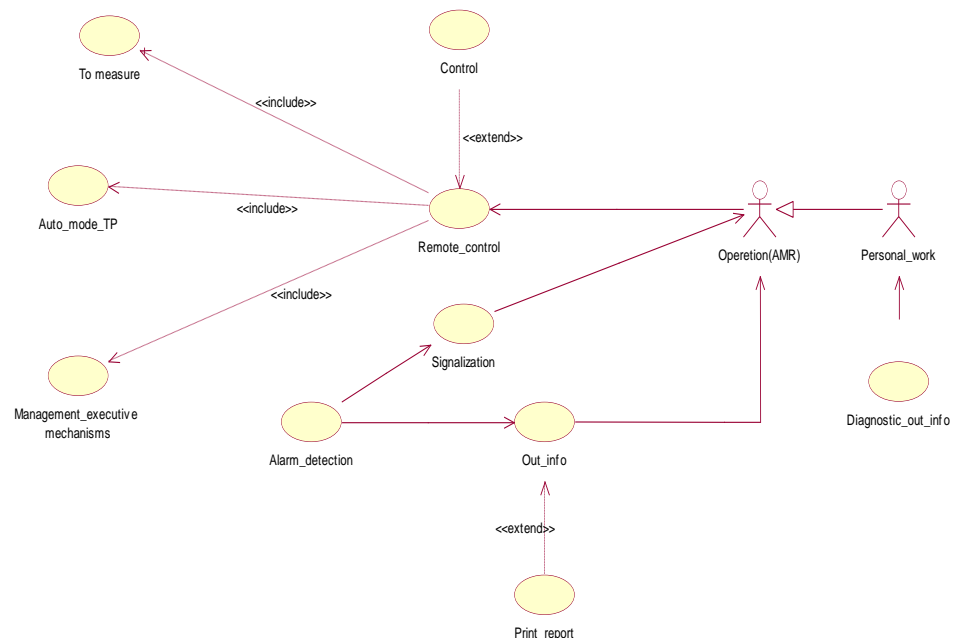


Рис. 5.1 - Варіанти використання показано в діаграмі

Створення структури даної системи.

Повне фізичне зображення СУ може бути досягнуте, навіть не знаючи, на якій технологічній платформі вона буде реалізована. Коли, головні функції даної системи зрозумілі, наступним етапом є визначення апаратної частини проектуємої системи. Для цього ми побудуємо діаграму топології (рис. 5.2).

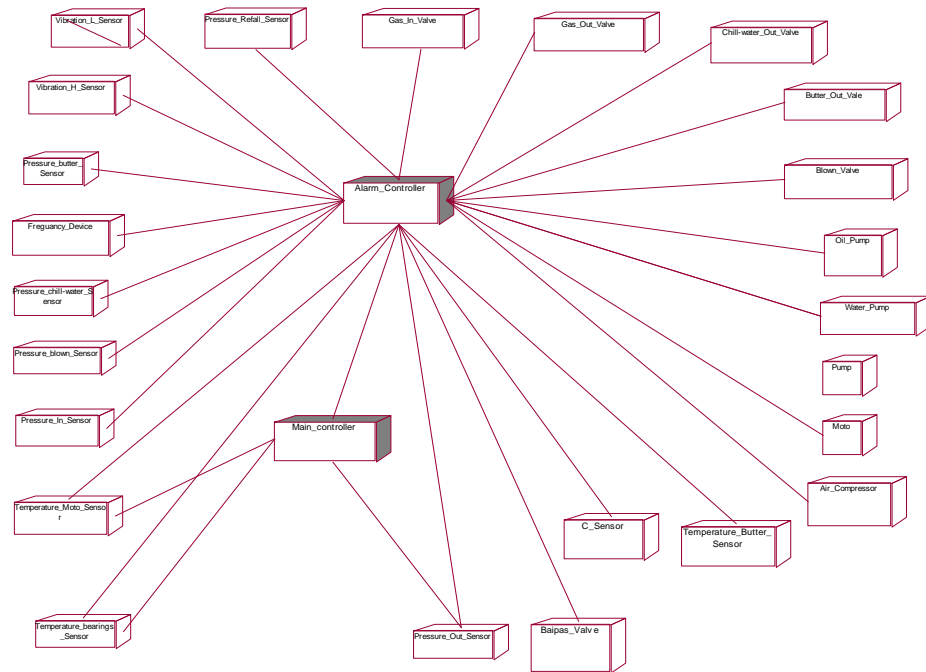


Рис. 5.2 - Схема топології

Діаграма спільна для всієї системи, оскільки вона повинна повністю відобразити практичне застосування. Контролер виступає як центральний пристрій системи керування функціонально пов'язана з усіма пристроями системи і регулює їх відповідно до системних вимог. Далі ми визначаємо, як пристрої, представлені на схемі топології, працюють в діалоговому режимі. Для цього спочатку класифікуємо пристрої за виконуваними ними функціями на такі категорії (класи):

Контролер (клас Controller) – Взаємодіє з датчиками та передає керуючі сигнали виконавчим пристроям.

- Клапани (клас Valve) – перекриває подачу речовини.

Датчик тиску (ДТи) (клас P_Sensor) – контролює тиск.

- Пристрій регулювання частоти (клас Frequency_Device) – зміна частоти струмового сигналу.

Датчик температури (ДТе) (клас T_Sensor) – контроль параметрів температури.

Датчик зсуву (ДЗ) (клас C_Sensor) – контроль повороту валу рухомого механізму.

Датчик вібрації (ДВ) (клас V_Sensor) – контроль параметрів вібрації.

- Двигун (клас Moto) – об'єкт електродвигун;

Повітряний компресор (клас Air_Compressor) – об'єкт виконуючий компресор;

Насос (клас Pump) – об'єкта виконуючий насос;

Ресівер (клас Receiver) – об'єкт спускного механізму.

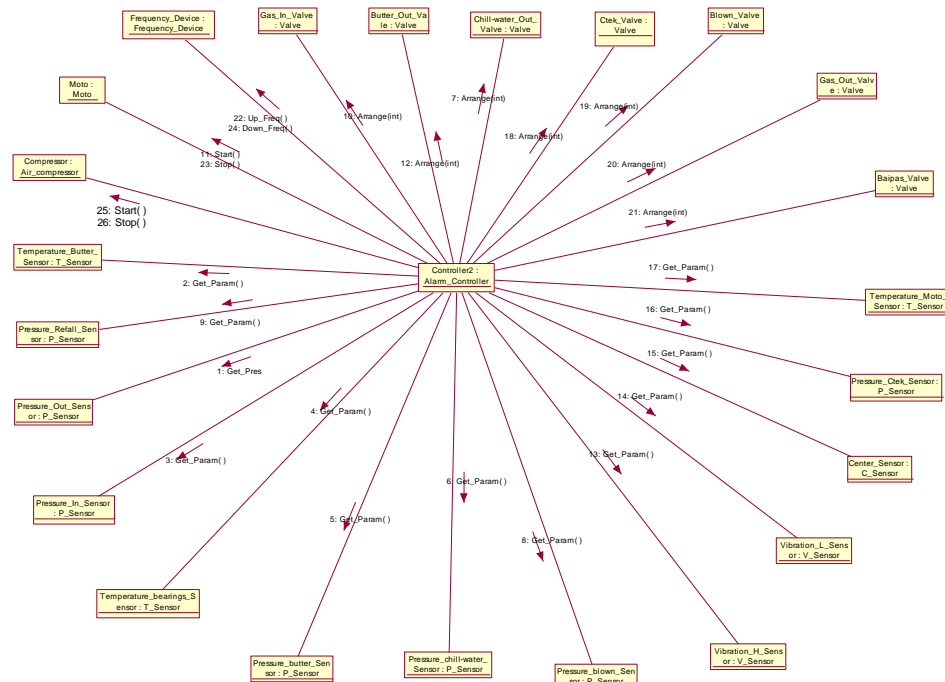


Рис. 5.3 - Діаграма взаємодії елементів системи.

Після розбиття системи на класи (рис. 5.3).

На даній діаграмі прийнято такі елементи:

Frequency_Device – регулятор частоти для приводу компресора;

Moto - мотор компресора;

Compressor –компресор подачі системи відведення тепла;

Oil_Pump - МН системи відведення тепла;

Water_Pump - водяний насос відведення тепла;

Temperature_Buter_Sensor – датчик рівня (ДР) тепла в рідині;

Temperature_bearings_Sensor – ДР тепла у підшипниках;

Temperature_Moto_Sensor – ДР тепла мотору;

Pressure_In_Sensor – датчик напору (ДН) газу на початку поступлення у компресор;

Pressure_Out_Sensor – ДН газу на кінці компресора;

Pressure_Refall_Sensor – датчик зміни значення тиску;

Pressure_butter_Sensor - ДН рідини;

Pressure_chill-water_Sensor - ДН води, що відводить тепло;

Pressure_blown_Sensor - ДН руху повітря;

Pressure_Stek_Sensor – ДН повітря у стійку;

Vibration_H_Sensor - датчик коливання (ДК)горизонтальний;

Vibration_L_Sensor – ДК вертикальний;

Center_Sensor - ДЗ відносно осі;

Gas_In_Valve – вимикач подачі газу на початку поступлення у компресор;

Gas_Out_Valve – перемикач виходу газу з компресора;

Butter_Out_Vale – перемикач зливу (ПЗ) рідини;

Chill-Water_Out_Valve – ПЗ рідкої суміші для охолодження;

Stek_Valve - перемикач поступлення повітря (ППП) у стійку;

Blow_Valve – ППП на обдування ЕД;

Baipas_Valve – байпасний перемикач.

На графіку видно, що для всіх елементів класу "Valve" контролер відправляє управляючі сигнали для закриття (Close) та відкриття (Open) відповідного клапана. До датчиків T_Sensor, P_Sensor, V_Sensor, C_Sensor контролер направляє запити для видачі відповідних сигналів (Get_Param). Об'єкти класу "Pump" та "Compressor" отримують від контролера сигнали для увімкнення (Start) та вимкнення (Stop). Функціональний блок, який визначає часові межі опитування давачів, є генератором, і коли він отримує сигнал, контролер опитує датчики.

Клас "Valve"

Оскільки клапани повинні забезпечувати відсоткове відкриття та закриття, цей клас містить атрибут "State" та два методи: "Open()" та "Close()".

Клас "Sensor"

Цей клас об'єднує всі ВП, які, за необхідності, мають атрибут "Param" і метод "Get_Param".

Клас "Moto"

Для виконання функцій включення та вимкнення цей клас має атрибут "State" та два методи: "Start" та "Stop".

Клас "Frequency_Device"

Цей пристрій відповідає за зміну частоти обертання мотора. Клас має атрибут "m_Freq" та два методи: "Up_Freq" та "Down_Freq".

Клас "Air_Compressor"

Для виконання функцій включення та вимкнення цей клас має атрибут "State" та два методи: "Start" та "Stop".

Клас "Pump"

Цей клас об'єднує всі насоси і має два методи: "Start" та "Stop", а також атрибут "State".

Клас "Receiver". Об'єднавши регулюючі органи класу "Valve" для спуску газу.

Клас "Controller". Повинен включати всі введені працівником дані ТП, такі як:

- m_P_Gas_In_min – мінімальний напір (МіН) на вході;
- m_P_Gas_In_max – МіН на вході;
- m_P_Gas_Out_min – МіН на виході;
- m_P_Gas_Out_max – максимальний напір (МаН) на виході;
- m_P_Gas_Defference_max – МаД напору;
- m_T_Gas_Out_max -МаД температура газу на виході;
- m_T_Gas_In_max – min значення температура газу на вході;
- m_Freq_max - max швидкість обертання мотора;
- m_C_max - max ДЗ на валу;
- m_Vibr_max - максимальні дані (МаД) коливання на валу;
- m_T_bearing_max – МаД температури в зоні руху підшипників;
- m_T_moto_max – МаД температура мотора;
- m_T_Oil_max – max температура оливи;
- m_P_Oil_max – МаН в зоні оливи;
- m_P_Oil_Reserv_max – МаН оливи з запасу надходження;
- m_T_time - час запиту і відповіді давачів (ЧЗіВД) температури;
- m_P_time - ЧЗіВД тиску;
- m_C_time – ЧЗіВД усунення;
- m_Vibr_time - ЧЗіВД коливань;
- m_P_Water_max – МаН в зоні води;
- m_P_Water_min – МіН в зоні води;
- m_P_Air_max - МаН повітря в зоні повітряного охолодження (ПвЗПО);
- m_P_Air_min – МіН ПвЗПО.

Усе описане вище показане на діаграмі класів на рисунку 5.4.

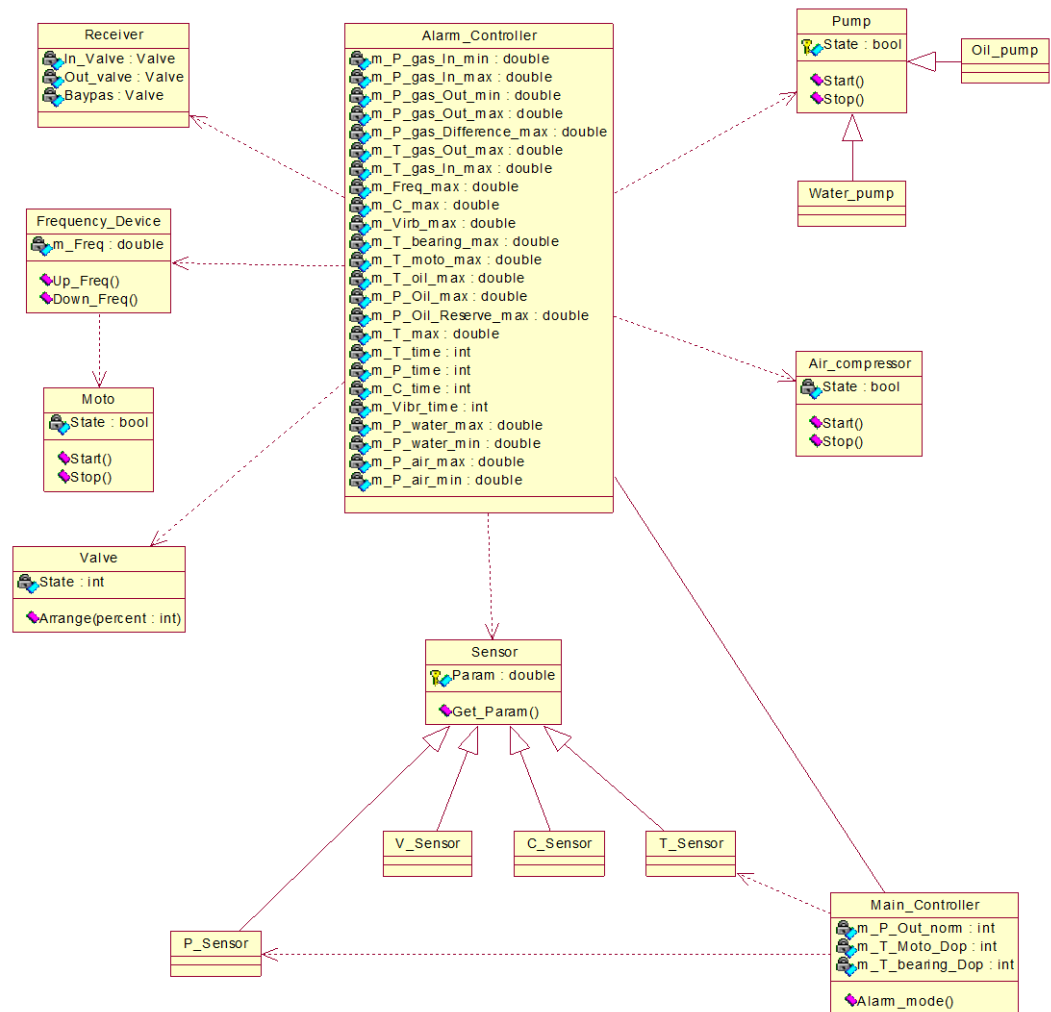


Рис. 5.4 - Схема класів системи

5.2 Створення процедури функціонування системи.

Запуск КУ в системі керування ініціюється оператором після введення параметрів процесу. Напочатку запуску передбачається перевірка того, що передпускові параметри належним чином налаштовані. Після запуску система переходить у режим автоматичної роботи і продовжує працювати до того моменту, поки оператор не вирішить її зупинити. Система автоматично виявляє та надає попередження про можливі аварійні ситуації. Оператор може змінювати параметри під час роботи системи за необхідності.

Робота системи організована таким чином.

Маємо, що зовнішні налаштування процесу стиснення перебувають у межах норми, після чого запускається двигун. У випадку виявлення системою будь-якого параметра, який відхиляється від норми, система генерує сигналізацію та блокує відповідний пристрій. Єдиною умовою блокування, яка виходить за межі робочого циклу, є тиск, температура та витрата ЦГ. Протягом роботи системи моніториться зміст вхідних даних від датчиків, що свідчить про активний стан системи. Копіювання даних та зовнішній звіт сприяють аналізу процесу. Схема обробки даних виглядає, як показано на рис. 4.5.

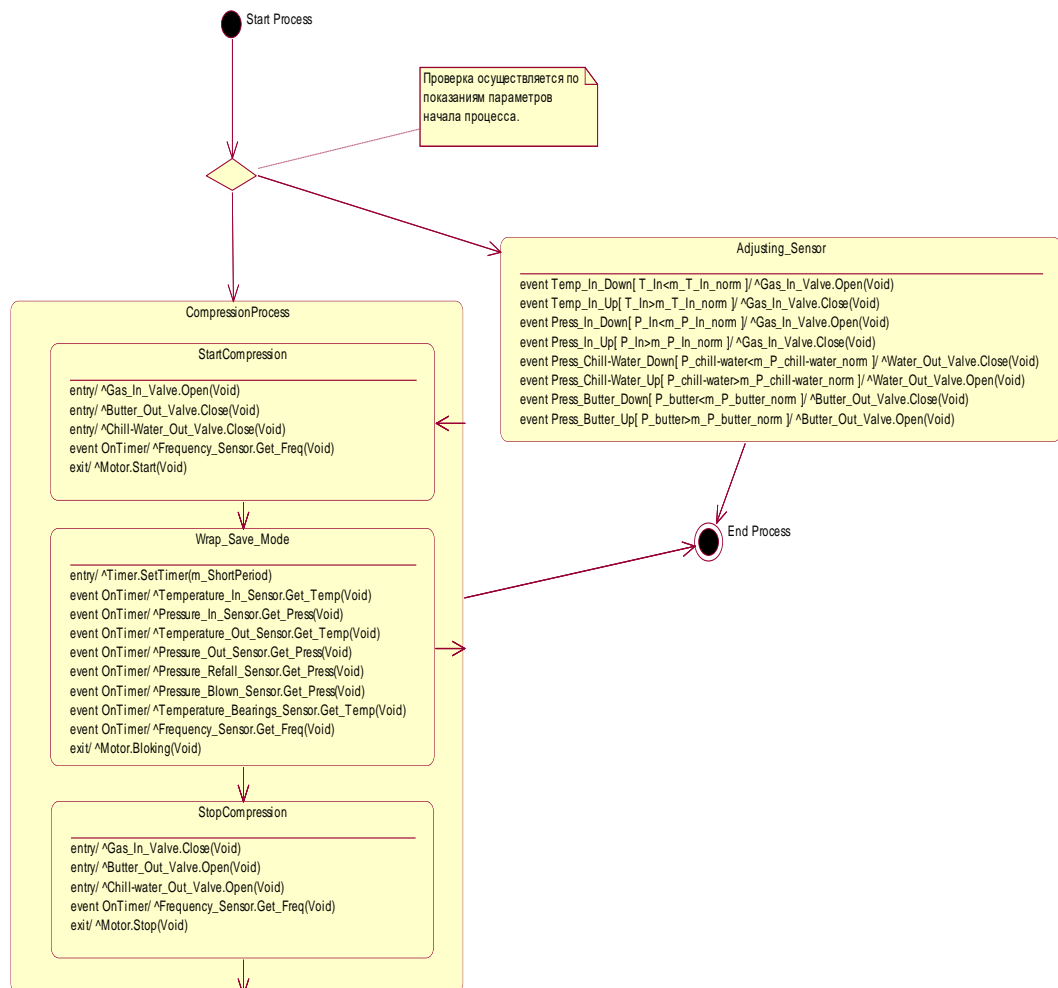


Рис. 5.5 - Діаграма активності, показує послідовність обробки даних

5.3 Генерація коду програми.

Rational Rose Class представляє собою опис загальної структури, що включає дані та зв'язки між об'єктами. Для автоматичного породження програмного коду відповідно до цієї моделі генератор Rational Rose повинен мати відповідну мову програмування, на якій буде створюватися код, і вказаний компонент, де клас буде формуватися. У випадку вказівки VC++ для генерації коду, користувач має вхід до усієї ієрархії класів бібліотеки MFC, використовуючи візуальні засоби Model Assistant. Отже, перед тим як генерувати код на Visual C++, необхідно згенерувати діаграму компонентів, яка відображатиме взаємодію та структуру програмних компонентів, які виявлені у вихідному коді, бінарних файлах. Зв'язки на цьому типі діаграми показують собою залежності одного елемента від другого і позначаються значком «залежності».

У цьому проекті ми плануємо створити спрощену діаграму компонентів, де кожен компонент відображатиме клас або його реалізацію. Варто відзначити, що при створенні коду беруть до уваги різні підходи. Для кожного класу планується створення двох файлів: заголовкового (з розширенням .h), який міститиме опис класу, та файлу реалізації (з розширенням .cpp), де буде розміщено програмну реалізацію методів класу. Кожен елемент на діаграмі має свій клас, а саме: Package Specification та Package Body. Для зручності на діаграмі (рис. 5.6) компоненти будуть мати ті самі назви, що й класи, які вони представляють.

Додатково, при генерації компонентів у специфікації вказується мова програмування для його реалізації (у цьому випадку - VC++), а також визначається, які саме класи додаються (вкладка Realizes у переліку компонента). На зазначеній діаграмі кожен компонент включає тільки один клас з ім'ям, ідентичним імені компонента.

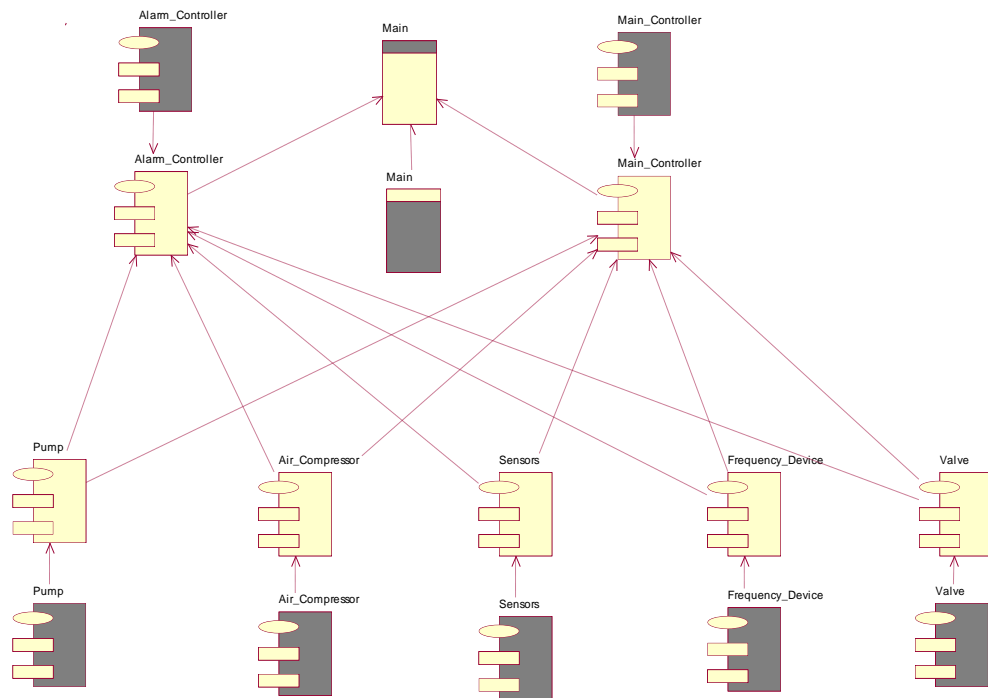


Рис. 5.6 – Елементи діаграми

Після визначення реалізації та прототипів функцій, інструмент Model Assistant використовується у відповідних класах задаємо для кожного оператора типи значень, які вони повертають, параметри, які їм передаються, і тіла функцій (Default Code Body). У класі Controller визначається структура params і поля, що містяться в ній, що представляють задані оператором параметри процесу.

Завершальним кроком у процесі створення ПЗ на Visual C++ є встановлення зв'язку між компонентом та проектом. Microsoft Visual Studio 6.0. Для даного випадку використовують елементи Component Assignment Tool, який доступний у меню Tools → Visual C++ → Component Assignment Tool.... У властивостях кожного компонента слід вказати існуючий проект Visual Studio або зробити новий (з використанням інструментів Microsoft Visual Studio). У цьому проекті будуть створені класи, що входять до обраних компонентів. Цей інструмент також дозволяє включати класи до компонентів

і асоціювати їх із мовою VC++, якщо це ще не було зроблено, за допомогою методу Drag'n'Drop. Після визначення для всіх компонентів відповідного проекту, до якого вони включені, можна розпочати генерацію коду за допомогою меню Tools → Visual C++ Update Code.... Коли було виділений клас або елемент, то код буде оновлено (або створено, якщо він ще не був згенерований).

5.4 Реалізація СУ КУ на рівні апаратного та ПЗ.

Апаратна реалізація управління розвивається у відповідності до визначених вимог для СУ, які описано в розділах 2.3, 2.4, а також враховуючи особливості ТП, що детально описані у розділі 1.8. Компанії, які спеціалізуються на проектуванні, встановленні та налагодженні САУ промисловими об'єктами в галузі нафтохімії, зокрема газоперекачувальних, мають значний досвід в розробці систем такого рівня. Тому розумно звернутися до вже готових рішень як для створення самої СУ, так і для впровадження відповідного обладнання. Багато компаній, при розробці складних об'єктів використовують методології, чия основна концепція описана у розділі 3.1. Цей підхід дає можливість раціонально задіювати доступні ресурси. З наших розумних припущень випливає, що всі об'єкти мають відмінну сумісність, відповідають головним критеріям якості та продуктивності, є економічно виправданими та мають необхідні сертифікати відповідності ЄС. Будова САУ має можливість легко бути розширена та модернізована, зберігаючи чи поліпшуючи вимоги до неї. Також важливою є можливість в системі проведення діагностики та самодіагностики обладнання. Наявність блоків захисту від різних видів помилок, як електромагнітних, так і механічних, є ще одним важливим аспектом.

Вибір управлінського середовища.

Система керування, яка відповідає визначеним вимогам, повинна мати потрібні властивості, що забезпечуть встановлення додаткового ПЗ, або може бути постачена як готовий комплект засобів для програмного та апаратного управління. Ми розглянемо другий варіант, оскільки він має кілька важливих переваг:

- Усю потрібну технічну та програмну документації для встановлених компонентів;
- Немає потреби у додатковому придбанні ПЗ, оскільки структура та якість САУ передбачає розробку ефективних засобів управління, які чітко виконують свої функції;
- Можливість технічної підтримки через інформаційний центр.;
- Велика база реалізованих систем та принципів;
- Така багатофункціональна розподілена СУ ТП є DeltaV. Системні елементи FOUNDATION FIELDBUS, контролери та робочі станції взаємодіють, надаючи управління на різних рівнях. Ця система широко використовується на ринку та відзначається хорошою репутацією. DeltaV пропонує різноманітні модулі, що дозволяють створювати різноманітні СУ. Перед впровадженням системи DeltaV важливо чітко сформулювати вимоги до інтерфейсу ПЗ управління процесом та належним чином налаштувати робочу станцію. Системи DeltaV ефективно використовуються для управління мережами різного масштабу, дозволяючи гнучко планувати та моделювати розміри мережі для максимального відповідання вимогам управління процесом. Мінімальний кількість елементів для системи DeltaV показана на рисунку 5.7, де є кількість робочих станцій та контролерів з потрібним обладнанням, що повинна містити дана системи.

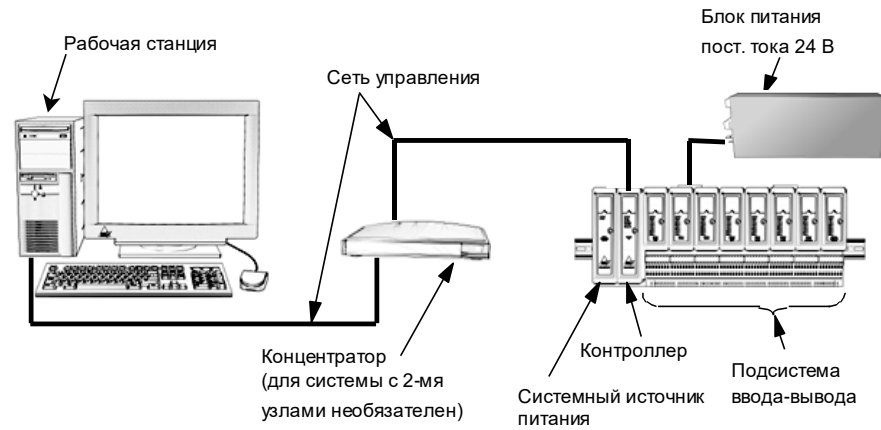


Рис. 5.7 – Потрібний робочий комплект системи DeltaV

До цього комплекту компонентів входять:

- Система керування, що здійснює передачу даних між робочими станціями та контролерами.
- Робоча станція, яка має графічний інтерфейс користувача.
- Контролер, що відповідає за керування та передачу даних між системами введення-виведення та елементами керування.
- Підсистема введення-виводу (ПВВ), що опрацьовує дані від зовнішніх пристроїв.
- Потрібне ДЖ для роботи DeltaV.
- Спільне ДЖ для зовнішніх елементів, які підключені до системи DeltaV.
- Несучі панелі, які монтується на рейки DIN та забезпечують розподіл живлення та передачу даних між контролером та елементами вводу-виводу.

Вибір мережі керування (МК).

МК є ізольованою мережею Ethernet, яка дає обмін інформації між контролером та виконавчою станцією. Для з'єднання комунікаційних

каналів використовуються концентратори та комутатори Ethernet. При розробці топології мережі враховуються такі аспекти:

- Кількість вузлів у мережі управління обмежена до 120.
- Канал керування системи DeltaV повинна бути відокремленою для забезпечення надійності та високої продуктивності. Додаткові елементи системи не повинні підключатися до МК DeltaV.
- Взаємодія з іншими пристроями та мережами, які не входять до DeltaV, повинна здійснюватись через Інтеграційні станції. З огляду на подані топології МК обирається найбільш відповідна, а саме, МК симплексного типу з контролерами з резервуванням, її структура відображена на рис. 5.8.

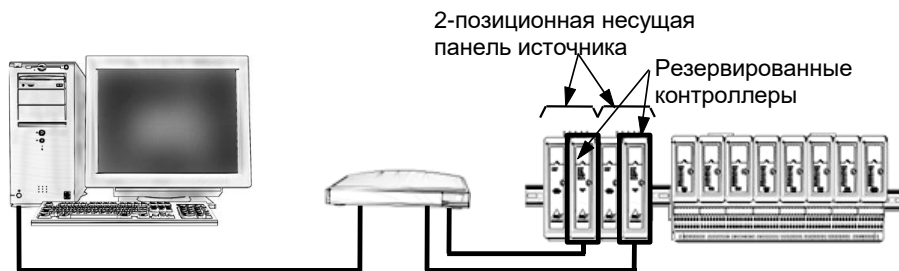


Рисунок 5.8 - Симплексна МК та додаткові контролери

Навіть при використанні двох портів концентратора допоміжного контролера розглядається як один вузол. У випадку потреби у збільшенні відстані між вузлами можуть застосовуватися наступні методи:

- Використання перетворювачів середовища передачі даних.
- Використання каскадних концентраторів.
- Використання концентраторів із стіковим з'єднанням.
- Використання оптоволоконних дистанційних розширювачів.

З огляду на можливі шляхи модернізації нашої системи, детально розглянемо один із чотирьох способів.

Перетворювачі середовища передачі даних використовуються для забезпечення переходу між мідним кабелем стандарту 10BaseT та оптичним кабелем і навпаки. Зазвичай, з'єднання цих конвертерів встановлюється між концентраторним портом та робочою станцією чи контролером. Між ними розташовується оптичний кабель, довжина якого може досягати великих відстаней, від сотні до однієї тисячі метрів. Кожен вузол МК, такий як робоча станція чи контролер, може використовувати перетворювачі середовища для підключення до концентратора, що дозволяє значно збільшити відстань між ними. Важливо, щоб засоби передачі даних, що використовуються у системі, які забезпечують конвертацію середовища передачі DeltaV, були сумісні зі стандартом IEEE 802.3 (Ethernet), відповідали вимогам специфікації 10Base-FL (для оптичного кабелю) та використовували хоч би один роз'єм 10BaseT для мідного проводу і також один провід роз'ємів типу ST для оптичного. На кожен оптичний кабель необхідно два перетворювачі: перший для з'єднання мідного кабелю зі оптичним, інший – з'єднання навпаки. Багато виробників обладнання виробляють такі перетворювачі, включаючи Black Box (www.blackbox.com), Hirschmann (www.hirschmann.de), Transition Networks (www.transition.com) та інші.

5.5 Розгляд структурної організації та компонентів контролера.

Як видно на рис. 5.8, ми використовуємо контролер з резервуванням, що значно покращує узагальнену надійність операційної системи. Контролер для допоміжного вжитку обладнаний двома платами. Контролер проводить управлінські операції і відповідає за передачу інформації між ПВВ та системою керування. Контролер може бути налаштований для виконання різноманітних завдань, таких як збір даних, обчислення, покрокове управління, безперервне керування (регулювання) або керування процесами,

що періодично повторюються. На рис. 5.9 зображений резервований контролер, який міститься на 2-слотових елементах.

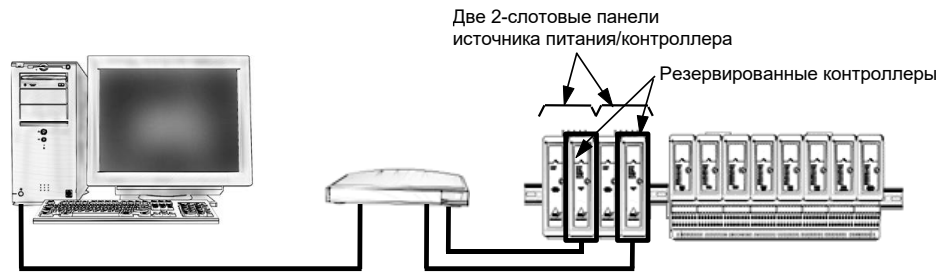


Рисунок 5.9 - Допоміжний контролер і панелі

Вибір обладнання контролера в системі DeltaV включає в себе моделі M3, M5 та M5 Плюс. Застереження щодо обмеження розширення системи стверджує, що при додаванні трьох і більше контролерів, наступне додавання призводить до меншого приросту продуктивності, ніж у випадку що був перший. Будь-який модуль контролера вставляється у праву частину 2-слотової основної панелі для підключення живлення контролерів. Таким чином, для будь-якого допоміжного контролера ми встановлюємо дві 2-слотові елементи живлення.

Для побудови нашої системи ми обираємо контролер M5 Плюс, оскільки він володіє великою сумісністю із ПЗ Professional+.

Ліцензування контролерів у системі DeltaV є необхідною умовою для завершення її налаштувань. Тому потрібно встановити загальна кількість ТПУ (тегів параметрів пристроїв) в системі DeltaV, що будуть застосовуватися для тестування процесів, та необхідна кількість ТПУ, які будуть приймати участь в керуванні процесами. ТПУ для моніторингу охоплює функції, такі як огляд, збереження архівів, зміна розміру та генерація повідомлень. ТПУ, який виконує будь-які інші функції, крім зазначених, розглядається як ТПУ, що використовується для керування.

Теги тільки для відображення (ТДВ) призначені лише для візуального представлення і не входять в ліцензійні обмеження, не рахуються серед ТПУ

та не враховуються в загальній кількості тегів при підрахунку ТПУ. Кількість ТДВ обмежується можливостями продуктів DeltaV, детально визначеними в Додатку А. У системі DeltaV ТДВ пройшов через контролер DeltaV та інтеграційну станцію. ТДВ не залучаються до роботи жодних модулів чи функціональних блоків, які реалізують управлінські чи алармові функції. Тим не менше, їх можна відображати, реєструвати в трендах та зберігати в історії на робочих станціях.

5.6 Система введення-вивидення.

ПВВ в системі DeltaV може мати у собі блоки для типового аналогового та дискретного модуля, частина HART, послідовного інтерфейсу, зовнішньої шини FOUNDATION, та ще шин AS-i і Profibus DP. Будь-який інтерфейс містить в собі плати вводу-виводу та з'єднуючого блоку. Можливо підключення до 64 інтерфейсів до контролера у довільному підключенні, якщо уся кількість застосованих ТПУ не більше 500. В системі DeltaV є ще і іскробезпечна підсистема для підключення зовнішнього обладнання, розміщеного у вибухонебезпечних зонах. Візьмемо до уваги блоки, необхідні для реалізації нашої системи, серед яких входять блоки типового аналогового введення-виводу, послідовного інтерфейсу та полевої шини FOUNDATION.

Блоки типового аналогового введення-виводу в системі DeltaV підтримують уніфіковані аналогові сигнали, такі як 4-20 мА, 1-5 В, мілівольтні, омичні сигнали, а також стандартні входні сигнали термопар та термоопор. Це є найбільш оптимальним стандартом для підключення блоків, оскільки більшість аналогових сенсорів працюють у цьому режимі (4-20 мА).

Елементи послідовного інтерфейсу мають два порти. Кожен порт може обслуговувати до 16 наборів даних, які є безперервною областю до 100 регістрів/реле в програмованій логіці контролера. Коли порт працює у режимі RS-485, можна скористатися з'єднанням за

допомогою шлейфу для пристроїв. 16 наборів даних можуть бути розподілені між будь-якою кількістю пристроїв від 1 до 16, залежно від обсягу та структури даних. Якщо необхідно зчитування інформації збереженої в програмованій логіці контролера або організація місцевого пульта спостереження, порт може реалізувати функції тестування.

Панель Н1 для зовнішньої шини FOUNDATION представляє собою 2-слотову конструкцію, розташовану поруч із зовнішніми пристроями. Ця несуча панель, обладнана платою дискретного входу та дискретного виходу, виконує функцію перетворення стандартних дискретних сигналів у значення зовнішньої шини FOUNDATION. Такий підхід дозволяє передавати дискретні сигнали в тому ж проміжку зовнішньої шини, де поступають аналогові сигнали, що призводить до скорочення куплених сегментів і, відповідно, до економії енергопостачання.

Панель Н1, що несе, легко з'єднується із сегментом польової шини, аналогічно до будь-якого іншого пристрою цієї шини. Джерело енергії для основної панелі та додаткових плат дискретного введення-виведення подається з зовнішнього джерела. Цю несучу панель можна закріпити на рейці DIN (з можливістю установки лише на Т-рейку), стіні або панелі. Загальні розміри панелі Н1 представлені на рис. 5.10.

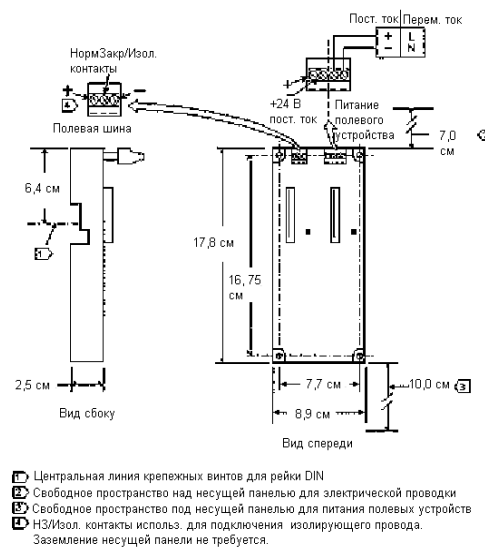


Рис. 5.10 - Виконавча панель Н-1

Плати Н1 для зовнішньої шини FOUNDATION монтується на типовій 8-слотовій основній панелі DeltaV. Будь-який модуль Fieldbus Н1 надає можливість приєднати два сегменти зовнішньої шини, з усіма елементами, які можуть задіяти до 16 пристроїв.

У нашій системі планується використовувати один модуль Н1, який повністю завантажить обидва сегменти. Специфікації, які були вибрані для розробки, відповідають характеристикам вибраного обладнання. Нижче наведені вказівки, які були враховані:

1. До першої інтерфейсної плати Н1 можна приєднати два сегменти зовнішньої шини.
2. Будь-який елемент зовнішньої шини підтримує до 16 пристроїв, включаючи датчики та клапани.
3. Для кожного сегмента потрібний особистий налаштовувач напруги для пристроїв, що з'єднані з елементом схеми. На рис. 5.5 показано налагоджувач, який отримує живлення 24 вольт постійного струму (ПСт) від спільного ДЖ, який також живить типові пристрої та зовнішнє обладнання введення-виведення.
4. Загальна довжина сумуючих проводів сегмента Н1 повинна містити не більше 1.9 кілометра.
5. Максимальна довжина потрібного з'єднуючого дроту між пристроєм та клемною коробкою містить 120 метрів.
6. Будь-який кінець магістрального проводу зовнішньої шини має бути закінчений термінатором. Лівий частина магістрального кабелю термінований внутрішнім термінатором регулятора напруги.
7. Для збірки магістрального та відповідного кабелю використовуються стандартні кабелі типу А (Belden 3076F), штиркові конектори VE6957 та гніздові конектори VE6958.
8. Всі невикористані роз'єми клемних коробок повинні бути зачинені заглушками VE6955.

9. Кожен польовий пристрій повинен бути обладнаний адаптером кабельного введення VE6959, який перетворює клемник приладу на штирковий конектор для підключення гніздового конектора VE6958 кабелю польової шини.
10. Іскробезпечна частина на базі зовнішньої шини містить 8-канальне аналогове підключення 4-20 мА, 8-канальне аналогове підключення 4-20 мА, 16-канальне дискретне підключення, 4-канальне дискретне підключення та іскробезпечне джерело напруги (ДН). Ізольована частина локальної шини роз'єднює іскробезпечну частину системи введення-виведення від ношого контролера та основного ДН.

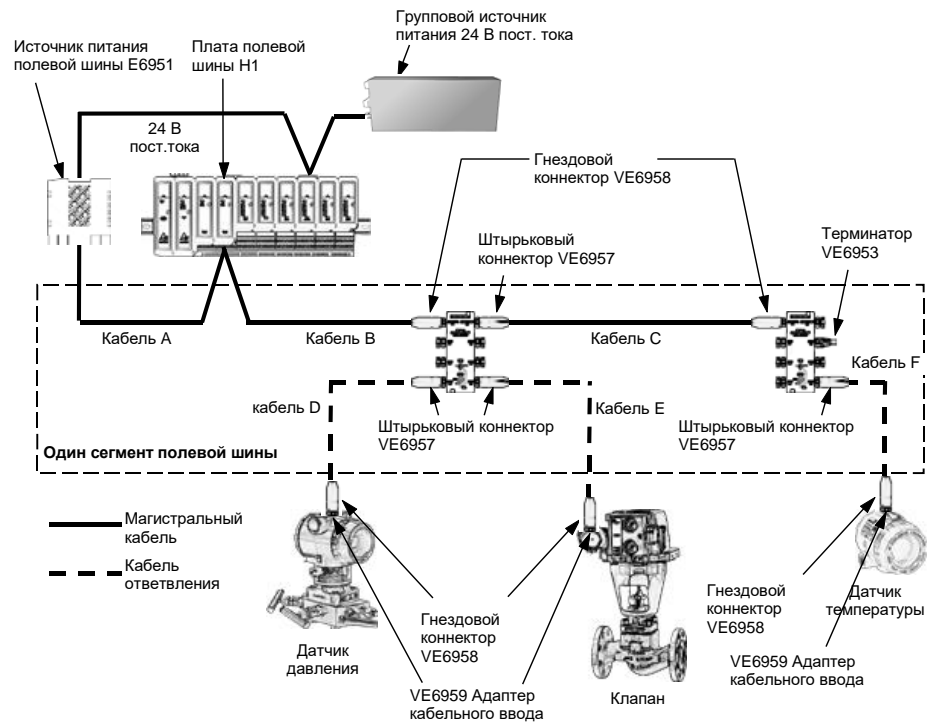


Рисунок 5.11 - Зразок частини шини N1

Загалом, наша система набуває форми, представлений на рис. 5.12

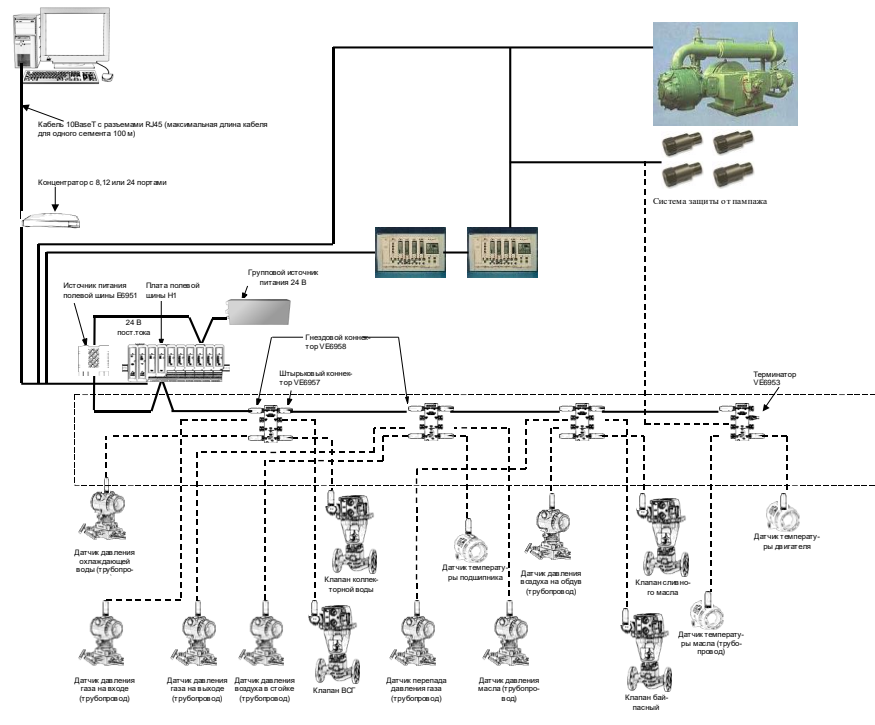


Рис.5.12 Загальний вид ситеми

Вибір блоку живлення

Основний блок живлення VE5002 (12Vdc/12Vdc)

ДЖ VE5002, зображене на Рис.5.7, за звичай використовується в системах DeltaV, що мають кілька контролерів та ПВВ. У таких системах загальне живлення надається від мережі змінного струму 120/240 Vac. ДЖ VE5002 приймає вхідний струм 12 Vdc та ставить у відповідність напруги системи: 12 В, 5 В і 3.3 В для живлення контролера та ПВВ. Дана частина ДЖ монтується безпосередньо ліворуч від плати контролера.

У робочому варіанті необхідно мати кілька ДЖ з урахуванням наступних факторів: а) присутність резервного контролера; б) велика кількість плат вводу-виводу, які використовуються контролером. Додатковим ДЖ від мережі 120/240 Vac/12 Vdc буде спільне ДЖ VE5004.

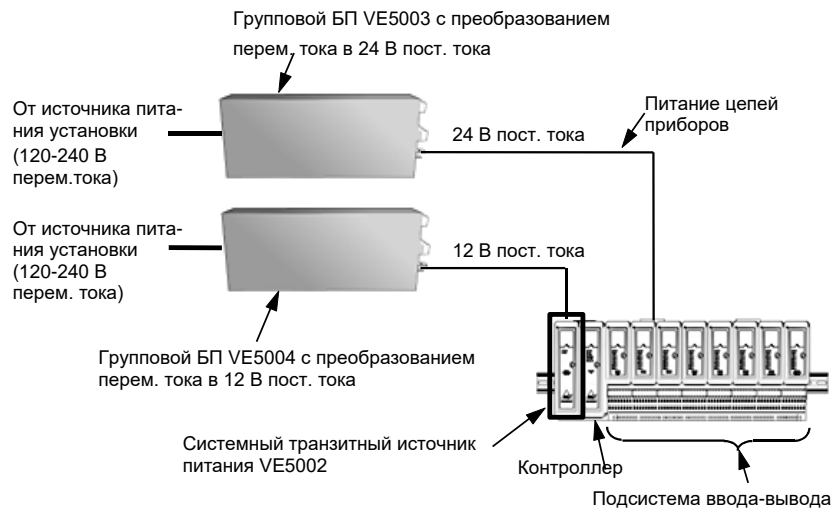


Рисунок 5.13 - Основной блок живлення VE5002

5.7 Вибір потрібних датчиків шини FOUNDATION

Датчики тиску з лінійки SMART FAMILY, такі як модель 3051 від компанії Rosemount Inc., встановлюють особливий метод у технології заміру тиску. Цей передовий датчик поєднує неперевершені експлуатаційні характеристики, гнучкість платформи Corplanar та інноваційні рішення, що відзначаються як технологія майбутнього. Експлуатаційні параметри нової моделі 3051 гарантують точність і стабільність при різних умовах експлуатації. Модель 3051 перетворює уявлення про якість датчиків тиску, додавши новий аспект - всебічну оцінку якості.

З метою встановлення хорошої якості вимірювань в дійсних умовах процесу ця властивість поєднує в собі оцінки з еталоном, дії температури та тиску в системі. На даний час, замість того, щоб обмежуватися лише еталонною точністю, ми можемо обирати датчик, виходячи з реальних експлуатаційних характеристик. Використання датчиків цієї серії здійснено з ряду міркувань:

- Стабільність характеристик у часі;
- Зменшена варіабельність (покращений час відгуку);
- Технічна передовість у плані модернізації та заміни;

- Адаптація платформи Coplanar;
- Велика кількість вихідних сигналів;
- Надійний індикатор;
- Можливість локального коригування нуля та регулювання шкали;
- Захист від перехідних процесів;
- Довгий термін служби

Всі сенсори, використовувані для вимірювання тиску в нашій системі, будуть з цієї серії, оскільки їх характеристики повністю відповідають нашим вимогам.

Давач зміни величини тиску моделі 3051C (застосовується на трубопроводі, що розташований між входом та виходом компресора.)

- Високі межі вимірювання: точність 0,075%, можливість зміни шкали 100:1;
- Широкий діапазон перепаду тиску: градуювання на шкалі від 0,5 дюймів H₂O до 2000 psi;
- Доступ до вимірювань завеликого тиску: градуювання шкалі від 2,5 дюймів H₂O до 4000 psig;
- Можливість вимірювання абсолютного тиску: градуювання шкали від 0,167 psia до 4000 psia;
- Виготовлений із нержавіючої сталі, Hastelloy C, Monel, Тантал (доступно лише для CD і CG) та ізолюваний золотом для використання в технологічних середовищах з Monel;
- Компактна, жорстка та легка конструкція для зручності установки. Схему датчика можна розглянути на рис. 5.14.

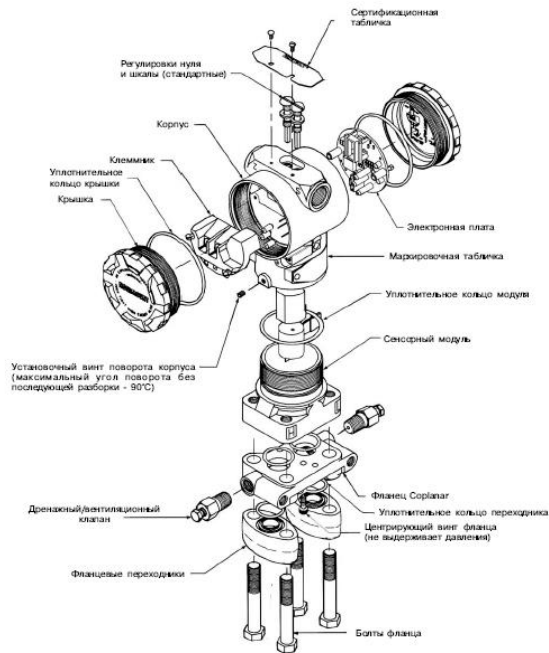


Рис. 5.14 - Датчик 3051 С у виді комплектуючих

Датчик надлишкового та абсолютного тиску моделі 3051T
(застосовується на трубопроводі у районі входу та виходу газу)

- Високі межі вимірювань: точність 0,075%;
- Широкий діапазон абсолютного тиску: градування шкали від 0,3 дюймів Н₂О до 10000 psia;
- Доступ до вимірювань зайвого тиску: градування шкали від 0,3 дюймів Н₂О до 10000 psig;
- Ізолятори технологічної частини виготовлені з нержавіючої сталі та Hastelloy C;
- Конструкція із єдиним ізолятором;
- Заповнення силіконовою або інертною рідиною;
- Використання стандарту DIN;
- Всіановлююча та розмірна схеми можна знайти на рис. 5.15.

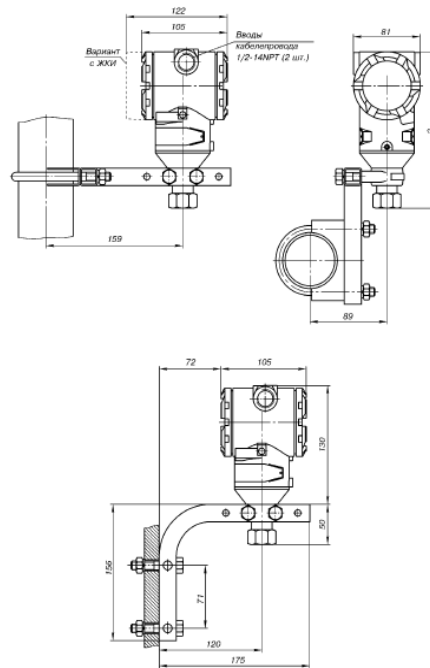


Рис. 5.15 – Встановлююча схема датчика 3051T

Давач тиску моделі 3051S (застосовується на трубопроводі моніторингу тиску води, олії, повітря)

Smart – унікальний, ‘розумний’ ДТс

- Високі межі вимірювань 0,075%
- Застосування при вимірюваннях перепаду, надлишкового та абсолютного тиску;
- Загальний набір функціональних частин моделі 3051С, також і цифровий індикатор;
- Застосовують - 6-12 В ПСт;
- Економне споживання енергії від 18 до 36 мВт;
- Застосовують виходи 0,8-3,2 і 1-5 вольт;
- Сенсорний модуль типовий з модел’ю 3051С.
- Градування шкали від 2,5 дюймів Н₂О до 2000 psi;
- Будова конструкції з фланцем Corplanar дає зниження температурного ефекту;

- Більша можливість вибору матеріалів для мембранних систем;
- Ущільнювачі використовують стандарт 3-А;
- Хороша можливість переналоштування діапазону;
- Дає можливість виміряти перепад тиску та його надлишок;
- S1 Одна зовнішня мембрана;
- S2 Дві зовнішні мембрани.
- Общий вигляд датчика моделі 3051S зображено на рис. 5.16.



Рис. 5.16 – Общий вид датчика 3051S

Пірометричний ДТе серії M18 (застосовують для моніторингу температури повітря в корпусі мотора)

- Межа температур: 0...300 °С;
- Метраж хвилі: 8...14 нм;
- Гістерезис: 5%;
- Консистентність: 1 °С;
- Час, необхідний для реакції виходу: 25 мс;
- Стан готовності після активації: 1.5 с;
- Відображення даних: два світлові діоди;
- Час прогрівання: 5 хв.;
- Клас захисту: IP67;

- Характеристики експлуатації в певних кліматичних умовах: ТЗ (-20 ... 70 °С);
- Матеріал виконання основи: нержавіюча сталь;
- Вид давача на рис. 5.17.

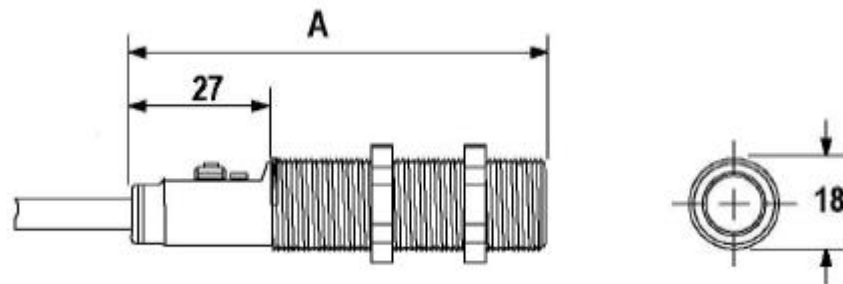


Рис. 5.17 – Общий вид датчика M18

5.8 Вибір аналогових датчиків.

Широкий асортимент доступних аналогових датчиків відкриває значні можливості для відбору обладнання із необхідними параметрами. Основними критеріями при виборі засобів вимірювання були:

- Розширений функціональний набір;
- Підвищена термоелектрична стабільність та довговічність роботи;
- Мінімальна теплова інерція;
- Додатковий захист термоелектродів від впливу робочого середовища;
- Можливість індикації стану та вимірюваних величин;
- Визначення стану та автодіагностика об'єкту;
- Експлозійнозахисне виконання.

Температурний перетворювач ТСМУ – 274 з стандартизованим сигналом на виході (розташований непрямо в зоні моніторингу температури мастила компресора та охолоджувальної води)

- Сигнал на виході: 4-20 мА;
- Діапазон перетворюваних величин: 0-180 °С;
- Межа основної наведеної похибки: 0.25, 0.5;
- Шкала відповідності вихідного сигналу від температури;
- Межа застосування: 800 °С;
- Тип вибухозахисту: вибухонепроникне середовище d;
- Коефіцієнт теплової інерції: 40 с;
- Гарантія: не менше 5 років;
- Інтервал перевірки роботоздатності: 1 рік;
- Характеристика кліматичного виконання: Т6 (від - 20 °С до + 45 °С).
- Общий вид датчика наведено на рис. 5.18.

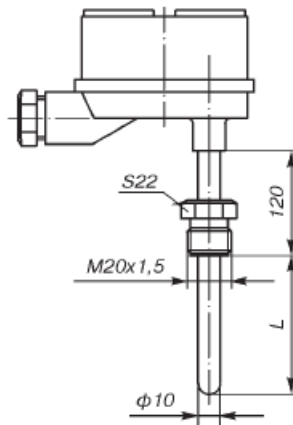


Рис. 5.18 - Температурний перетворювач ТСМУ – 274 з стандартезованим вихідним сигналом

Термоелектричний перетворювач ТХА 241 (оцінка температурного стану опорного підшипника)

- Кількість елементів, які реагують на зміни: 1;
- Елемент, який реагує на зміни: кабель термопарний КТМС;
- Клас допуску: 2;
- Межі вимірювання: - 40...200 °С;

- Робочий з'єднання: ізолюваний;
- Опробачія: один раз на рік;
- Характеристика кліматичного виконання: Т3 (тах температури зовні + 85 °С);
- Гарантія: не менше 3 років.
- Общій вид датчика подано на рис. 5.19.

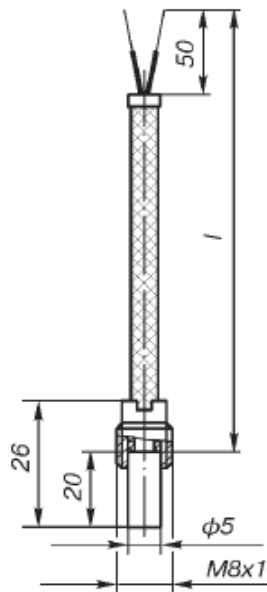


Рис. 5.19 - Термоелектричний перетворювач ТХА – 241

ДВ серії ТХ 5634 (оцінка стану мотора)

- Частотний ынтервал: 2 Гц ... 10 кГц (прискорення), 2 Гц ... 1 кГц (швидкість);
- Метод вимірювання: п'єзоелектричний;
- Відхилення: $\pm 1\%$;
- Температура зовні: -25 °С ... 80 °С;
- Вихід: 4-20 мА;
- Вид виконання матеріалу: нержавіюча сталь;
- Тип виконання: IP67;

- Почначення вибухозахисту: EEX ia I;
- Мах вібрація: 50g;
- Межа вимірювань: 1, 2, 5, 10, 20 g (прискорення), 10, 20, 25, 50, 100 мм/с (швидкість);
- Явище резонансу: 18 кГц.
- Общій вид датчика показаний на рис. 5.20.



Рис. 5.20 -ДВ серії ТХ 5634

Вимірювач осьового зсуву (ОЗ) ротора ТС – 201 А

Комплектація включає в себе датчик типу КТ – 136С для проведення аналізу стану двигуна.

Система моніторингу ОЗ є однією з основних складових загального набору елементів захисту компресорних машин. Проблеми з роботою або дефекти у наполегливому підшипнику можуть виникати при дуже слабких ознаках небезпеки та за короткий період часу, що може призвести до повного руйнування машини. Тому вимірювач ОЗ є першочерговим ТЗ для виявлення цих проблем. При цьому важливо уникати помилок при встановленні відповідних систем захисту.

- Межі заміру ОЗ ротора: від -2,0 до 1,5 мм;
- Границі абсолютної похибки приладу під час вимірювання зазору: $(10 + 0,07 \cdot Z)$ мкм;
- Межа вихідного струму: 4-20 мА;
- Час, коли вийшли на робочого режим, не більше: 5 хв;

- Роботоздатність, не менше: 10000 годин;
- Гарантія, не менше: 8 років;
- Час ремонтпригодності, не більше: 2 години;
- Температура ззовні: 10 ... 55 °С;
- Відносна вологість: 93.3%.

5.9 Функциональный блок MICROMASTER 430

ПЧ швидко витісняють механічні системи регулювання обертання електричних моторів, завдяки своїм перевагам. Ці технології спрощують процес регулювання та зменшують витрати на технічне обслуговування. Компанія "Сіменс" активно виготовляє ПЧ протягом багатьох десятиліть. На сучасному російському ринку доступні нові ПЧ четвертого покоління, які володіють ще більшим функціоналом. Особливістю роботи є збільшений робочий температурний діапазон, невелика вартість, збільшення кількості основних можливостей, що дає спроможність більш точно налаштувати перетворювач.

Один з таких пристроїв - MICROMASTER 430, має наступні основні характеристики:

- Межі потужності: від 7,5 кВт до 250 кВт, 400 В 3 АС;
- Межі напруг: від 380 до 480 В +/- 10%;
- Частота на вході: від 47 до 63 Гц;
- Коефіцієнт: $\cos \Phi \geq 0.7$;
- Струм запуску: не перевищує номінального;
- ККД: 97%;
- Температурний РР: від -10 до +40 °С;
- Зберігання при температурі: від -40 до +70°С;
- Вологість повітря: 95%;
- Ступінь захисту: IP20 / NEMA 1;
- Частота на виході: від 0 до 650 Гц;

- Шкала частоти, вихідної: 0,01 Гц;
- Здатність до перегрузки - 110% від номінального струму протягом 60 с,
- Метод регулювання: потокозчеплення (FCC), лінійний (U/f), квадратичний (U/f²);
- Входи, цифрові: 6 (18 функцій);
- Вхід, аналоговий: 0-10 В, 0-20 мА,
- Вихід, релейний: 30 В DC 2 А, ;
- Інтерфейс використання: RS485;
- Метод гальмування: генераторне, динамічне, комбіноване;
- Обмеження струму: наявне;
- Методи захисту від: а. зниженої напруги; б. перенапруги; с. перевантаження; d. включення на землю; е. короткого замикання; f. блокування двигуна; г. перегріву двигуна; h. перегріву перетворювача;
- Налаштовувач: вбудований ПД-регулятор, вбудоване ДЖ 24 В для датчика ПД-регулятора;
- Принцип налагодження представлено на рис. 5.21.

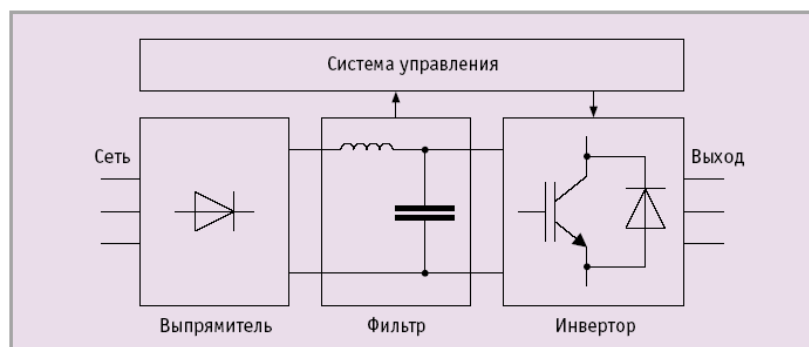


Рис. 5.21 - Схема ПЧ з проміжним контуром ПСт

Керуюча арматура системи.

Трубопровідна арматура, така як вентилі та зворотні клапани, представляє собою пристрої, спроектовані для управління газовими потоками, що пересуваються по трубопроводах. Їх завдання включає

відключення одного сегмента трубопроводу від іншого, вмикання та вимикання технологічних установок, апаратів, резервуарів і так далі. Особливості роботи запірної арматури в системі керування включають високий тиск транспортованого газу (до 7,5 МПа), відносно велику температуру газу при виході з системи керування (60-130°C) та присутність механічних домішок і компонентів у газі, що можуть викликати корозію та ерозію металу.

Основні вимоги до запірної арматури включають забезпечення герметичного відключення окремих сегментів газопроводу, резервуарів та апаратів від технологічних газопроводів і довготривалу збереження цієї герметичності. Також важливі працездатність, стійкість до корозії та безпека від вибуху. В нашій системі використовуватимуться клапани від EMERSON Process Management, які підтримують різні комунікаційні протоколи Fieldbus, що робить їх придатними для використання в системах автоматизації.

Клапан GX: огляд конструкції.

Регулюючий клапан GX розроблено для керування потоком середовища. Це односідельний клапан із напрямком потоку вгору, має загвинчуване сідло та один із трьох типів тримачів (внутрішні деталі комплектуються): з направляючою для штоку, із сідлом для направляючого або із плунжером, який розвантажений. Використовує пневматичний привід (МІМ) з декількома пружинами.

Для клапанів різних розмірів доступне виконання з розвантаженим плунжером, що усуває "мертві зони" та полімеризацію робочого середовища. Потоковий трим та трим із невеликою пропускною здатністю можуть бути у виді лінійної характеристики.

Основні фактори вибору цього обладнання включають послідовність потоку через прохід клапана, доступність різноманітних матеріалів, більшу здатність для пропускання, уніфікацію деталей для всіх розмірів, трійковий комплект

внутрішніх деталей, реверсивний привід у польових умовах і легке технічне обслуговування. Загальний вигляд цього класу клапанів показано на рисунку 5.22.



Рис.5.22 Регулюючий клапан GX

5.10 Виконання програмної частини системи моніторингу та управління.

Система контролю та управління DeltaV використовує ПЗ, яке розроблено для управління стратегіями, базованими на мовах, що відповідають стандарту IEC 61131-3, і функціональними блоками FOUNDATION fieldbus. Створення та редагування цих стратегій здійснюється у графічному режимі. Розробка стратегій у візуальному інтерфейсі надає інтуїтивно зрозумілу операційну систему, що сприяє швидкому досягненню бажаних результатів, особливо для користувачів-початківців. Керуючі програми IEC 61131-3, такі як Діаграми функціональних блоків (ДФБ) і структурований текст (СТ), застосовуються для виконання завдань різної складності.

Діаграми функціональних блоків (ДФБ) використовуються в системі DeltaV для впровадження обчислень, контролю процесу та стратегій управління, які виконуються безперервно. Різні блоки на діаграмі з'єднуються графічними лініями. Кожен провід передає один або кілька блоків даних. Весь обмін даними в системі DeltaV відбувається автоматично. Функціональні блоки DeltaV реалізовані з використанням стандарту FOUNDATION fieldbus, однак вони розширені та доповнені для забезпечення

більшої гнучкості у розробці стратегій управління. Сумісність зі стандартом польової шини функціональних блоків дозволяє впроваджувати розподілене керування у польових пристроях.

Структурований текст (СТ) дозволяє створювати програми для складних обчислень, використовуючи різноманітні алгебраїчні і тригонометричні функції та оператори. Крім того, ви можете формувати складні логічні вирази, використовуючи умовні та ітераційні структури. Збір даних охоплює відображення, побудову трендів, генерацію тривоги та використання зовнішніх даних, як з власних, так і від інших джерел у системі DeltaV. Усі програми DeltaV можуть отримувати доступ до зовнішніх даних так само, як і до власної інформації DeltaV. Коли запускається механізм оповіщення про виняткові ситуації передає дані у потрібний для виконання додаток. Системи баз даних відповідної конфігурації спрощує управління цими даними.

Розробка алгоритмів в системі DeltaV ґрунтується на використанні параметрів у функціональних блоках, модулях, конфігураціях введення/виведення та діагностичних функціях. Ці параметри надають користувачеві значення змінних, які є вхідними даними різних додатків. Це дозволяє користувачу конфігурувати логіку в блоках чи модулях, читати чи записувати за конкретними адресами введення/виведення та діагностувати несправності системи. Система DeltaV застосовує модульний метод розробки стратегій управління. Управляючі елементи системи є унікальними названими керуючими змінними в системі DeltaV. Головним діючим значенням керуючого модуля є функціональний блок, який є алгоритмом для подальших дій, такий як ПД, аналоговий вхід чи вихід. Алгоритми видозміненого керування процесом, містить функціональні блоки. Кілька функціональних блоків, які з'єднані у певній послідовності, формують керуючий модуль. Принцип дії модулів контролю управління ґрунтується на алгоритмах, описаних у пункті 2.3. Зокрема, важливо розробити чіткий

механізм подій та алармів, який визначатиме управління та підтримку процесу на необхідному рівні.

Система DeltaV надає можливість визначати уставки (межі) для алармів функціональних блоків та керуючих модулів. Дані модулі застосовують для побудови звукової або візуальної сигналізації для користувача. DeltaV взаємодіє з різними типами системних та користувацьких подій, які реєструються в Журналі Подій. Аларми, що є спеціальним типом подій, відображаються у Інтерфейсі Оператора, а сама система підтримує як стандартні, так і користувацькі аларми.

Користувацькі аларми визначаються на рівні функціональних блоків та модулів, і вони мають зв'язок з існуючими параметрами, визначені оператором. Налаштування повідомлень виконується у меню вибору варіантів. Події, що спричиняють повідомлення, включають в себе зміну параметрів отриманих величин, моніторинг об'єкта, самодіагностика та аварійна небезпека.

Межі аварійних сигналів враховують нормативні дані всього комплексу гідроочищення. При активації растосування блокування відповідно до конкретного параметра, виконавчий модуль запам'ятовує його, надаючи оператору можливість квітувати або записувати в історію для аналізу. Головний алгоритм роботи системи містить також малі підпрограми для стандартних процедур, таких як опитування тимчасових параметрів датчиків, регулювання температури та тиску, увімкнення резервного обладнання, самодіагностика мереж та обладнання, та налаштування мотору компресора.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

6.1 Охорона праці на об'єкті керування

Запропонована модернізація впроваджується в системи автоматичного управління (САУ) контрольно-вимірювальних установок (КУ), розташованих на установках гідроочищення моторного палива (Л-24/6). Типовими фізичними факторами, що характерні для цього об'єкта та які мають шкідливий та небезпечний вплив, включають:

- підвищена концентрація газів у повітрі, значний рівень шуму та вібрацій, вибухонебезпечність середовища, сильне електромагнітне випромінювання промислової частоти, електричний удар. Робочий та обслуговуючий персонал застосовує спеціальний захисний одяг, взуття та пристрої для захисту від небезпечних та шкідливих виробничих факторів.

6.2 Розробка вимог безпеки праці для обслуговуючого персоналу.

Експлуатація електрообладнання повинна відповідати вимогам "Правил пристрою та безпечної експлуатації компресорних установок". Працівники, які здійснюють обслуговування електрообладнання системи управління КУ, а також виконують її налагодження та ремонт, зобов'язані:

- мати допуск до обслуговування електроустановок до 1000 В;
- ознайомитися із чинними правилами технічної експлуатації та безпеки обслуговування електроустановок промислових підприємств;
- керуватися інструкціями з безпеки, наданими керівництвом;
- розуміти принцип роботи електроустаткування та функціонування його системи автоматичного керування.

Заборонено працювати під напругою без використання спеціального інструменту та спецодягу. У випадку необхідності роботи під напругою слід використовувати інструмент з ізольованими рукоятками, гумовим килимком та спеціальним взуттям, дотримуючись максимальної обережності.

Під час ремонту та перерв у роботі вступний вимикач обов'язково повинен бути відключений і заблокований в відключеному положенні. Важливо пам'ятати, що при відключеному вступному вимикачі його верхній затиск та входні клеми залишаються під напругою мережі живлення. Заборонено виконувати роботи при несправності електричного кола дистанційного відключення вступного вимикача від кнопки "Аварійний стоп". Світлосигнальний пристрій встановлено для сигналізації про наявність напруги в станції керування.

Не допускається порушення протипожежного режиму, виробничої та трудової дисципліни, таких як куріння та виконання ремонтних робіт з порушеннями вимог пожежної безпеки тощо. Працівникам нових професій слід пройти інструктаж щодо заходів пожежної безпеки, а також отримати підготовку з пожежно-технічних аспектів у роботі на об'єктах, які можуть стати джерелом вибухо- та пожежонебезпеки.

Аналіз ризиків електроустановок. Всі випадки отримання людиною ураження електричним струмом внаслідок електричного удару, що означає проходження струму через людину, є результатом її дотику не менше ніж до двох точок електричної мережі, між якими існує певна напруга. Небезпека такої напруги оцінюється струмом, який протікає через тіло людини (IP), або напругою дотику (UПР). Ці параметри залежать від кількох факторів:

- схеми підключення людини до електричної мережі;
- напруги електричної мережі;
- схеми самої мережі;
- режиму її нейтралі;
- ступеня ізоляції струмовідних частин від землі;
- ємності струмовідних частин щодо землі. Існують різні схеми підключення людини до ланцюга струму. Однак найбільш характерними є дві схеми: підключення людини між двома фазами електричної мережі та між однією фазою та землею. Дотик до двох фаз, як правило, є більш

небезпечним, оскільки на тіло людини прикладається найбільша напруга у цій мережі - лінійна, а струм, що протікає через людину, має найбільший вплив, не залежно від схеми мережі, режиму нейтралі та інших факторів.

$$I_h = \frac{U_{\text{Л}}}{R_h} = \frac{U_{\Phi} \sqrt{3}}{R_h}; \quad (6.1)$$

де R_h – опір тіла людини.

Випадки двофазного дотику виникають рідко і, як правило, спричинені роботою під напругою в установках до 1000 В, таких як щити, збірки, лінії електропередач, використання несправних засобів індивідуального захисту тощо. Однофазний дотик менш небезпечний, оскільки струм, який проходить через людину, обмежується впливом різних факторів. Проте випадки однофазного дотику відбуваються набагато частіше, тому необхідно приділяти особливу увагу заходам безпеки при роботі з електричними установками.

Деякі люди можуть вважати дотик до заземленого проводу безпечним, припускаючи, що напруга на цьому проводі відносно землі невелика. Однак це не завжди вірно. При дотику до заземленого проводу людина опиняється під впливом напруги УПР, що дорівнює втратам напруги U в заземленому проводі на ділянці від місця його заземлення до точки дотику.

$$U_{\text{ПР}} = I_{\text{ПГ}} * r_{\text{ab}} \quad (6.2)$$

де $I_{\text{ПГ}}$ – струм дотику;

r_{ab} – опір провідника на ділянці «ab».

У нормативних умовах значення напруги дотику до заземленого проводу (УПР) є невеликим, його максимальне значення відповідає дотику людини до мережі і становить не більше 5% від напруги мережі (оскільки переріз проводів вибирається так, щоб втрати напруги не перевищували 10%). Потік

струму в землю відбувається тільки через провідник, що знаходиться в безпосередньому контакті з нею. Причинами такого стікання струму в землю можуть бути замикання струмопровідних частин на заземлений корпус електрообладнання, падіння дроту на землю, використання землі як провідника і так далі. У всіх випадках спостерігається різке зниження потенціалу заземленої струмопровідної частини до значення, що дорівнює добутку струму, який стікає в землю (I_3), на опір, який цей струм зустрічає на своєму шляху, тобто опір заземлювача розтікання струму короткого замикання.

$$\varphi_3 = I_3 \cdot k_3 \quad (6.3)$$

Це явище, яке сприяє безпеці, використовується як засіб захисту від ураження струмом у випадку випадкового виникнення напруги на металевих струмопровідних частинах, які спеціально заземлені для цієї мети.

Заходи забезпечення безпеки електроустановок включають в себе декілька важливих аспектів:

1. **Вибір та обладнання відповідно до ПУЕ:** Встановлення електроустаткування, струмопровідних частин і огороження відбувається відповідно до Правил улаштування електроустановок (ПУЕ). Огороження може бути мережевим або неперервним із загальною висотою 1,7 метра.
2. **Контроль ізоляції в мережах вище 1кВ:** Систематичний контроль стану ізоляції в мережах з напругою вище 1кВ.
3. **Захисні заходи для цехових установок:** Встановлення ряду захисних заходів для запобігання ураженню електричним струмом, включаючи недоступність струмопровідних частин, захисне заземлення, занулення, захисне вимкнення та застосування малої напруги для електроприймачів у трубах.

4. **Заходи безпеки в місцях постійної присутності персоналу:** Наявність необхідного обладнання для надання першої допомоги, плакатів з правилами надання першої допомоги та техніки безпеки при роботі з електроустановками.
5. **Огляд та ремонт РУ, ПЛ та КЛ:** Оперативний персонал виконує огляд та ремонт електроустановок з обов'язковим дотриманням технічних та організаційних заходів, таких як вивішування попереджень, заземлення та перевірка відсутності напруги.
6. **Занулення:** Використання занулення як принципу захисту, що полягає в навмисному електричному з'єднанні металевих частин електроустановок, які можуть опинитися під напругою, з метою викликати струм, що автоматично відключає електроустановку від мережі. Це також допомагає знизити напругу корпусів щодо землі в аварійних ситуаціях.

Загалом, ці заходи спрямовані на забезпечення максимальної безпеки при експлуатації електроустановок

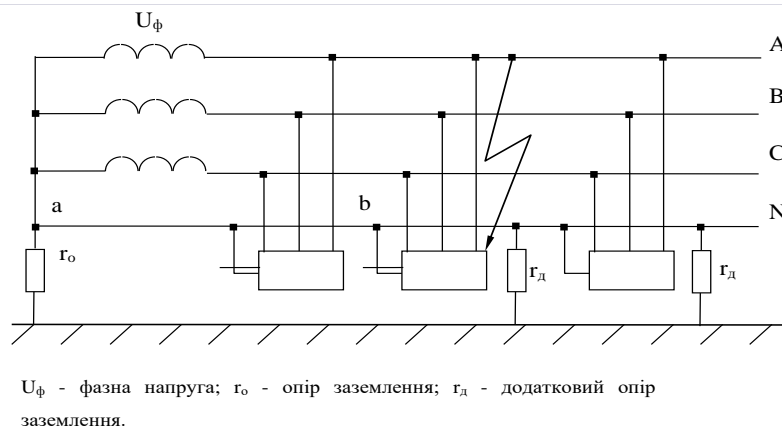


Рис. 6.1 Схема занулення

Для зниження ризику небезпеки при замиканні на корпус використовують повторні заземлювачі з опором не більше 10 Ом. Живлення подається за допомогою алюмінієвого проводу з перетином 25 мм, а для функції нульового провідника використовується сталева смуга з перетином 50 мм. При використанні занулення регулятора частоти необхідно

враховувати наступні умови [16]:

$$I_{кз} = k \cdot I_{ном}, \quad (6.4)$$

где - коефіцієнт кратності номінального струму $I_{ном}$ (А) плавкої вставки запобіжника, $k=3$.

Струм, який прямо вказаний на вставці заводом-виробником і має певне значення, називається номінальним струмом плавкою вставки, позначеним як $I_{ном}$. У цьому приміщенні номінальний струм $I_{ном}$ становить 40 А. Значення $I_{кз}$ залежить від фазної напруги мережі та опору ланцюга, включаючи опір трансформатора Z_T , фазний опір Z_ϕ , опір нульового захисного провідника $Z_{нз}$, зовнішній індуктивний опір петлі "фазний провід - нульовий захисний провід" (відомої як петля "фаза-нуль") X_π , активний опір заземлення нейтралі обмоток трансформатора R_o і повторне заземлення нульового захисного провідника R_π . Оскільки R_o та R_π , зазвичай, великі порівняно з іншими опорами, їх можна ігнорувати.

Формула для $I_{кз}$ буде мати вигляд:

$$I_{кз} = U_\phi / (Z_T/3 + Z_\pi), \quad (6.5)$$

где $Z_\pi = Z_\phi + Z_{нз} + X_\pi$ - комплексний повний опір петлі "фаза-нуль".

Питомий опір фазового дроту:

$$p = 0,028 \text{ (Ом} \cdot \text{мм}^2 \text{) / м}, \quad S_{сеч} = 25 \text{ мм}^2,$$

звідси опір фазного дроту:

$$r_\phi = p \cdot (L_\phi / S_\phi) = 0,028 \cdot 300 / 25 = 0,336 \text{ Ом}.$$

Питомий опір нулевого дроту:

$$p = 0,058 \text{ (Ом} \cdot \text{мм}^2 \text{) / м}, \quad S_{сеч} = 50 \text{ (мм}^2 \text{)},$$

звідси опір нулевого дроту:

$$R_{нз} = p \cdot (L / S) = 0,058 \cdot 300 / 50 = 0,348 \text{ (Ом)}.$$

Значення X_ϕ та $X_{нз}$ низькі, тому не враховуємо.

Значення X_π можна визначити формулою:

$$X_{\Pi} = 0,145 * \lg(d_{cp}/k^2 * d\phi) \quad (6.6)$$

де $k = 0,3894$,

d_{cp} - відстань між проводниками,

$d\phi$ - діаметр.

Обрахунок дає результат $X_{\Pi} = 0,556$ Ом.

Опір електричної дуги равний

$r_d = 0,02$ (Ом), $X_d = 0$.

У відповідності до потужності трансформатора

$r_T = 0,0044$ (Ом), $X_T = 0,0127$ (Ом)

Повний опір петлі "фаза-нуль":

$$Z_{\Pi} = \sqrt{(R_{R\phi} + R_{\phi} + R_d)^2 + X_n^2} \quad (6.7)$$

$Z_{\Pi} = 0,716$ (Ом).

Коли використовуємо занулення по вимогам :

$R_{R\phi}/R_{\phi} = 0,348/0,336 < 2$, відповідно вимоги виконуються.

$I_{k3} = U_{\phi}/(Z_T/3 + Z_{\Pi}) = 220/(0,013 + 0,716) = 301,6$ А.

При попаданні фази на занулений корпус електроустановки повинно відбутися автоматичне відключення.

$I_{k3} > k * I_{ном}$

$301,6 > 3 * 40 = 120$

Захисне занулення виконано правильно.

Визначення напруги дотику та струм через людину до зпрацювання захисту:

$U_{пр} = I_{k3h} * R_h$

$$I_{k3} = \frac{I_{k3} * R_{Hn}}{\frac{R_h * R_{n3}}{R_h + R_{n3}} + R_0} * \frac{1/R_h}{1/R_h + 1/R_{n3}} \quad (6.8)$$

6.2 Заходи, що забезпечують виробничу санітарію та гігієну праці

Для забезпечення санітарних норм праці:

- забезпечення нормального мікроклімату;
- чистота повітря робочої зони;
- захист від електромагнітних полів;
- захист від шуму та вібрації.

Нормування мікроклімату

Норми допустимих температур, відносно вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні, таблиця 6.1.

Таблиця 6.1

Допустимі параметри мікроклімату

| Сезон | Категорія работ | Температура повітря, °С | Відносна вологість, % | Швидкість повітря, м.с |
|----------|--------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
| Холодний | Легка-1а | 20-25 | 70 | 0.1 |
| | Легка-1б | 19-24 | | 0.1-0.2 |
| | Средня тяжкість-Іа | 17-23 | | 0.1-0.3 |
| | Средня тяжкість-Іб | 15-22 | | 0.2-0.4 |
| | Тяжко ІІІ | 13-21 | | 0.2-0.4 |
| Теплий | Легка-1а | 21-28 | 55-при 28 °С | 0.1-0.2 |
| | Легка-1б | 20-28 | 60-при 27 °С | 0.1-0.3 |
| | Средня тяжкість-Іа | 18-27 | 65-при 26 °С | 0.1-0.4 |
| | Средня тяжкість-Іб | 16-27 | 70-при 25 °С | 0.2-0.5 |
| | Тяжко ІІІ | 15-26 | і нижче | 0.2-0.5 |

Підтримка на заданому рівні параметрів, що визначають мікроклімат, здійснюється за допомогою кондиціонування та вентиляції.

Захист персоналу від шкідливих речовин у повітряному середовищі визначається згідно з класифікацією шкідливих речовин. Для поліпшення стану навколишнього середовища приймаються такі заходи:

- Здійснення дистанційного керування технологічними процесами, що виділяють шкідливі речовини.

- Використання систем пиловловлювання на обладнанні, яке видає шкідливі речовини.

Для усунення повітряного забруднення газовими речовинами використовують комплексний підхід, який включає:

- Вдосконалення конструкцій устаткування для мінімізації виділення шкідливих речовин в довкілля, наприклад, шляхом герметизації.
- Використання газо-пиловловлюючого обладнання.

Щоб забезпечити захист від газових викидів, передбачено використання місцевої витяжної вентиляції для ефективного видалення газів. Місцеві відсмоктувачі повинні бути інтегровані та заблоковані з обладнанням так, що їх неможливо ввімкнути, якщо відсмоктування відключено.

Крім загальних засобів захисту, використовуються індивідуальні засоби захисту, такі як промислові протигази та респіратори, для захисту дихальних органів.

6.3 Заходи, щодо усунення шумів та вібрацій

Основні параметри шуму:

- звуковий тиск, дБ
- коливальна швидкість, м/с;
- Інтенсивність, Вт/м;
- Гц

Таблиця 6.2

Допустимі параметри шуму

| Рабоче місце | Рівень середній звукових тисків | | | | | | | | |
|-----------------------------------|---------------------------------|-----|-----|-----|------|------|------|------|----|
| | 63 | 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 | 8000 | * |
| Приміщення конструкторського бюро | 71 | 61 | 54 | 49 | 45 | 42 | 40 | 38 | 50 |
| Подсобне | 99 | 92 | 86 | 83 | 80 | 78 | 76 | 74 | 85 |

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|
| рабоче місце і робоча зона | | | | | | | | | |
|-------------------------------|--|--|--|--|--|--|--|--|--|

- Рівень звукового еквівалента, дБ.

Захист від виробничого шуму:

застосування засобів звукоізоляції, зниження шуму вентиляційних установок, впровадження малошумливих технологій.

Вібрація оцінюється за допомогою таких параметрів:

- амплітуда усунення, м;
- коливальна швидкість, м/с;
- коливальне прискорення, м/с²;
- Частота, Гц.

Електроустановки є джерелом загальних та локальних технологічних вібрацій (дія на операторів стаціонарних машин).

Одним з методів зменшення шуму на об'єктах енергетичного виробництва є зниження або ослаблення шуму в його джерелах - в електричних машинах і трансформаторах, компресорах, вентиляторах та ін.

У машинах часто причиною неприпустимого шуму є зношування підшипників, неточне складання деталей при ремонтах тощо. Тому в процесі експлуатації всіх видів машин необхідно виконувати відповідні Правила технічної експлуатації. Ненормальний підвищений шум, створюваний трансформаторами та електричними машинами, часто буває через нещільне стягування пакетів сталевго сердечника, а в електродвигунах - при їх перевантаженні або роботі при обриві одного фазного дроту в ланцюгу живлення. Своєчасне усунення цих причин дозволяє знизити рівень шуму.

Будівельні норми та правила передбачають захист від шуму будівельно-акустичними методами. При цьому для зниження рівня шуму передбачаються такі заходи:

а) звукоізоляція огорожувальних конструкцій; ущільнення по периметру притворів вікон, воріт, дверей; звукоізоляція місць перетину конструкцій, що захищають інженерними комунікаціями; пристрій звукоізольованих кабін спостереження та дистанційного керування; укриття; кожухи;

б) звукопоглинаючі конструкції та екрани;

в) глушники шуму, звукопоглинаючі облицювання в газоповітряних трактах вентиляційних систем з механічним спонуканням та систем кондиціонування повітря, а також газодинамічних установок.

Як індивідуальні засоби захисту від шуму використовують спеціальні навушники, вкладиші у вушну раковину, протишумні каски, захисна дія яких заснована на ізоляції та поглинанні звуку.

Одним з ефективних засобів захисту від вібрації робочих місць, обладнання та будівельних конструкцій є віброізоляція, що є пружними елементами, розміщеними між вібруючою машиною та основою. Для віброізоляції електродвигунів використовують пружинні амортизатори. Для зменшення вібрації кожухів, огорож та інших деталей, виконаних із сталевих листів, застосовують вібропоглинання - нанесення на поверхню гуми, що вібрує, пластиків, вібропоглинаючих покриттів досягається також значне зниження рівня виробничого шуму.

Як індивідуальний захист від вібрацій, що передаються людині через ноги, рекомендується носити взуття на повстяній або товстій гумовій підошві. Для захисту рук рекомендуються віброгасні рукавички.

6.4 Методи усунення шкідливого впливу електромагнітного поля

Джерелом електромагнітних полів є установки для індуктивної термообробки металів, високовольтні ЛЕП, ВРП, конденсатори, трансформатори.

Таблиця 6.3

Допустимий час перебування в електромагнітному полі

| Напруженість поля, кВ/м | Допустимий час перебування людини на протязі суток в електромагнітному полі, хв |
|-------------------------|---|
| 5 | без обмеження |
| 10 | 180 |
| 15 | 90 |
| 20 | 10 |
| 25 | 5 |

Примітка: Нормативи за п. 2, 3, 4, 5 дійсні за умови:

а) решта робочого дня людина знаходиться в місцях, де напруженість електричного поля менша або дорівнює 5 кВ/м;

б) виключена можливість на організм людини електричних розрядів.

Застосування засобів індивідуального захисту. Одним із засобів захисту від електромагнітного поля є екрануючі пристрої, які в залежності від їх конструкції та розмірів, а також від місця та умов розміщення можуть служити індивідуальними або колективними засобами захисту людей від впливу електричного поля при роботах в електроустановках, що діють, промислової частоти надвисокої напруги. Екрануючі пристрої забезпечують зниження напруженості електричного поля в просторі, що захищається до значення менше 5 кВ/м. Вони в залежності від їх призначення та виконання поділяються на стаціонарні та переносні.

Стаціонарні екрануючі пристрої є невід'ємною частиною конструкції електроустановки та призначені для захисту персоналу при експлуатаційних роботах (оглядах обладнання, оперативних перемиканнях, виконанні обов'язків спостерігача за виконанням робіт), а також при виконанні поточних та капітальних ремонтів вимикачів та деяких інших робіт. Вони

виготовляються з металу у вигляді плоских щитів – козирків, навісів та перегородок.

Переносні екрануючі пристрої призначені для захисту персоналу, який виконує протягом тривалого часу експлуатаційні, ремонтні або монтажні роботи на ділянках діючої електроустановки, не захищених стаціонарними екранами.

Заземлення пристроїв, що екранують, є виключно важливим для створення захисної зони, тому воно повинно виконуватися особливо надійно. Кожен екран заземлюється за допомогою приєднання його не менше ніж у двох точках до контуру заземлення електроустановки або заземлених металевих конструкцій.

6.5 Вплив компресорних установок на довкілля

У зв'язку з тим, що робота компресорної станції пов'язана з виділенням значної кількості газоподібних речовин, вона більш впливає на атмосферу в порівнянні з впливом на гідросферу і ґрунт. З огляду на це, зниження техногенного впливу об'єкта пропонується низку заходів щодо зниження викидів забруднюючих речовин, у атмосферу. Переведення газоперекачувальних агрегатів на плавний пуск, наприклад, дозволяє зменшити втрати газу на 1,5-2,0%.

Одним із методів зменшення втрат газу є утилізація вторинних енергоресурсів, які використовуються для теплопостачання самої компресорної станції та зовнішніх споживачів: житлових селищ та теплично-овочевих комбінатів. Тепло вихлопних газів газоперекачувальних апаратів може застосовуватись для підігріву води або генерації пари. У цьому випадку вміст шкідливих речовин знижують шляхом каталітичного відновлення газами-відновниками. Можливе використання вторинних енергоресурсів компресорної станції для підігріву води у басейнах та ставках рибоводних господарств

ОСНОВНІ ВИСНОВКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

Під час реалізації проекту було виконано аналіз КУ як об'єкта автоматизації. Обрано найбільш відповідну концепцію розробки СУ, побудовано логічну модель з графіками функціонування, які підтверджують ефективність обраних керуючих алгоритмів. Створено макет СУ, використовуючи структурно-інформаційну модель поведінки об'єкта.

Виконано підбір необхідних апаратних засобів та розроблено принципи функціонування керуючого середовища. Глибокий аналіз ефективності створення та впровадження системи підтвердив її вигідність і обґрунтованість, з урахуванням високої окупності та економічної ефективності.

Також проведено аналіз небезпечних факторів, що впливають на здоров'я людини під час експлуатації КУ, і спроектовано різні види забезпечення надійної охорони праці. Впровадження СУ призначено для покращення ефективності гідроочищення за рахунок використання оптимальних параметрів роботи КУ, підвищення якості обладнання та ефективності керування ТП. Це також сприятиме зниженню витрат енергоресурсів, збільшенню терміну служби обладнання та зменшенню аварійності, при цьому знижуючи вплив людського фактора у виробничому процесі і підвищуючи культуру виробництва. Створення системи передбачено без обмежень для інтеграції з іншими системами та можливістю розширення функціоналу без значних витрат.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Методичні рекомендації з виконання, оформлення та захисту кваліфікаційних робіт магістрів спеціальності 151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / ТНТУ ім. І. Пулюя; уклад. А.Г. Микитишин, М.М. Митник. – Тернопіль: ТНТУ, 2022. – 80 с.
2. Саприкін С.А., Бойко М.В., Козак В.Р., Технологія вібродіагностування компресорних установок АГНКСУ/Нафта і газ України-96. Матеріали науково- практичної конференції.(Харків 14-16 травня). У трьох томах.-Харків УНГА.- 1996.-Т.3.-С.153-154
3. 19. Бойко М.В., Саприкін С.А., Козак В.Р., Гарагуль А.А. Спосіб діагностування клапанів циліндрів. Заявка 96010370.-Промислова власність. Офіційний бюлетень.-1997.-№ 4.-275с.
4. Tobin, Henry G Overview of trasdicera and sensors diagnostics.-SAE Priprints, a.a., N 700495, 10 p.p. ill//Надежность и контроль качества: экспресс- информация / ВИНТИИ.-1991.-N10.- С. 8-18.
5. Козак В.Р. Розробка методів і засобів для відродіагностики компресорних установок АГНКС. // Нафтова і газова промисловість. - 1977. - №3. - С. 39-42.
6. Козак В.Р. и др. Диагностика основных узлов КУ АГНКС. // Нефтяная и газовая промышленность. - 1993. - № 4. - С. 41-43.
7. Козак В.Р. Техніка і технологія діагностування основних вузлів компресорних установок і допоміжного устаткування. // Нафтова і газова промисловість. - 1997. -№ 2. - с. 43-44.
8. Телекомунікаційні системи та мережі : навчальний посібник для студентів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укладачі : Микитишин А.Г., Митник М.М., Стухляк П.Д. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 384 с.

9. Ладанюк, А. П. Оперативное управление технологическими процессами в пищевой промышленности [Текст] / А. П. Ладанюк. — М. : Урожай, 1987. — 160 с.
10. Ладанюк А. П. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматизации в пищевой промышленности [Текст] : учебник / В. Г. Трегуб, А. П. Ладанюк, Л. Н. Плужников. - Москва : Агропромиздат, 1991. - 352 с. : ил. - (Учебники и учебные пособия для студентов высших учебных заведений). - ISBN 5-10-001082-7
11. Ладанюк, А.П. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості [Текст] : підручник для вузів I-IV рівнів акред. із спец. "Харчова технологія та інженерія" / А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. - К. : Аграрна освіта, 2001. - 224 с. - ISBN 966-95661-2-6
12. І.Т. Стрепко, О.В. Тимченко, Б.В. Дурняк. Проектування систем керування на однокристальних мікро-ЕОМ. – К.: Фенікс, 1998.
13. Житецький В.Ц. Основи охорони праці.- Львів: Афіша, 2000.- 350 с.

