

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з графічної частини і пояснювальної записки.

Об'єм графічної (ілюстративної) частини кваліфікаційної роботи становить 16 слайдів.

Об'єм пояснювальної записки складає 76 друкованих сторінок формату А4 (210×297).

В кваліфікаційній роботі нараховується 29 рисунків та 2 таблиці з даними. Використано 12 літературних джерела.

У даній кваліфікаційній роботі розглянуто питання розробки автоматизованої системи керування турбокомпресорною установкою. Було приведено функціональну схему автоматизації та описано технологічних процес роботи установки. Запропонована система управління турбокомпресорною установкою спроектована на базі контролерів ADAM, що дозволяє ефективно вести облік параметрів автоматизованої системи. Метою даної роботи є створення можливості полегшення процедури налаштування параметрів та обслуговування турбокомпресорної установки.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА .....	9
1.1. Аналіз відомих технічних рішень з питань автоматизації турбокомпресорної установки.....	9
1.2. Організація повітряної системи.....	13
1.3. Масляна система охолодження .....	15
1.4. Водяна система охолодження.....	17
1.5. Підтримання заданого тиску і протипомпажний захист турбокомпресорної станції .....	18
1.6. Обґрунтування необхідності контролю основних технологічних параметрів .....	22
1.7. Мета розробки та постановка задачі.....	23
2. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА .....	24
2.1. Карта технологічного процесу .....	24
2.2. Аналіз технологічного процесу, як об'єкта керування .....	25
2.3. Обґрунтування вибору функціональної схеми автоматизованої системи керування .....	27
2.4. Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації.....	29
2.5. Вибір контролерів .....	36
2.6. Характеристика системи автоматизації згідно з вимогами до датчиків	40
2.7. Специфікація засобів контролю і керування .....	44
2.8. Обґрунтування вибору і опис принципів схем автоматизації.....	47
2.9. Обґрунтування вибору щитів, пультів, і монтажу засобів автоматизації .....	51

3. СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА.....	53
3.1.Розробка блок-схем та опис алгоритмів роботи підпрограм контролю параметрів турбокомпресорної станції.....	53
3.2. Розробка блок-схем та опис алгоритму роботи головної програми.....	59
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ .....	61
4.1. Організаційні заходи та інженерні рішення, спрямовані на покращення умов і безпеки праці.....	61
4.2. Організаційні заходи та інженерні рішення, спрямовані на захист навколишнього середовища від забруднення .....	66
4.3.Підвищення стійкості роботи об'єктів господарської діяльності в умовах дії електромагнітного імпульсу ядерних вибухів .....	69
4.4.Методи захисту від дії ЕМІ.....	71
ВИСНОВКИ.....	74
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ .....	75

## ВСТУП

Комплексна автоматизація базується на неперервному удосконаленні технічних засобів (від найпростіших механізмів до складних електронних систем: числового програмного керування, електронних обчислювальних машин та ін.); на широкому використанні загальних методів і засобів автоматизації на різних стадіях виробничого процесу, на застосуванні методів уніфікації. Це значно розширює (у порівнянні із неавтоматизованим виробництвом) варіантність можливих рішень в конкретних умовах. Тому однією із рис сучасного науково – технічного прогресу є розвиток наукових основ формування інженерних рішень при проектуванні та експлуатації різних установок.

Все більше технологічних, конструктивних, компоновочних рішень повинно вибиратися не тільки з позиції забезпечення певних властивостей (кінематики чи міцності, або по конструктивним міркуванням), але в першу чергу на основі наукових досліджень і експериментів при високій кваліфікації розробників – конструкторів і технологів.

Стираються грані між проектантами та дослідниками; вміння проводити наукові дослідження стають для інженера необхідністю.

До спеціалістів по комплексній автоматизації і механізації виробництва ставляться наступні вимоги:

- вміння вирішувати проектно – конструкторські задачі на рівні автоматичних систем машин з комплексним охопленням основних технологічних і допоміжних процесів, включаючи обробку деталей, контроль і складання виробу, їх транспортування і складування, ремонт та обслуговування;

- вміння реалізувати весь процес створення нової техніки - від технічного завдання на проектування до отримання акта про впровадження;

– вміння вибрати оптимальну ступінь автоматизації та механізації проєктованих систем в кожному конкретному випадку, володіння сучасними методами техніко економічного обґрунтування, порівняльного аналізу та оптимального вибору проєктних рішень;

– володіння навиками проведення наукових досліджень, методами наукового обґрунтування технічних рішень.

Розробка локальних технологічних процесів, розрахунок і конструювання окремих механізмів і пристроїв вирішуються на основі знань технології, опору матеріалів, механіки та ін., що дозволяє виконати технологічні, кінематичні, а також розрахунки на міцність. Для вирішення задач проєктування і експлуатації автоматизованого технологічного обладнання, особливо систем машин, вказані критерії вже недостатні.

Більшість технологічних, конструктивних, компоновочних та експлуатаційних параметрів автоматизованих систем машин вибирають таких розділів наук про машини, як теорія продуктивності машин, теорія надійності машин, інженерна теорія економічної ефективності, теорія автоматичного керування і регулювання, теорія структурної побудови машин-автоматів і їх систем і т.д., які в сукупності складають науково – теоретичні основи комплексної автоматизації.

# 1 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

## 1.1. Аналіз відомих технічних рішень з питань автоматизації турбокомпресорної установки

Виріб – стаціонарна турбокомпресорна установка з відцентровим шестиступінчатим з двома ступенями охолодження компресором – призначений для стиснення атмосферного повітря і подачі його в пневмомережу.

На рисунку 1.1 приведена функціональна схема турбокомпресорної станції. Вона складається із наступних основних елементів: компресора, редуктора, турбодвигуна, двох повітроохолоджувачів проміжних, повітропроводів проміжних, системи масляної, трубопроводів, арматури, повітроохолоджувача кінцевого та системи автоматики.

Компресор, редуктор і турбодвигун встановлені на фундаменті, їх вали з'єднані зубчатими муфтами.

Напрямок обертання ротора турбодвигуна – проти годинникової стрілки, якщо дивитися на нього із сторони компресора. Напрямок обертання ротора компресора – проти годинникової стрілки, якщо дивитися на нього із сторони турбодвигуна. Підвищуючий редуктор передає потужність від турбодвигуна до компресора. Ротор компресора "гнучкий" – критичні частоти обертання: I тон 3808 об/хв. (нижче робочої частоти), II тон 13780 об/хв. (вище робочої частоти).

Корпус компресора призначений для розміщення в ньому всіх частин компресора, під'єднання повітряних і масляних комунікацій, сприйняття внутрішнього тиску тощо. Ротор компресора складається з вала, на якому з натягом без використання шпонкових з'єднань насаджені шість робочих коліс, упорний диск, думмис (розвантажувальний поршень) та вісім втулок. Зубчата втулка з'єднувальної муфти фіксується від повороту шпонковим з'єднанням.

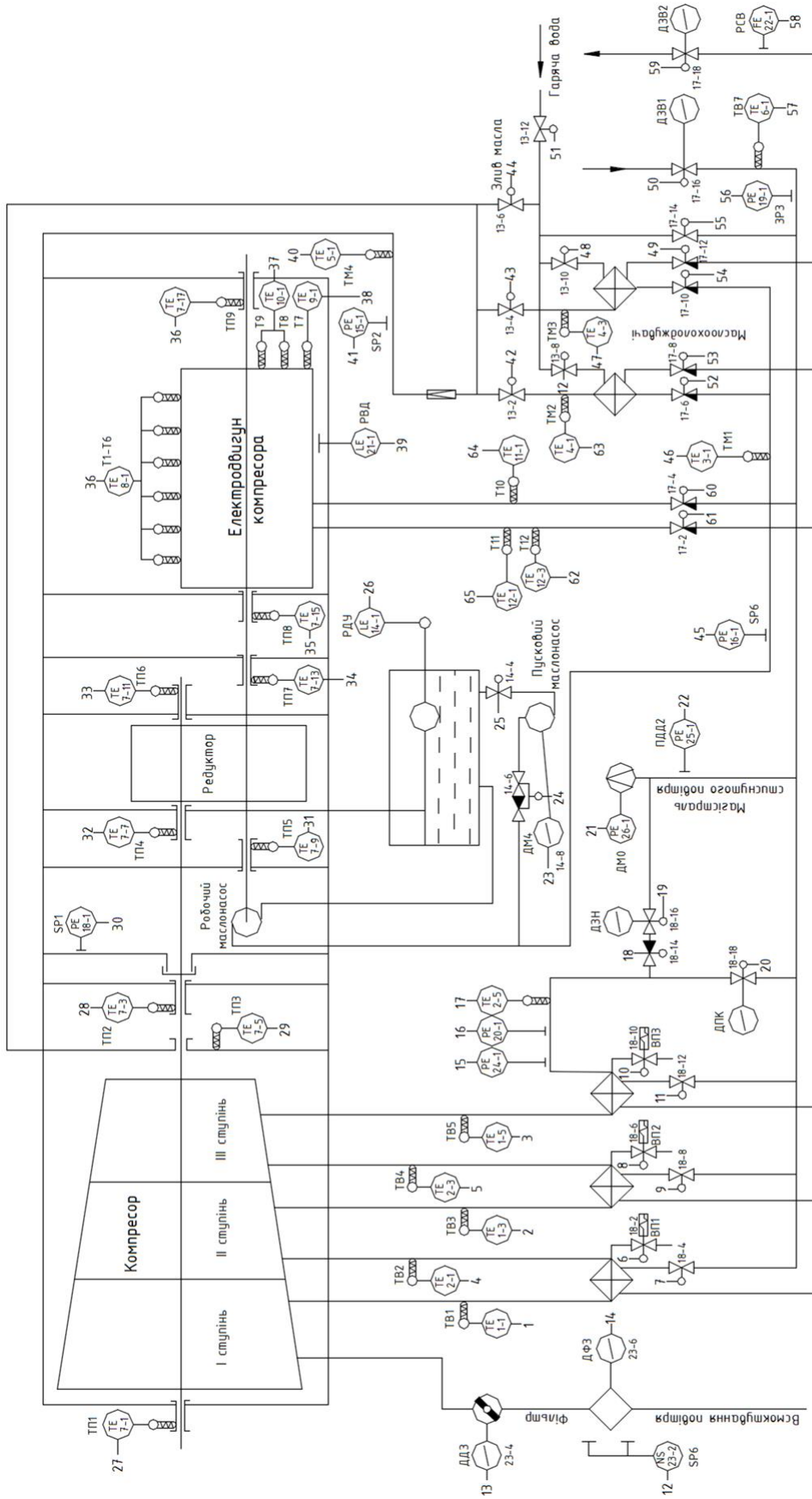


Рис. 1.1. Функціональна схема турбокомпресорної станції

Кожне робоче колесо складається з диска з лопатками, які вифрезеровані із диска та із покришки. Диск і покришка з'єднані заклепками. Кожне робоче колесо відбалансоване статично, а ротор піддається диференціальному (в процесі його складання) і заключному динамічному балансуванню.

Вкладиші виконують несучу функцію і призначені для сприйняття зусиль ротора, що виникають в процесі роботи.

Бабітова заливка на торці корпусу вкладиша призначена для сприйняття незначних осьових зусиль від торця вала ротора, які мають місце тільки при пуску і зупинці компресора, коли він працює на вихлоп в атмосферу і коли тиск нагнітання практично відсутній.

Осьове зусилля від опорного диска ротора сприймається робочими колодками. Кожна колодка спирається на ребро, яке зміщене від середини її торцевої проекції в напрямку обертання ротора. За рахунок цього кожна колодка самовстановлюється під деяким кутом до торця опорного диска ротора і між ними утворюється гідродинамічний клин, через який осьове й сил я передається від опорного диска ротора на колодки.

Кут самовстановлення колодок і товщина масляних клинів тим більший, чим менше осьове зусилля на них. В свою чергу осьове зусилля збільшується із збільшенням тиску нагнітання компресора. Тому осьове положення ротора відносно вкладиша і, відповідно, реле осьового зсуву змінюється в залежності від тиску нагнітання, що виразно видно по показам манометра реле осьового зсуву.

Діафрагми призначені для перетворення швидкісного напору повітря після, 1 – го, 3 – го і 5 – го робочих коліс ротора в тиск і підводу його до наступних робочих коліс.

Направляючі діафрагми призначені для підводу повітря, охолодженого в проміжних повітроохолоджувачах, до 3 – го і 5 – го робочих коліс.

Повітропроводи проміжні призначені для підводу до проміжних повітроохолоджувачів гарячого повітря від компресора, яке відбирається після



2 та 4 робочих коліс, підводу від проміжних охолоджувачів до компресора охолодженого повітря на вхід 3 – го і 5 – го робочих коліс.

Редуктор складається з корпусу редуктора, кришки редуктора, зубчатої передачі і підшипників ковзання. Ведучий вал лежить на двох підшипниках, один з яких опорний, а другий опорно – упорний. Ведений вал лежить в двох опорних підшипниках. Корпуса підшипників сталеві, а опорні і упорні поверхні мають бабітову заливку.

Для передачі крутного моменту від турбодвигуна до редуктора і від редуктора до компресора їх вали з'єднані зубчатими муфтами. Змащення на зчеплення подається через флейту від колектора редуктора. Змазка на підшипники подається від колектора редуктора по каналах в корпусі редуктора.

На корпусі редуктора змонтований головний маслонасос. Відбір потужності від вала колеса до головного маслонасоса відбувається при допомозі дисково – кулачкової муфти.

Для подачі масла на деталі компресора під час пуску, коли головний маслонасос ще не працює, використовується маслонасос пусковий. Після запуску головного маслонасосу він автоматично відключається.

Система автоматики забезпечує підтримку заданого тиску нагнітання повітря, захист компресора від помпажу, захист виробу від можливих ненормальних і аварійних умов і режимів. Крім того, в автоматичному режимі, система здійснює операції пуску і зупинки компресора по заданій програмі. При роботі в неавтоматичному режимі, система здійснює тільки необхідні блокування, які виключають помилки експлуатаційного персоналу при запуску.

Система автоматики складається з:

– давачів, первинних приладів і т.д, розміщених на елементах і системах компресорної станції або на безпосередній відстані від них,

– щитів з вторинними приладами, регуляторам і т.д, розміщених в спеціальному приміщенні або на вигородку;

– комунікацій (електричних, пневматичних, гідравлічних), які з'єднують щити з давачами, первинними приладами і приводами виконавчих механізмів.

Допускається як довготривала, так і постійна робота компресора в системі повітря з будь – яким тиском нагнітання, як рівним найбільшому кінцевому тиску повітря на виході з нагнітального патрубку компресора, так і менше нього при умові відповідної переналадки системи регулювання тиску.

Робота компресора із тиском нагнітання більше 0.782 МПа (8 кг/см<sup>2</sup>) не допускається по умовам міцності його корпусу, проміжних і кільцевих охолоджувачів, надмірного збільшення осьового зусилля на підшипниках компресора, а також через перегрів компресора.

## **1.2. Організація повітряної системи**

Повітря втягується компресором з атмосфери через втягуючий повітропровід. Проходячи через стаціонарний повітряний фільтр, повітря очищається від механічних домішок (пил, сміття).

Після стаціонарного повітряного фільтра повітря попадає у втягуючий повітропровід, в якому розміщена дросельна заслінка.

Дросельна заслінка є регулюючим органом в системі регулювання тиску компресора. Заслінка містить стрілку, яка закріплена на корпусі, і градуйовану шкалу. По зміщенню стрілки відносно шкали визначають кут відкриття і заслінки. В вихідному положенні (при запуску компресора) дросельна заслінка, як правило, повинна бути відкрита на 20° по шкалі, що необхідно для зменшення пускових навантажень на турбодвигун. Конкретна величина відкриття визначається при перших запусках.

Компресор має дві ступені проміжного охолодження. Перша ступінь охолодження уніфікований проміжний повітроохолоджувач з розміщеними в ньому двома уніфікованими трубними пучками. Друга ступінь охолодження - уніфікований повітроохолоджувач з одним уніфікованим трубним пучком.

Повітроохолоджувач кінцевий призначений для охолодження повітря на виході і компресора.

У нагнітаючому повітропроводі повітря послідовно проходить повітроохолоджувач кінцевий, клапан обернений, засувку і поступає в мережу стиснутого повітря компресорної станції. Імпульс по тиску перетворюється приладом системи автоматично і виводиться на її щити.

Стан проміжних і кінцевого, зі сторони нагнітання, повітряних ущільнювачів визначає не тільки економічність, але й надійність роботи компресора і його довговічність, так як з збільшенням зазорів в них і притупленням їх країв різко зростає осьове зусилля від ротора на опорно-упорний вкладиш. При значному погіршені стану ущільнювачів осьове зусилля може настільки збільшитись, що перевищить несучу здатність колодок вкладиша або значно знизить їх довговічність.

До кінцевого ущільнювача валу ротора у всмоктуючій камері з компресора підводиться свіже повітря. Частина цього повітря витікає в сторону масляного ущільнювача і тим самим не допускає застосування масляних парів в проточну частину компресора.

Камера втягування обладнана профільованим патрубком, по якому повітря, що втягується компресором, підводиться до 1 – го робочого колеса компресора. Улітки 1 – ої і 2 – ої секцій мають по патрубку для виводу з корпусу до повітроохолоджувачів гарячого повітря після 2 – го і 4 – го робочих коліс ротора і по патрубку для вводу в корпус охолодженого в повітроохолоджувачі повітря.

Камера нагнітання обладнана патрубком, по якому стиснуте повітря з компресора поступає в нагнітальний повітропровід, і фланцем, через який повітря, що протікає через ущільнення думміса, відводиться в атмосферу.

На ділянці нагнітаючого повітропроводу між оберненим клапаном і засувкою передбачений відвід в атмосферу з вентилем. Цей відвід необхідний для випуску повітря при перевірці стану засувки і зворотного клапану при

непрацюючому компресорі, але при наявності тиску у пневмережі стисненого повітря компресорної станції.

Слід зауважити, що зворотній клапан не є запірною арматурою, а тому за зворотнім клапаном на нагнітальному трубопроводі встановлена засувка.

В якості регулюючого елемента в системі протипомпажного захисту використовується типовий двохсідловий клапан. Випускний клапан встановлюється до відбірного клапана (рахувати від компресора) на відходячому від основного нагнітаючого трубопроводу патрубкові і служить для викиду повітря в атмосферу, коли режими роботи компресора підходять до нестійкого стану.

### **1.3. Масляна система охолодження**

Масляна система призначена для подачі масла в вузли тертя (підшипники, зубчаті передачі) компресора, редуктора, турбодвигуна і з'єднуючих їх зубчатих муфт, а також для виносу тепла, що виділяється при терті. Масляна система замкнута з вимушеною циркуляцією масла. Головним насосом системи є шестеренчастий насос, встановлений на редукторі і який приводиться в обертовий рух від вала його зубчатого колеса.

Для подачі масла в систему перед запуском і після зупинки компресора, а також під час пуску і зупинки, коли швидкість обертання машини і головного насосу і, відповідно, його продуктивність малі, призначений електронасос масляний пусковий НМП.

Маслоохолоджувач призначений для охолодження масла, яке охолоджуючи гарячі елементи конструкції і розділюючи металеві поверхні, які труться, саме інтенсивно нагрівається. У випадку необхідності відбувається підігрів масла перед запуском, маслоохолоджувач використовується як підігрівач, для чого (відповідним маніпулюванням запірної арматури) підводиться гаряча вода. Конструкцією передбачені засувки для перекриття

маслопроводів при обслуговуванні маслоохолоджувача і пускового електронасоса.

Масляна система забезпечує змащування підшипників компресора, редуктора і турбодвигуна; зубчатого зчеплення редуктора, з'єднувальних зубчатих муфт, а також їх охолодження. Система змащення зубчатого зчеплення редуктора, зубчатих муфт, підшипників ковзання власне компресора, редуктора і турбодвигуна - примусова циркуляційна. Змащування здійснюється турбінним маслом.

Температура підшипників компресора, редуктора і турбодвигуна не повинна перевищувати  $72^{\circ}\text{C}$ .

Масляна система заповнюється маслом з масляного баку, в якому масло очищається від випадкових механічних домішок, які попали в масло по шляху його протікання. Масляний бак виготовлений з листової сталі. Дно баку виготовлене напівкруглим для збирання осаду, води і бруду. Звареними перегородками і плоскими сітчатими фільтрами бак ділиться на два відсіки:

- відсік зливу масла;
- відсік відбору і розподілу масла.

Для сигналізації положення рівня масла на масляному бак встановлений поплавковий вказівник рівня, що видає електричні імпульси при недопустимому підвищенні або пониженні рівня масла.

Відстій і все масло при необхідності зливається через люк.

Температура масла у масляному баку перед пуском машини не повинна бути нижчою  $30^{\circ}\text{C}$  (замір температури після працюючого пускового маслонасоса) для марки масла 30 і  $25^{\circ}\text{C}$  для масла марки 22.

Фільтр масляний призначений для тонкої очистки масла, що циркулює в системі змащування. Фільтр складається із сталюого корпусу і фільтр-пакета. Фільтр – пакет представляє собою набір фільтр-елементів, зібраних у трубки. Розрахункова витрата масла через фільтр 3,75 л/с.

Для підтримання постійного тиску  $0.45+0.5$  МПа ( $4.5+5$  кгс/см<sup>2</sup>) в масляній системі використовується клапан редукційний, що встановлюється на напірній лінії, яка йде від головного маслососа. Необхідний тиск масла встановлюється зміною натягу пружини клапана.

Масло підводиться до підшипника з надлишковим тиском  $0.5$  МПа ( $5$  кг/см<sup>2</sup>). Так як отвори кільця розміщені біля периферійних найбільш навантажених колодок, то свіже масло підводиться в першу чергу до них. Далі масло під дією передачу тиску переміщується вздовж бабіту колодок і навколо них в напрямку до вала ротора і збирається в кільцевій порожнині, утвореній валом і упорним диском ротора, а також корпусом вкладиша. З цієї порожнини, по каналу на роз'ємі вкладиша, масло протікає до дросельного гвинта і через його отвір зливається в картер підшипника.

Маслоохолоджувач має поверхню охолодження, утворену пучком трубок, розвальцьованих в двох трубних дошках. Трубки пучка омиваються ззовні маслом, рух якого направляється перегородками; в середині трубок проходить охолоджена вода. Тиск охолоджуючої води завжди менший тиску масла в маслоохолоджувачі, щоб запобігти попаданню води в масло.

Температура масла після маслоохолоджувача при роботі машини повинна бути в межах  $40...45^{\circ}$  С.

#### **1.4. Водяна система охолодження**

Водопроводи призначені для забезпечення повітроохолоджувачів компресорного агрегату, електродвигуна і маслоохолоджувачів масляної системи охолодженою водою, а також підводу до маслоохолоджувачів гарячої води для передзапускового підігріву масла.

Перед загальною засувкою на підводі води до виробу встановлений запобіжний фільтр (сітка), який виключає можливість замушення водяних трактів повітроохолоджувачів, маслоохолоджувачів, а також засувки.

Водяні труби, що підводять до проміжних повітропроводів воду і відводять її, обладнані компенсаторами для виключення можливості передачі надмірних зусиль від їх маси і теплових деформацій на проміжні повітроохолоджувачі, а також для забезпечення вільного переміщення повітроохолоджувачів при теплових і силових (від тиску повітря) розширень проміжних повітроохолоджувачів.

Після загальної засувки на підводі води до компресора встановлений запобіжний клапан, який виключає можливість підняття тиску вище 0.3 МПа (кг/см<sup>2</sup>), що гарантує збереженість трубних пучків маслоохолоджувачів і повітроохолоджувачів компресора і турбодвигуна.

Злив охолоджуючої води є вільним (безнапорним), щоб при непрацючій машині тиск води в охолоджувачах був би відсутній. Цим забезпечується виключення проникнення води в масло і в турбодвигун у випадку негерметичності маслоохолоджувачів і повітроохолоджувачів.

Конструкція трубопроводів, з'єднуючих повітряну порожнину масляного баку з атмосферою виконана таким чином, щоб забезпечувати відвід масляних парів, а також часткову його конденсацію і повернення масла в бак.

### **1.5. Підтримання заданого тиску і протипомпажний захист турбокомпресорної станції**

Згідно із газодинамічними характеристиками компресора, регулювання (підтримування) заданого тиску нагинання за допомогою дросельної заслінки можливе тільки в інтервалі від номінальної продуктивності компресора, яка відповідає повному відкриттю дросельної заслінки, до продуктивності наближеній до критичної (помпажної), яка відповідає найбільшому (для вданого тиску нагнітання) прикриванню дросельної заслінки.

Величина цього найбільшого перекриття дросельної заслінки вибирається і встановлюється при налагодженні такою, щоб:

– вище горизонтальної лінії заданого тиску (між цією лінією і нахиленою лінією налагодження протигюмпажного захисту) має існувати ділянка газодинамічної характеристики такий, що у випадку дальшого зменшення споживання повітря споживачем, забезпечує виникнення в системі автоматичного контролю відповідного сигналу (імпульсу) про підвищення тиску нагнітання;

– виключити нестійкість роботи (коливання) регулювання в безпосередній близькості від помпажної зони і завчасного спрацювання автоматичної системи протипомпажного захисту.

В цьому інтервалі, при зменшенні споживання повітря споживачем, тиск після компресора дещо збільшиться, так як характеристики компресора визначаються положення (кутом відривання) дросельної заслінки.

Відповідно до зміни тиску після компресора, зміниться і електричний сигнал від давача тиску в системі автоматичного контролю, яка, посиляючи відповідні керуючі сигнали, за допомогою виконавчого механізму (сервоприводу) починає прикривати дросельну заслінку.

Дросельна заслінка буде прикриватися до тих пір, поки витрати повітря через неї не зрівняються (за мінусом витрат повітря з турбокомпресора) з споживанням його споживачем. При цьому, тиск нагнітання знизиться до заданого значення тиску, а характеристика компресора буде відповідати новому положенню дросельної заслінки.

При збільшенні споживання повітря споживачем, тиск після компресора почне зменшуватись, так як подача повітря в нагнітаючий повітропровід буде визначатися положення (кутом відривання) дросельної заслінки.

Так як тиск після компресора зменшиться, то система автоматики відреагує на зміну тиску і, посиляючи відповідні керуючі сигнали, за допомогою виконавчого механізму (сервоприводу) починає відкривати дросельну заслінку для збільшення подачі повітря до споживача.



Дросельна заслінка буде відкриватися до тих пір, поки витрати повітря через неї не зрівняються (за мінусом витрат повітря з турбокомпресора) з споживанням його споживачем. При цьому, тиск нагнітання підвищиться до заданого значення тиску, а характеристика компресора буде відповідати новому положенню дросельної заслінки.

Згідно із газодинамічними характеристиками компресора, підтримування даного тиску нагнітання повітря і недопущення помпажу в інтервалі споживання повітря сіткою меншим, чим продуктивність компресора при найбільшому прикритті дросельною заслінкою, можливо тільки шляхом випускання із нагнітаючого повітропроводу в атмосферу повітря за допомогою клапана, в кількості, яка дорівнює різниці між мінімальною продуктивністю компресора і споживанням повітря сіткою.

В цьому інтервалі, при зменшенні споживання повітря сіткою, тиск після компресора дещо збільшиться, так як характеристика компресора визначається і кутом) дросельною заслінкою в положенні найбільшого прикриття.

У відповідності до зміни тиску після компресора, зміниться і електричний сигнал від давача тиску в системі автоматичного контролю, яка, посилаючи відповідні керуючі сигнали, за допомогою виконавчого механізму починає відкривати вище згаданий клапан. Клапан буде відкритий до тих пір, поки витрати повітря через нього не зрівняються (за мінусом витрат повітря з турбокомпресора) з споживанням його споживачем і тиск не знизиться до відданого значення. При цьому, сума кількості повітря, яке споживає сітка, що надходить з компресора і повітря яке випускається через клапан в атмосферу, стане рівною мінімальній продуктивності компресора.

При збільшенні споживання повітря сіткою, тиск після компресора почне збільшуватися. Відповідно до типі тиску після компресора, зміниться і електричний сигнал від давача тиску в системі автоматичного контролю, яка, посилаючи відповідні керуючі сигнали, за допомогою виконавчого механізму починає закрити клапан. Подальше регулювання тиску повітря в системі буде проводитися за допомогою дросельної заслінки, як було згадано вище.

Протипомпажний захист системи призначений для недопущення помпажу, тобто роботи компресора з продуктивністю меншою, чим критична, шляхом швидкого відкриття згадуваного випускного клапана і випускання через нього повітря із нагнітаючого повітропроводу в атмосферу.

Для цього використовується той же самий випускний клапан і його привід, що і для регулювання тиску, який в цей момент відключається від керування приладом.

Протипомпажний захист спрацьовує при зменшенні споживання повітря сіткою до величини, яка близька до критичної продуктивності компресора в наступних випадках:

- при несправності системи регулювання тиску або при неправильному налагодженні даної системи;
- при перегріванні повітря в компресорі через забруднення проміжних повітроохолоджувачів або при підвищенні температури води для зменшення її витрати;
- при значному підвищенні температури всмоктуваного з атмосфери повітря (проти температури, при якій було проведене налагодження системи);
- при такій значній (аварійній) швидкості зменшення споживання повітря сіткою, що регулювання тиску дросельною заслонкою не встигає спрацювати.

## **1.6. Обґрунтування необхідності контролю основних технологічних параметрів**

Як було приведено вище для нормальної роботи станції необхідно використовувати різні системи: масляну – для змащення вузлів тертя і їх охолодження, водяну – для охолодження масляної системи. Ці системи є допоміжними. Основною ланкою станції є повітряна система. В кожній системі є певні стани які характеризуються певними параметрами.

Для роботи турбокомпресорної станції важливими станами виступають нормальні режими роботи всіх вище названих систем. При використанні такої кількості різних за призначенням систем, відповідно. Існують технологічні параметри, які необхідно контролювати. Тобто, ви ми кас потреба запобігати ненормальному або, інакше кажучи, аварійному режиму роботи кожної з систем і самої турбокомпресорної станції в цілому.

Для нього проводиться контроль основних технологічних параметрів. До цих параметрів можна віднести тиск повітря всмоктування, тиск повітря нагнітання, температуру та рівень масла, температуру води та повітря на різних стадіях роботи та багато інших.

Розглянемо перераховані параметри. Так як станція створена з метою заперечення споживача повітрям поданим із заданим тиском, то очевидним стає доцільність контролю тиску нагнітання або тиску в системі споживання.

Цей контроль необхідний також з такої причини, що конструкція компресора передбачає певний режим роботи, а саме, існують межі продуктивності на які налагоджується компресор під час першого встановлення і запуску. І якщо не контролювати кількості повітря яку використовує споживач, то може виникнути ситуація при якій компресор працює в неекономічному режимі з малим ККД.

Прикладом такої ситуації може служити значне зменшення споживання повітря, тоді компресор буде працювати в холосту. Для цього контролюють потребу повітря (тиск) споживача, використовуючи дросельні, випускні та протипомпажні клапани, які спрацьовують від системи автоматичного контролю. Якщо не виконувати контроль над тиском повітря, не тільки споживання, а й загалом, то можуть виникнути поломки як і компресора так і повітряної та інших обслуговуючих систем.

## 1.7. Мета розробки та постановка задачі

Метою кваліфікаційної роботи являється створення системи автоматичного керування і контролю функціонування основних вузлів турбокомпресорної установки, а також її самої, продуктивністю 100...500 м<sup>3</sup>/хв з електроприводом від синхронного двигуна.

Основною задачею є створення автоматизованої системи підтримання певного тиску нагнітання повітря, формування вказаного тиску повітря в системі повітропроводу споживання, захисту компресора від помпажа, захисту виробу від можливих ненормальних і аварійних умов і режимів експлуатації для довготривалої, безаварійної, економічної роботи турбокомпресорної станції в цілому. Також потрібно розробити систему автоматичного контролю масляної системи, системи температурного контролю основних вузлів гідро- і газосистеми, розходу повітря, води, перевірки продуктивності роботи компресора.

## 2 ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

### 2.1. Карта технологічного процесу

Параметри технологічного процесу наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Карта технологічного процесу

№ п/п	Назва параметру	Одиниці вимірювання	Номінальне значення	Відхилення
1.	Тиск в сисемі	МПа	0,3 – 0,5	
2.	Робоча температура	°С	72	
3.	Температура після охолодження	°С	36 – 38	
4.	Частота обертання	хв <sup>-1</sup>	3808 – 13780	
5.	Кут повороту заслінкт	°	22	2,5 %
6.	Температура масла після маслоохолоджувача	°С	40 – 45	

Вимоги до системи автоматизації:

1. Контроль та керування тиску повітря всмоктування.
2. Контроль та керування тиску повітря нагнітання.
3. Контроль температури та рівню масла.
4. Контроль температуру води та повітря на різних стадіях роботи та багато інших.

## 2.2. Аналіз технологічного процесу, як об'єкта керування

Повітря втягується компресором з атмосфери через втягуючий повітропровід. Проходячи через стаціонарний повітряний фільтр, повітря очищається від механічних домішок (пил, сміття). Після стаціонарного повітряного фільтра повітря попадає у втягуючий повітропровід, в якому розміщена дросельна заслонка.

Дросельна заслонка є регулюючим органом в системі регулювання тиску компресора. Заслонка містить стрілку, яка закріплена на корпусі, і градуйовану шкалу. По зміщенню стрілки відносно шкали визначають кут відкриття і заслонки. В вихідному положенні (при запуску компресора) дросельна заслонка, як правило, повинна бути відкрита на  $20^\circ$  по шкалі, що необхідно для зменшення пускових навантажень на турбодвигун. Конкретна величина відкриття визначається при перших запусках.

Компресор стискає повітря і подає його в нагнітаючий повітропровід. У процесі стиску, після II – го і IV – го робочих коліс повітря виводиться з корпуса компресора, охолоджується в проміжних повітроохолоджувачах і знову поступає в корпус компресора. Проміжне охолодження забезпечує збільшення продуктивності, коефіцієнта корисної дії компресора і знижує споживану ним потужність.

Компресор має дві ступені проміжного охолодження. Перша ступінь охолодження уніфікований проміжний повітроохолоджувач з розміщеними в ньому двома уніфікованими трубними пучками. Друга ступінь охолодження – уніфікований повітроохолоджувач з одним уніфікованим трубним пучком. Повітроохолоджувач кінцевий призначений для охолодження повітря на виході і компресора. Схема зв'язків між вхідними та вихідними величинами приведена на рис. 2.1.

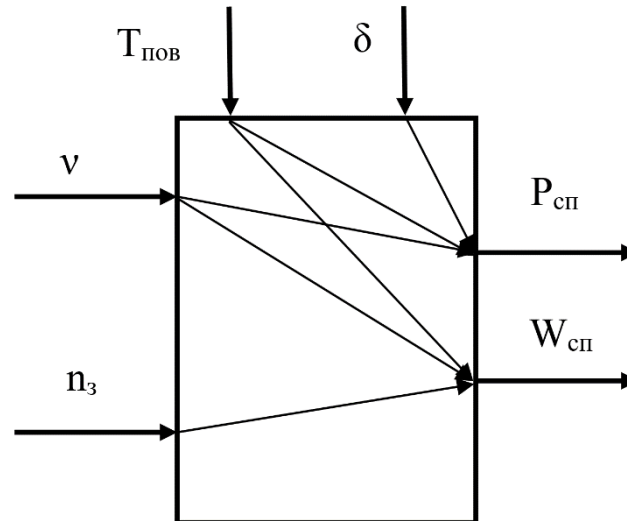


Рис. 2.1. Схема зв'язків між вхідними та вихідними величинами:  $T_{\text{пов}}$  – температура повітря;  $\delta$  – похибки датчиків;  $v$  – частота обертання ротора насоса;  $n_z$  – положення регулюючого органу;  $P_{\text{сп}}$  – тиск стисненого повітря;  $W_{\text{сп}}$  – об'єм повітря.

Зворотній клапан є самодіючим запобіжним клапаном для запобігання попадання зворотнього потоку повітря по нагнітаючому трубопроводі в проточну частину компресора при несподіваній його зупинці. Основним вузлом зворотнього клапана є поворотний затвор, який пропускає повітря тільки в одному напрямку і перекриває і перекриває прохід ц випадку зворотного руху стисненого повітря.

Для нормального функціонування компресора та всіх рухомих механізмів використовується їх змащення маслом. Масло також використовується і для охолодження цих механізмів. Тому необхідно контролювати розхід, температуру, чистоту масла. При недостатчі масла можуть виникати різні критичні ситуації, швидше будуть зношуватися частини, які труться, охолодження цих же механізмів буде недостатнім.

При підвищенні температури вище заданого рівня масло вже не буде виступати в ролі охолоджувача, воно взагалі може втратити свої фізичні

властивості, тобто масляна система не буде виконувати своєї функції, що може призвести до вимушеної зупинки комплексу чи навіть аварії.

### **2.3. Обґрунтування вибору функціональної схеми автоматизованої системи керування**

Стаціонарна компресорна установка з центробіжним шестиступінчатим (з двома ступенями проміжного охолодження) компресором всмоктує повітря з навколишнього середовища через всмоктуючий повітропровід.

Проходячи через стаціонарний повітряний фільтр, повітря очищується від механічних домішок (сміття, пилюка та інше).

Обертний момент від турбодвигуна через підвищуючий редуктор передається на компресор, який стискає повітря і подає його в нагинаючий повітропровід. В процесі стиснення, після другого і четвертого робочих коліс, повітря виводиться з корпусу компресора, потім охолоджується в проміжних повітроохолоджувачах до температури не більше  $+72^{\circ}\text{C}$  і знову поступає в корпус компресора.

Проміжне охолодження забезпечує збільшення продуктивності, ККД компресора і знижує споживану ним потужність.

В нагнітаючому повітропроводі повітря послідовно проходить повітроохолоджувач кінцевий, клапан зворотній і поступає в лінію подачі стиснутого повітря компресорної станції.

Для забезпечення змащення підшипників ковзання компресора, редуктора і турбодвигуна використовується масляна система.

Також масло підводиться для забезпечення змащення зубчатого зачеплення редуктора, з'єднувальних зубчастих муфт, а також масляна система використовується для охолодження вище згаданих елементів.



Система автоматики здійснює підтримання заданого тиску нагнітання повітря та підтримання відповідних температурних режимів, захист компресора від помпажу, захист установки від можливих ненормальних і аварійних умов і режимів. Крім того, при роботі в автоматичному режимі, система здійснює операції запуску і зупинки установки по заданій програмі. При роботі в неавтоматичному режимі, система здійснює тільки необхідні блокування, які виключають помилки експлуатуючого персоналу станції при налагодженні станції та її запуску.

Наступною ланкою, яка прив'язана безпосередньо до масляної системи, є водяне охолодження. Роль водяного охолодження – знизити температуру масла до допустимих меж. Також важливим є недопущення попадання води в масляну систему, в повітряну систему та електричну.

Разом, водяна та масляна системи виконують ще й функції охолодження повітря. Це робиться для збільшення ККД компресора і всієї станції. Саме охолодження проходить в проміжних охолоджувачах.

Контроль даних параметрів не є остаточним вирішенням проблеми нормального функціонування турбокомпресорної станції. Адже існує ще багато параметрів, які впливають на роботу станції, систем та окремих модулів. Дія цих чинників може вплинути на інші фізичні показники контрольованих систем. Тому, можна зробити такий висновок, що потрібно постійно контролювати всі критичні параметри станції, а також проводити контроль всіх допоміжних ланок.

Отже, керуючись цими положеннями, необхідно створити систему яка б а постійний контроль тиску повітря для протипомпажного захисту та мала б можливість контролювати й деякі інші параметри: температуру різних ділянок і систем, тиск, контроль потреби масла.

Підтримування заданого тиску нагнітання при різному споживанні повітря споживачем проводиться в залежності від величини споживання або тільки шляхом дроселювання повітря у всмоктуючому повітропроводі за допомогою дросельної заслонки, або шляхом найбільшого дроселювання на всмоктуючому

повітропроводі і випускання в атмосферу частини повітря із нагнітаючого повітропроводу (після компресора) через випускний клапан.

## 2.4. Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації

Система автоматики складається з:

- давачів, первинних приладів і т.д, розміщених на елементах і системах компресорної станції або на безпосередній відстані від них;
- щитів з вторинними приладами, регуляторам і т.д, розміщених в спеціальному приміщенні або на вигородку;
- комунікацій (електричних, пневматичних, гідравлічних), які з'єднують щити з давачами, первинними приладами і приводами виконавчих механізмів.

### Вибір давачів

Заслінка дискова поворотна ASTM A216 – WCB (рис. 2.2) призначена для регулювання витрат рідин.



Рисунок 2.2. – Затвор дисковий поворотний ASTM A216 – WCB

Затвор ASTM A216 – WCB являє собою круглу дискову заслінку з ущільненням, що дозволяє забезпечити перекриття потоку. Ущільнення затвору забезпечується зміщенням осі обертання диска і застосуванням ущільнювального гумового шнура або наплавленого ущільнення.

Керування заслінкою здійснюється за рахунок електроприводу.

Технічні характеристики:

- корпус – тип 4, безфланцевий з вушками;
- привід механізму – електричний;
- діаметр відповідно до трубопроводу – 50 мм;
- крутний момент – 38 Нм;
- коефіцієнт потоку – 220 відповідно до кута перекриття 90°;
- матеріал корпусу – сталь 20;
- температура робочого середовища – -40..+440 °С;
- умови експлуатації – за ГОСТ 15150-69 – У1, Т1;
- середовище роботи – рідкі та газоподібні середовища;
- допустимий тиск потоку – до 2,5 кгс/см<sup>2</sup>.

Лічильник води JS 90-1,5 NK з передавачем імпульсів (рис. 2.3). Даний прилад оснащено крильчатим одноструйним лічильником.



Рисунок 2.3. – Лічильник води JS 90-1,5 NK

Технічні характеристики:

- клас точності 4 (по ДСТУ 3339-97);
- номінальна об'ємна витрата 0,03 – 3 м<sup>3</sup>/год;
- температура теплоносія в трубопроводі до 90°С;
- живлення автономне від літієвого елемента 3,6 В.

Фотоелектродний сигналізатор полум'я ФЭСП-2 (рис. 2.4) призначений для контролю наявності полум'я. Прилад перетворює сигнали від електродного датчика полум'я у дискретні вихідні сигнали. Датчик розміщується в іонізованому полум'яні.



Рисунок 2.4. – Фотоелектродний сигналізатор полум'я ФЭСП-2

Технічні характеристики:

- живлення –  $24 \pm 2,4$  В;
- споживана потужність не більше 3,5 ВА;
- маса не більше 1,5 кг.

Манометр М160–R–1,6 (рис. 2.5) призначений для визначення тиску. Манометр комутує два електричні ланцюги. Ланцюг 1 замикається при перевищенні тиску вище заданого, ланцюг 2 – при зниженні тиску нижче заданого. Напруга, яка допускається на комутованих ланцюгах ~220В або ~380В, максимальна сила струму 0,1А.



Рисунок 2.5. – Манометр М160–R–1,6

Манометр відноситься до показуючих реєструючих приладів. Перевагами датчика є можливість виконання у захисному корпусі зі степінню захисту IP50.

Датчик тиску DMP 331 (рис. 2.6) перетворює тиск (в діапазоні 0,0061 – 2,6 МПа) в електричний сигнал.



Рисунок 2.6. – Датчик тиску DMP 331

Технічні характеристики:

1. діапазони тиску: від 0..0,0061 МПа до 0...2,6 МПа;
2. вихідні сигнали: 4..20 мА /2-х пров.; II 1G EEx і ПС Т4/4..20 мА/ 2 пров.; 0...20 мА / 3-х пров.:
  - 0..10 В / 3-х пров.; 0...5 В / 3-х провідникового виконання;
  - 0..1 В / 3-х провідникового виконання;
  - 1..6 В / 3-х провідникового виконання;
  - 4..20 мА / 3-х провідникового виконання;
3. клас захисту IP 65-68;
4. точність 0,5% / 0,25% у всьому діапазоні згідно ІЕС 60770.

Ємнісний давач рівня CRF2 (рис. 2.7) вимірює провідність між чутливими елементами і стінкою ємкості і видає сигнал 4 – 20мА пропорційний рівню матеріалу. Чутливий елемент може бути виконаний в вигляді стержня або кабелю в залежності від діапазону вимірювання. Сучасне покриття не тільки захищає датчик від корозії, але мінімізує дію електромеханічних перешкод. Датчик рівня CRF2 може вимірювати рівень не тільки рідини, але й порошкових, а також гранульованих речовин.



Рисунок 2.7. – Ємнісний давач рівня CRF2

Характеристики ємнісного датчика рівня CRF2:

Напруга живлення – 12 – 35 VDC;

Вихідний сигнал – 4 – 20мА;

Діапазон вимірювання ємності – 0 – 2000 pF;

Чутливість – 0,15 pF;

Точність вимірювання –  $\pm 0,25$  діапазона;

Температура вимірювального середовища до – 121°C;

Тиск вимірювального середовища до – 82 бар.

## Вибір виконавчих механізмів і регулюючих органів

Регулятор тиску РДЖТ–1–М1 (рис. 2.8) призначений для автоматичного регулювання тиску води.



Рисунок 2.8. – Регулятор тиску РДЖТ–1–М1

Технічні характеристики:

- робоче середовище: вода з параметрами;
- робочий діапазон температур від 5 до 80 ° С;
- чистота не нижче 10 класу чистоти за ГОСТ 17216-71;
- тиску: 4 МПа +0,3 МПа (40 кгс/см<sup>2</sup> +3 кгс/см<sup>2</sup>);
- умовний прохід: 10 мм;
- умовна пропускна здатність: (0,25 +0,025) м<sup>3</sup> / ч.
- межі налаштування (уставки) регульованого тиску: нижній - не більше 0,3 МПа (3,0 кгс/см<sup>2</sup>); верхній - не менше 4 МПа (40 кгс/см<sup>2</sup>);

Контактор застосовуються для комутації двигунів і електричних ланцюгів. Основні переваги мініконтакторів їх компактність.

Характеристики контактора:

- номінальний струм – 6..12 А режим АС3;
- номінальна напруга – 690 V АС;
- максимальна частота комутації – 3600 цикл/год;
- електричний ресурс – 500000 циклів;
- робоча температура – -40 .. 80° С;
- ступінь захисту – IP20;
- монтаж – 35 мм. DIN рейка.

Промислові реле з корпусом шириною 6 мм підвищеної жорсткості містять вбудовані механічний і світлодіодний індикатори, що дозволяють легко контролювати положення контактів та наявність напруги на котушці (рис.2.9).



Рисунок 2.9. – Промислове реле

Поставляються в комплекті з монтажною колодкою, яка може мати гвинтові або пружинні клеми. Для стикування з ПЛК передбачений спеціальний інтерфейсний адаптер.

Електричні клапани серії RN 160 PLUS (рис. 2.10) розроблені для забезпечення найбільш низьких втрат тиску. Новий соленоїд гарантує надійну роботу клапана з збільшені тиском.



Рисунок 2.10. – Електричний клапан серії RN 160 PLUS



Сердечник соленоїда дозволяє клапану функціонувати з низькою напругою. Матеріали, з яких виготовлений корпус і всі внутрішні частини клапана гарантують його якісну і тривалу роботу.

## 2.5. Вибір контролерів

Застосування АСКТП дає можливість забезпечити ефективне керування технологічними процесами. Централізовані системи керування, в свою чергу, дозволяють підвищити вимоги до точності контролю і регулювання, реалізувати більш складні системи керування. Основне завдання системи управління процесом сушіння – точне вимірювання заданого оптимального режиму.

Реміконт Р-130 (рис. 2.11) є мікропроцесорним контролером, який належить до класу малоканалних засобів автоматизації. Він може бути встановлений у шафу або підвішений. Цей контролер може обслуговувати до 32 входів-виходів. Даний контролер дозволяє реалізовувати каскадні та програмні системи автоматичного регулювання. Контролер може мати 4 незалежних контури регулювання, кожен з яких може бути реалізований як каскадний або програмний.



Рисунок 2.11. – Контролер Реміконт Р-130

Незважаючи на багато переваг, цей тип контролерів все ще вважається досить дорогим порівняно з контролерами інших компаній, які також виробляють модульні багатоканальні системи з великою потужністю, але коштують значно менше.

P-130 також може виконувати алгоритми логічно-програмного керування. Для застосування контролерів P-130 у великих АСКТП передбачена можливість об'єднання до 15 контролерів в кільцеву мережу, відому як "транзит", за допомогою інтерфейсу (IRPS). Одним з елементів мережі має бути шлюз (міст), який за допомогою інтерфейсу RS-232 з'єднується з будь-яким персональним комп'ютером для зв'язку з автоматизованою робочою станцією оператора.

Контролер Мікконт-180 (рис. 2.12) має 8 вхідних каналів, які ізольовані між собою та від джерела живлення. Ці входи призначені для перетворення уніфікованих токових сигналів (0-5 мА, 0-20 мА, 4-20 мА) або напруги в діапазоні 0-10 В у цифрову форму. Вибір потрібного діапазону здійснюється за допомогою перемичок, розташованих у блоках КБЗ. Максимальна похибка АЦП після калібрування складає 0,3%, з урахуванням всіх дестабілізуючих факторів.



Рисунок 2.12. – Контролер Мікконт-180

Контролер також має 4 аналогових вихідних канали, які зв'язані у групу та ізольовані від джерела живлення. Вони здатні генерувати уніфіковані токові

сигнали в діапазоні 4-20 мА, із максимальною похибкою ЦАП після калібрування 0,5%. Загальна кількість дискретних входів/виходів становить 32. У стандартному варіанті доступно 16 дискретних входів та 16 дискретних виходів, але це співвідношення може бути змінене за потреби під час замовлення.

Для реалізації системи керування Мікконт-180 має вбудований буквено-цифровий рідкокристалічний дисплей, який відображає поточні параметри керованого процесу. Також присутні 7 функціональних клавіш, які дозволяють оперативно керувати процесом, а світлодіодні індикатори використовуються для виявлення помилок в регуляційних контурах та аварійних ситуацій. В контролері також встановлений енергонезалежний годинник реального часу, що забезпечує синхронізацію з часом доби для використання у програмах контролю та керування.

В кожному контурі можна активувати ручний, програмний або зовнішній датчик і моніторити на індикаторі наступні поточні параметри контрольованого процесу: задання, вхід, розбіжність, вихід, довільний параметр, параметри програми, помилки контуру. Переключення типу задання і переконфігурація контуру здійснюються безперервно завдяки вбудованим механізмам динамічного і статичного балансування.

Віртуальна модель контролера дозволяє встановлювати до 255 алгоблоків. Базова бібліотека містить понад 70 алгоритмів цифрової обробки, що постачаються в комплекті Реміконта Р-130. Ці алгоритми включають регулятори (ПД, ПДД2), датчики (ручний, програмний), динамічні і статичні перетворення, аналого-цифрову, цифрову і логічну обробку. Бібліотека може бути розширена до 255 алгоритмів для виконання специфічних функцій. Час циклу контролера становить від 0,1 до 0,4 секунди і може бути встановлений з кроком 0,05 секунди.

Процес програмування полягає в видобутку необхідних алгоритмів з бібліотеки, яка записана в постійну пам'ять контролера, об'єднанні цих

алгоритмів у систему з заданою конфігурацією та встановленні необхідних настроювальних параметрів.

Мікроконтролер ADAM-5000 (рис. 2.13) є компактним, багатофункціональним мікропроцесорним контролером, призначеним для автоматичного регулювання та логічного керування технологічними процесами в різних промислових галузях.



Рисунок 2.13. – Мікроконтролер ADAM-5000

Він розроблений для вирішення широкого спектру завдань у галузі регулювання та керування. Контролер дозволяє здійснювати локальне, каскадне, програмне та багатозв'язкове регулювання, а також логічно-програмне дискретне управління.

ADAM-5000 складається з центрального мікропроцесорного блоку контролера та низки додаткових блоків, включаючи УСО.

Основні переваги мікроконтролера ADAM-5000 включають компактні розміри, простоту використання, високу потужність, економічність, багатомодульну структуру та можливість використання додаткових блоків.

При виборі цього контролера були враховані такі фактори, як точність стабілізації та регулювання вихідних параметрів, доступна ціна, надійність, можливість майбутнього розширення системи та зміни її архітектури.

Важливою особливістю цього типу контролера є можливість збільшення виробничої потужності без значних витрат, оскільки на модулі вводу/виводу можна підключати датчики різних типів та класів з різними видами вихідних сигналів.

Мікропроцесорний контролер ADAM-5000 відповідає всім вищезазначеним вимогам. Він забезпечує оптимальне керування виробництвом з урахуванням техніко-економічних аспектів, вимог щодо охорони праці та навколишнього середовища.

## 2.6. Характеристика системи автоматизації згідно з вимогами до датчиків

Для операцій системи були обрані мікроконтролери серії Advantech ADAM 5000. Серія включає програмований 8-слотовий блок ADAM-5510E, два 3-канальних модуля підключення термометрів опору ADAM-5013, один 8-канальний модуль аналогового входу ADAM-5017P, один 4-канальний модуль аналогового виходу ADAM-5024, один 16-канальний універсальний модуль дискретного вводу/виводу ADAM-5050 та один 16-канальний модуль дискретного виходу ADAM-5056.

ADAM-5510E (рис. 2.14) є програмованим 8-слотовим контролером з розширенням, ідеальним рішенням для збирання даних та керування.



Рисунок 2.14. –Контролер з 8 слотами розширення ADAM – 5510E

Технічна характеристика:

- 16 – розрядний мікропроцесор;
- флеш-ПЗП: 1,5 Мбайт;
- статичне ОЗП: 640 кбайт;
- операційна система ROM – DOS;
- кількість модулів вводу – виводу: до 8;
- послідовні порти: 2xRS – 232/485, 1xRS – 485, 1xRS – 232 (прогр.);
- швидкість обміну до 115,2 кбіт/с;
- кількість вузлів мережі на один порт RS – 485 до 256;

ADAM-5013 – 3-канальний модуль, що використовується для термометрів опору будь-якої вимірювальної категорії (рис. 2.15).



Рисунок 2.15. – Модуль під'єднання термометрів опору ADAM – 5013

Технічна характеристика:

- кількість каналів – 3;
- ефективний роздільна здатність 16 біт;
- тип вхідного сигналу – Pt або Ni термометр опору ;
- напруга ізоляції 3000 В постійного струму;
- частота вибірки 10 Гц (загальна);
- смуга пропускання – 2,62 Гц;
- схема під'єднання – 2, 3 – або 4 – провідникова.

ADAM-5017P – 8-канальний модуль аналогового вводу використовується для датчиків з аналоговими виходами по струму та напрузі (рис. 2.16).



Рисунок 2.16. – Модуль аналогового вводу ADAM-5017P

Технічна характеристика:

- канали: 8 диференціальних незалежних;
- ефективний роздільна здатність 16 біт;
- діапазони вхідного сигналу: 0..150, 0..500,  $\pm 150$ ,  $\pm 500$  мВ, 0..1, 0..5, 0..10, 0..15,  $\pm 1$ ,  $\pm 5$ ,  $\pm 10$  В; 0...20 мА;
- напруга ізоляції 3000 В постійного струму;
- частота вибірки 10 Гц (загальна);
- вхідний опір 20 МОм.

Характеристика модуля

ADAM-5024 – 4-канальний модуль аналогового виводу використовується для перетворювачів частоти, напруги та струму, а також інших датчиків з аналоговим входом (рис. 2.17).



Рисунок 2.17. – Модуль аналогового виводу ADAM – 5024

Технічна характеристика:

- кількість каналів – 4;
- ефективна роздільна здатність 12 біт;
- вихідний діапазон – 0..20 мА, 4..20 мА, 0..10 В;
- напруга ізоляції 3000 В постійного струму;
- програмована швидкість налагодження вихідного каналу – 0,125..0,128 мА/с, 0,625..64,0 В/с.

ADAM-5056 – 16-канальний модуль дискретного виводу, що використовується для підключення реле та електромагнітних пускачів (рис. 2.18).



Рисунок 2.18. – Модуль дискретного виводу ADAM – 5056



Технічна характеристика:

- кількість каналів – 16;
- вихід – відкритий колектор на 30 В, 100 мА максимальне навантаження;
- розсіювана потужність – 450 мВт;
- споживана потужність – 0.25 Вт (стандартно), 0.53 Вт (максимально).

2.7. Специфікація засобів контролю і керування

На рис. 2.19 показана функціональна схема автоматизації.

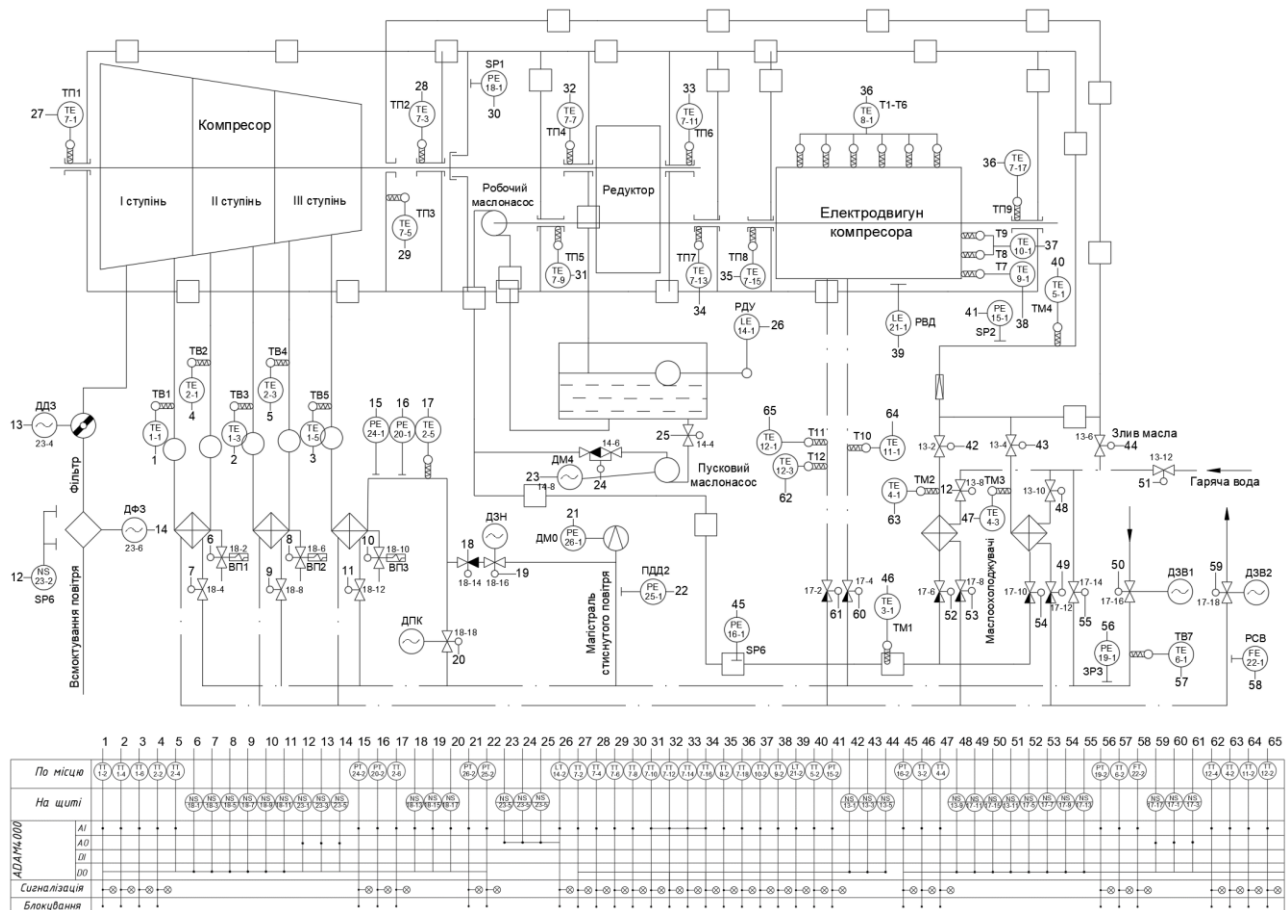


Рисунок 2.19. – Функціональна схема автоматизації

В таблиці 2.1 приведено специфікацію на засоби автоматизації.

Таблиця 2.1. Специфікація на засоби автоматизації

№ п/п	Номер позиції на ФСА	Технологічний параметр	Місце встановлення	Назва засобу та коротка технічна характеристика	Тип	Кількість
1.	15-1, 16-1, 18-1, 19-1, 20-1, 21-1, 24-1, 25-1	Тиск	По місцю	З'єднання з лінією подачі тиску штуцер M22×1,5 Електричне з'єднання Packard MetriPack 150 Напруга живлення, В от 10 до 35	DMP 331	8
2.	14-1, 21-1	Рівень	По місцю	Напруга живлення Виконання АС: 98...253В 50-60Гц Виконання DC 20...28В Вихідний сигнал/ комутація 0/4- 20мА; реле, рахунковий імпульс Modbus; Profibus DP	KOBOL DNUS	2
3.	1-1, 1-3, 1-5, 2-1, 2-3, 2-5, 3-1, 4-1, 4-3, 5-1, 6-1, 7-1, 7-3, 7-5, 7-7, 7-9, 7-11, 7-13, 7-15, 7-17, 8-1, 9-1, 10-1, 11-1, 12-1, 12-3	Температура	По місцю	Діапазони показань приладу. Нижня межа -50; -25; 0°C. Верхня межа 0, 25, 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400°C	ТС5008	26

Продовження табл. 2.1

4.	5-1	Струм	По місцю	Амперметр. Частота 45 - 1500 Гц. Границя на постійний і змінний струм 0,25 – 1 Ом. Клас випробування 2. Клас точності 0,5	Е 59	1
5.	2-1	Напруга	По місцю	Давач постійної та змінної напруги ДНХ. Вихідний сигнал – 4..20 мА.	Давач постійної та змінної напруги	1
6.	13-2, 13-4, 13-6, 13-8, 13-10, 13-12, 14-4, 14-6, 17-2, 17-4, 17-6, 17-8, 17-10, 17-12, 17-14, 17-16, 17-18, 18-2, 18-4, 18-6, 18-8, 18-10, 18-12, 18-14, 18-16, 18-18	Клапани	По місцю	Можливі варіанти соленоїда: 12 В постійного струму, 24 В постійного струму, 110 В змінного струму Робоча температура: +4 ° / +70 ° С	RN 160 PLUS	1
7.	2-6	Наявність полум'я	По місцю	Фотоелектричний сигналізатор полум'я. споживана потужність не більше 3,5 ВА	ФЭСП-2	1

## 2.8. Обґрунтування вибору і опис принципових схем автоматизації

### Опис роботи системи автоматики

Як було зазначено раніше, для стабільної роботи турбокомпресорної станції необхідно постійно контролювати багато параметрів. Для цього потрібно провести певний аналіз необхідної розробки. Так як параметрів, які контролюються багато, то в своїй розробці обмежимося детальним розглядом декількох параметрів, наприклад будемо проводити контроль над помпажем, рівнем масла, а також зробимо можливість підключення і контролювання температури.

Принцип роботи автоматичної системи наступний:

–зміна стану контрольованих органів сприймаються первинними давачами. Типи давачів наступні: для виміру тиску – індукційні, для виміру температури - термодавачі, для контролю рівня масла – кінцеві вимикачі;

–сигнали з давачів поступають схему контролю. Ці дані обробляються програмою і результат обробки поступає на вихід схеми;

–сигнали з виходу схеми поступають на відповідні виконавчі механізми або на пристрої наступної обробки. Виконавчі механізми, можуть бути підключені через спеціальні додаткові плати.

Для того, щоб не обмежуватися давачами, передбачимо можливість підключення декількох однотипних давачів та виконавчих механізмів. Тобто, при виникненні потреби проконтролювати додаткові параметри станції, то будуть задіяні передбачені додаткові входи і виходи, а при зміні керуючої програми можна проводити гнучке регулювання контрольованими параметрами.

При розробці системи контролю потрібно врахувати необхідність посилення сигналів, перетворення сигналів з аналогової форми в цифрову для подальшої обробки та вивід службової інформації на індикатори для зорового

контролю. Також необхідно передбачити можливість перепрограмування системи за допомогою клавіатури.

Для розробки пристрою автоматичного контролю проведемо аналіз його роботи і розділимо його на блоки. Це потрібно для полегшення проектування пристрою.

Сигнали від первинних давачів поступають на вхід системи в стандартні схеми підключення. Для подальшої обробки необхідні сигнали потрібно підсилити. Так як система оперує цифровими значеннями, то аналогові сигнали давачів перетворюємо в цифрову форму. Отримані дані обробляються мікропроцесором за допомогою програми і результати подаються на вихід схеми. Потім певні сигнали поступають на відповідні виконавчі механізми. Для забезпечення набору програми і візуального контролю параметрів системи передбачимо клавіатуру та індикацію.

Тобто пристрій буде складатися з таких функціональних вузлів:

- підключення давачів;
- підсилення вхідних сигналів до необхідного рівня;
- мікроконтролер;
- контролер клавіатури та індикації;
- схеми керування виконавчими механізмами.

Приведемо структурну схему автоматизації рис. 2.20. При Цьому зразу буде видно всі зв'язки між блоками, що полегшить розуміння схеми та принципу її роботи.

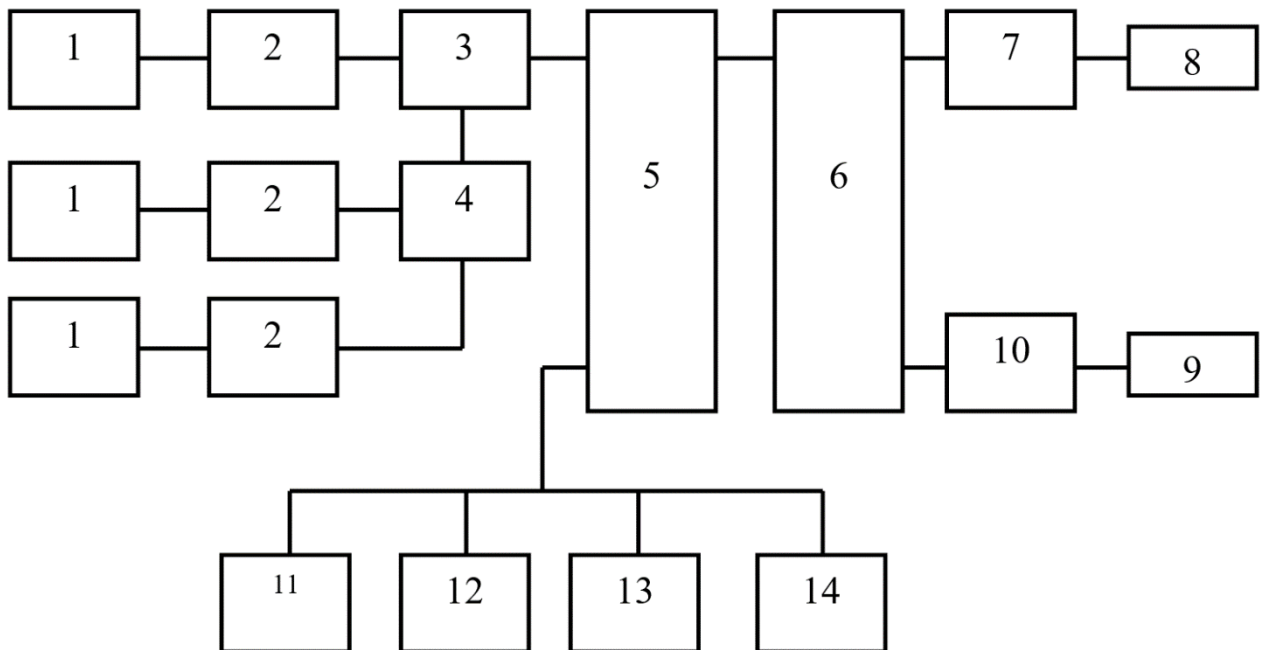


Рисунок 2.20. – Структурна схема підключень засобів автоматизації: 1 – підключення датчиків; 2 – підсилювачі; 3 – АЦП; 4 – комутатор; 5 – контролер; 6 – контролер клавіатури та індикації; 7 – дешифратор; 8 – індикація; 9 – клавіатура; 10 – буфер; 11 – 14 – схеми підключення виконавчих механізмів.

На рисунку 2.21 показана схема електрична принципова системи керування.

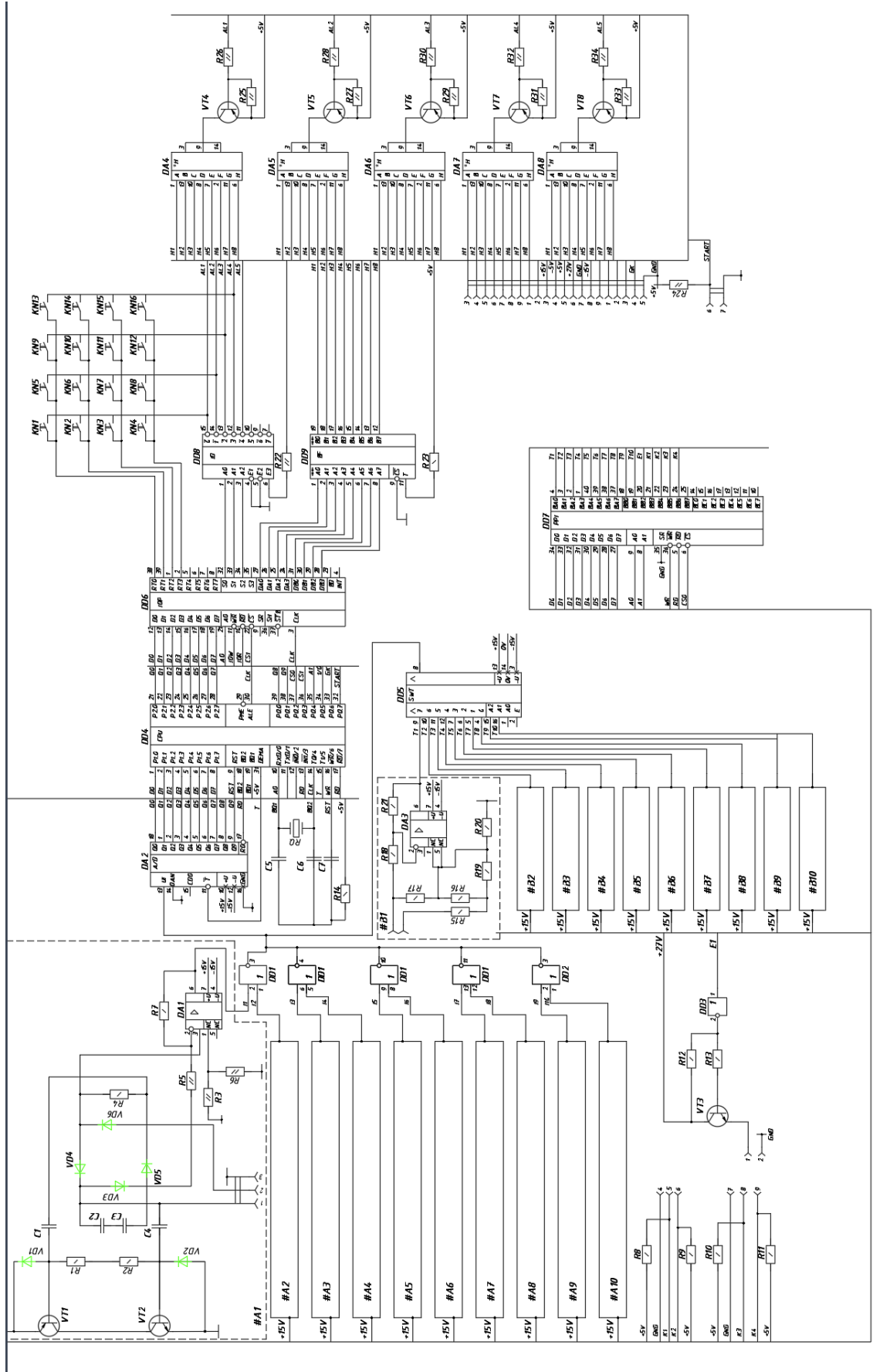


Рисунок 2.21. – Схема електрична принципова системи керування

## 2.9. Обґрунтування вибору щитів, пультів, і монтажу засобів автоматизації

Щити і пульти системи автоматизації призначені для розміщення на них засобів керування і контролю технологічним процесом.

На рисунку 2.22 показано загальний вигляд панельного щита.

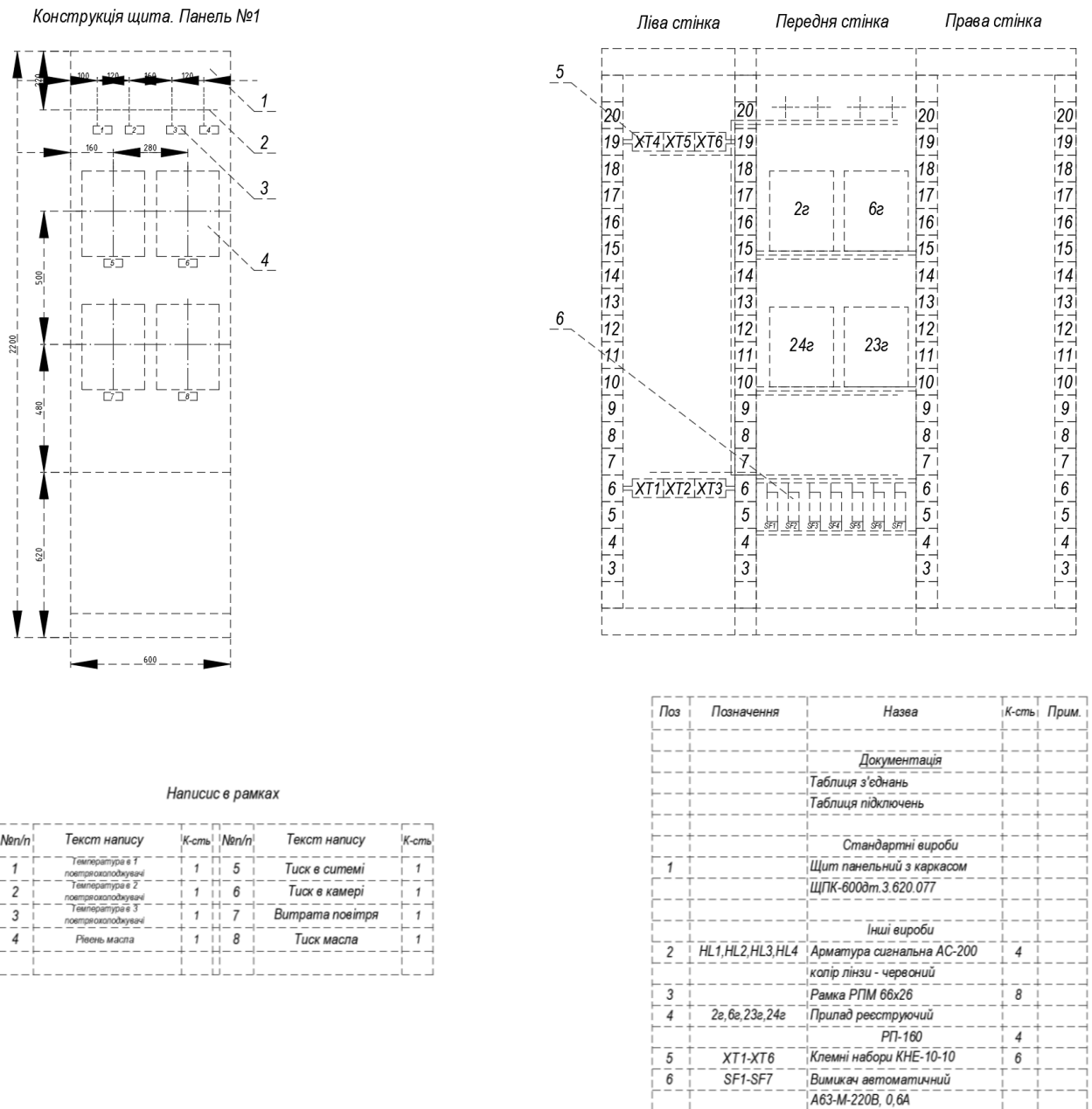


Рисунок 2.22. – Загальний вигляд панельного щита



У нижній частині щита розміщений сигналізуючий пристрій. На нього виводяться сигнали які відносяться до температури і тиску. Температура і тиск газів та води сигналізується по верхньому і нижньому рівні.

У верхній частині щита розміщена сигналізація і управління насосом.

У нижній частині по центру розміщена кнопки для перевірки лампочок на щиті і зупинки станції.

Специфікація щита керування представлена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2. Специфікація щита керування

Поз.	Позначення	Назва	Кількість	Примітка
Документація				
		Стандартні вироби		
1		Щит ЩШМ 1000x600x350 УХЛ ІР30, ОСТ 36.13-50	1	
2		Кутник УЗМ-600, ТКЗ- 128-83	4	
3		Рейка Р600, ТКЗ-101-83	1	
4		Колодка ТУ36.1222-72	1	ТМ3-18-83
Інші вироби				
5	SB1	Тумблер-вимикач ТВ 2:1	1	ТН4-1213-73
6	SA2	Тумблер-вимикач ТВ 1:4	3	ТН4-1212-73
7	SF4	Вимикач автоматичний АЕ2016-10; I <sub>роз</sub> – 5А	1	
8	HL4–HL9	Табло ТСН	6	ТН4-1223-73
9	HL1–HL3	Арматурна сигнальна АС- 220	9	Зелена лінза
10	K1–K7	Реле ПЭ 37-22	7	ТН3-13-83
	VD1–VD11	ЕЛ-10-143, 220 В, 50 Гц	1	ТН3-13-83
11	TV1	Трансформатор ОСН1- 0.193 220/24 В	1	ТН3-16-83
12		Діод Д226Б	11	ТН3-16-83
13		Блок затискачів БЗ 10/1	4	ТН3-165-83
14		Рамка 66x26	7	
15		Упор	1	
Матеріали				
16		Провід ПВ 1x1.0, 220 В ГОСТ 6323-79*		М
17		Провід НВМ 1x0.75 ГОСТ 17505-72	20	М

## 3 СПЕЦІАЛЬНА ЧАСТИНА

### 3.1. Розробка блок-схем та опис алгоритмів роботи підпрограм контролю параметрів турбокомпресорної станції

Розглянемо основні етапи роботи турбокомпресорної станції. Ще до ввімкнення турбокомпресора відбувається перевірка готовності всіх систем:

- вмикається допоміжна маслопомпа і починає подавати в систему масло;
- перевіряються електричні з'єднання (перевіряється напруга);
- перевіряється рівень масла;
- перевіряється температура;
- перевіряється тиск повітря;
- при виконанні всіх умов вмикається компресор;
- після виходу компресора на робочу частоту обертання проходить автоматичне відключення допоміжної маслопомпи;
- система автоматичного контролю, в яку входить і розроблений нами пристрій, постійно перевіряє основні параметри – напругу, рівень масла,
- температуру в заданих точках та тиск повітря (для запобігання помпажу);
- при поданні команди на зупинку компресора, зупиняється виконання програми контролю.

Отже, перед нами стоїть завдання створити певний алгоритм роботи, який не буде суперечити загальному алгоритму роботи. Для цього, керуючись вище наданим описом роботи турбокомпресорної станції, візьмемо за основу модульний (блочний) тип написання програми. Тобто, розділимо алгоритм на простіші частини. Тоді головне тіло програми буде являти собою сукупність даних модулів та команди початку і завершення роботи.

Для початку складемо блок–схеми алгоритмів контролю.

Принцип роботи блок–схеми контролю напруги наступний (рис. 3.1):

- перевіряється наявність напруги на вході пристрою і якщо умова спрацьовує, то підпрограма виконується далі і передає керування основній програмі;
- якщо умова не виконується, то відбувається сигналізація про несправність та аварійне завершення роботи програми.

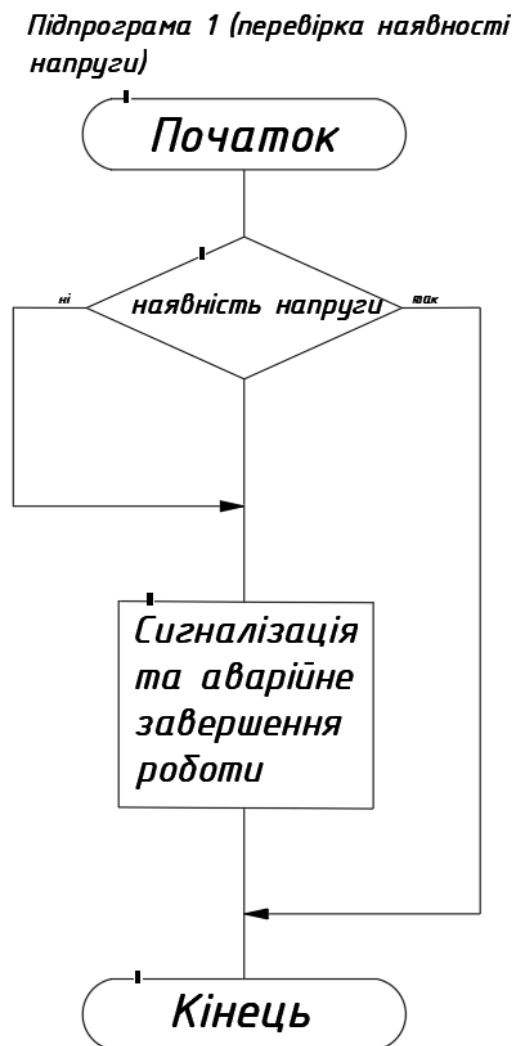


Рисунок 3.1. – Блок-схема алгоритму роботи підпрограми перевірки наявності напруги

Поява напруги на вході означає готовність всіх систем до подальшої роботи. Тобто, це сигнал, який подається від інших контролюючих пристроїв, що не входять в нашу систему контролю.

Принцип роботи блоку контролю рівня масла наступний (рис. 3.2):

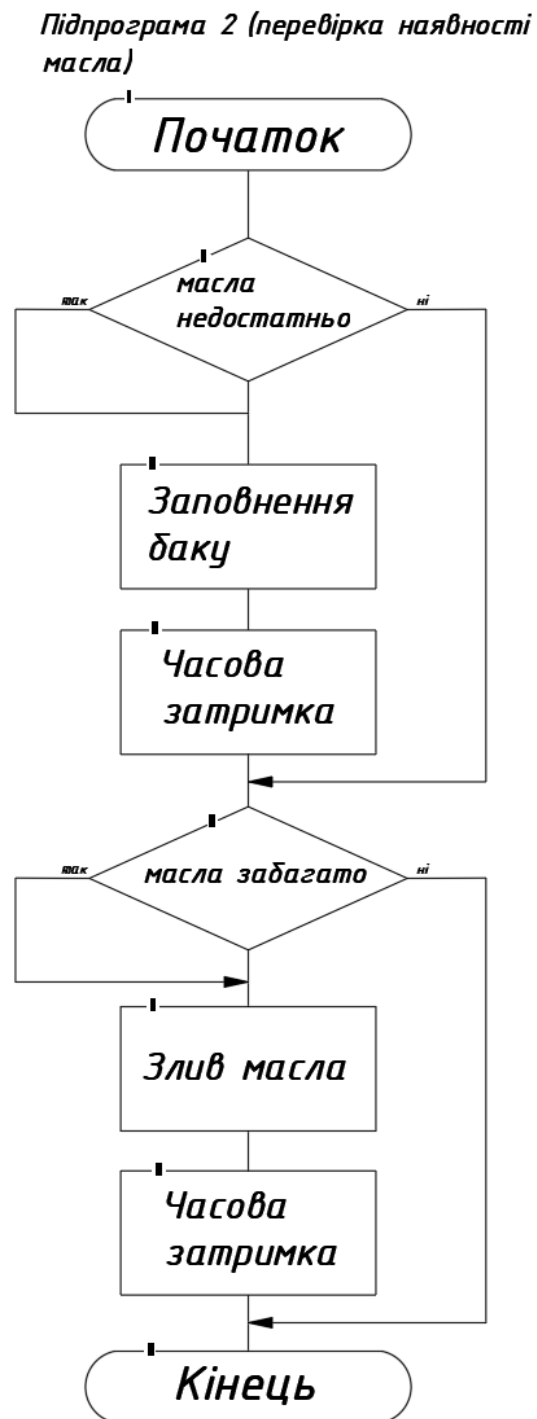


Рисунок 3.2. – Блок-схема алгоритму роботи підпрограми перевірки наявності масла

– перевіряється рівень масла в баці і якщо масла не достатньо, то спрацьовує електромагніт, який відкриває заслінку і помпа починає наповнювати бак;

- на цю операцію відводиться певна часова затримка;
- знову перевіряється рівень масла в баці і якщо масла надлишок, то спрацює електромагніт, який закриває заслінку і масло тече на злив;
- на цю операцію також відводиться певна часова затримка.

Алгоритм роботи блоку контролю температури наступний (рис. 3.3):

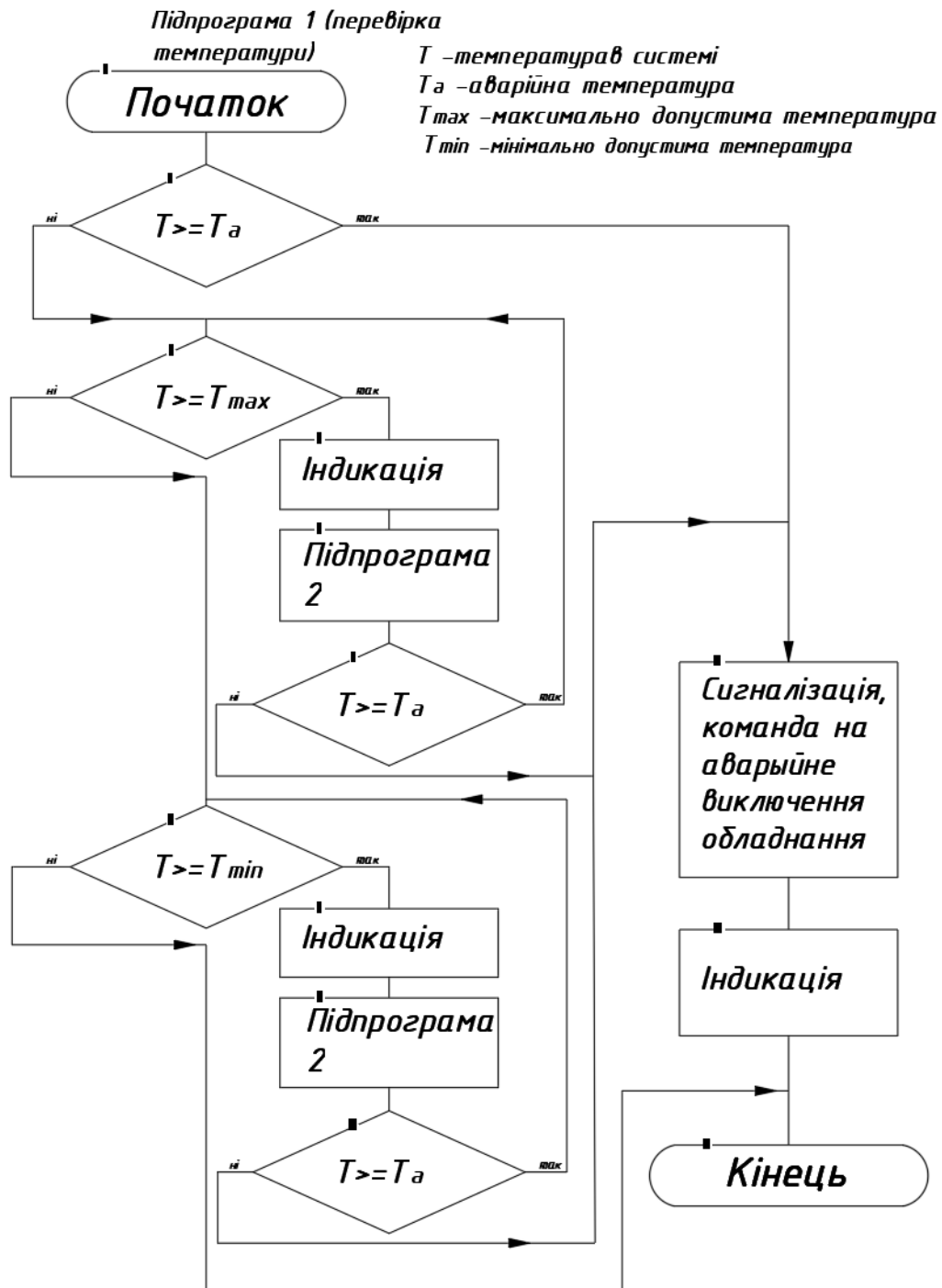


Рисунок 3.3. – Блок-схема алгоритму роботи підпрограми контролю температури

- перевіряється температура і якщо температура вище критичної, то йде на команда зупинку компресора та на відключення обладнання, одночасно відбувається сигналізація про несправність;
- якщо температура нижче критичної, то перевіряється чи температура не підійшла до певної максимальної межі;
- якщо так, то дані виводяться на індикатори, запускається ще раз програма перевірки масла, і перевіряється чи температура не наблизилась до аварійної. При аварійній температурі відбуваються вище описані дії;
- аналогічно проходить контроль мінімально допустимої температури.

Принцип роботи даної блок–схеми контролю тиску наступний (рис. 3.4):

- перевіряється тиск і якщо тиск вище критичного, то йде команда на відкривання скидного (протипомпажного) клапана;
- якщо тиск збільшується (споживання повітря зменшилося), то йде команда на прикривання дросельної заслонки і знов йде перевірка чи тиск не наблизився до критичної межі;
- якщо тиск зменшується (споживання повітря збільшилося), то йде команда на відкривання дросельної заслонки.

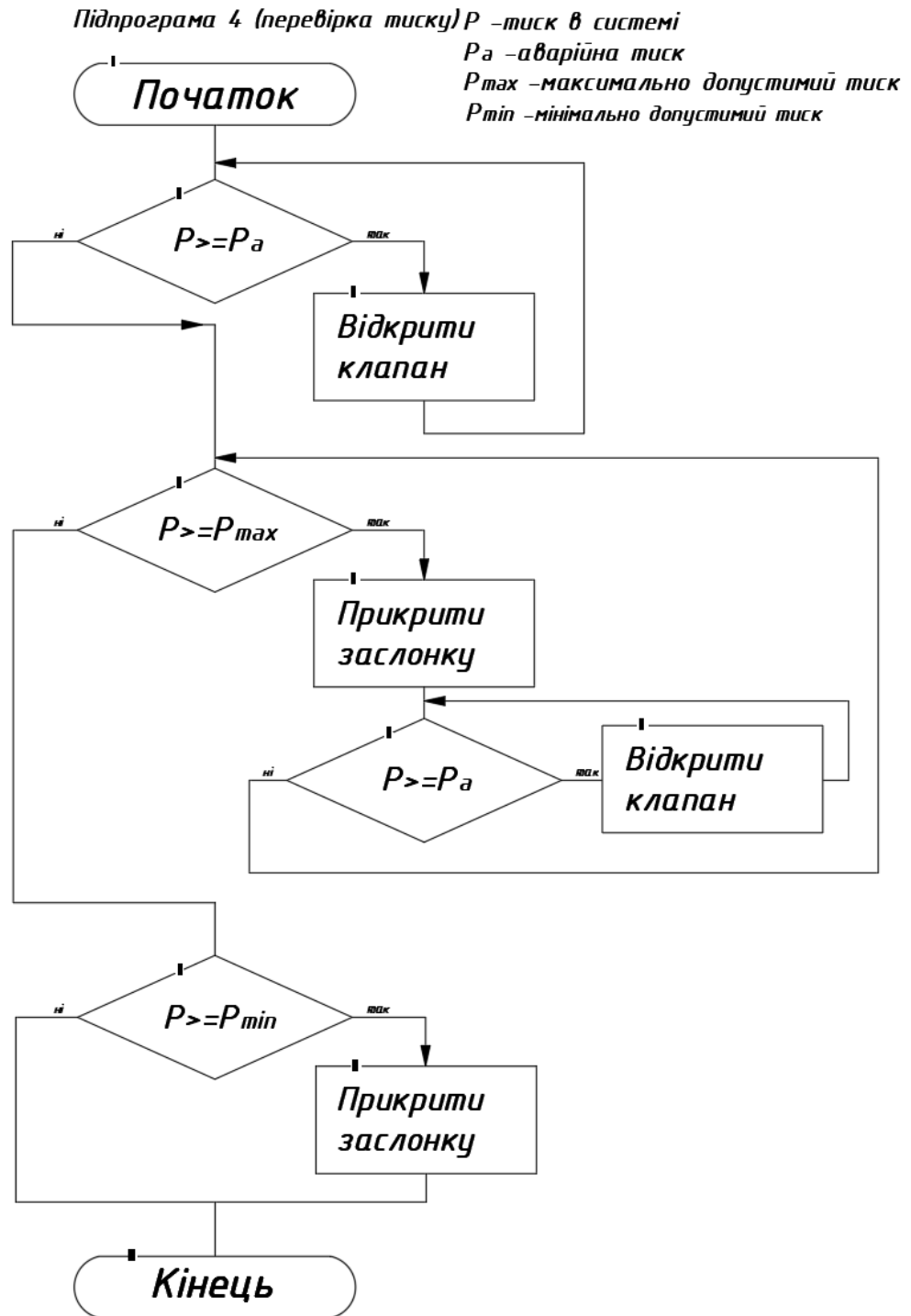


Рисунок 3.4. – Блок-схема алгоритму роботи підпрограми контролю тиску

### 3.2. Розробка блок-схем та опис алгоритму роботи головної програми

Для створення головної програми є всі необхідні модулі. Потрібно лише додати початок роботи компресора та команду закінчення роботи.

Принцип роботи головної програми наступний (3.5):

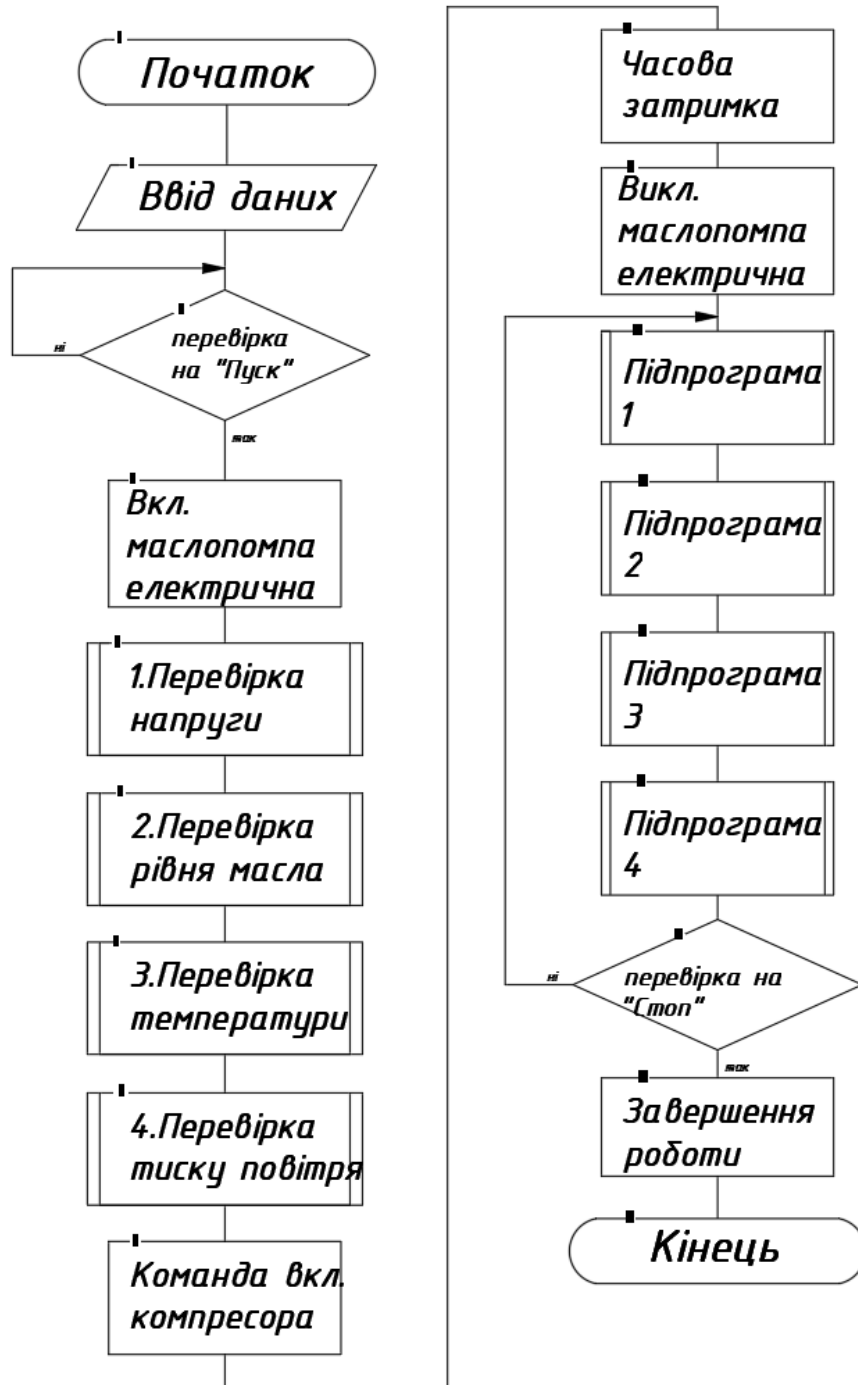


Рисунок 3.5. – Блок-схема алгоритму роботи головної програми



- вводяться початкові дані;
- перевіряється чи є команда "пуск";
- отримується сигнал про включення допоміжної маслопомпи;
- виконується підпрограма перевірки "напруги";
- виконується підпрограма перевірки "масла";
- виконується підпрограма перевірки "температури";
- виконується підпрограма перевірки "тиску";
- команда на включення компресора;
- часова затримка для входження компресора в робочий режим;
- відключення допоміжної маслопомпи;
- повторюється цикл: виконується підпрограма перевірки "напруги";
- виконується підпрограма перевірки "масла";
- виконується підпрограма перевірки "температури";
- виконується підпрограма перевірки "тиску";
- перевірка на команду "стоп";
- якщо надійшла команда "стоп", то відбувається завершення контролюючої програми.

## **4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1. Організаційні заходи та інженерні рішення, спрямовані на покращення умов і безпеки праці**

При виконанні аналізу виробництва, для експлуатації в якому призначений об'єкт проектування, з точки зору безпеки праці та охорони навколишнього середовища повинні бути виявлені ті небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які виникатимуть при експлуатації обладнання.

При експлуатації турбокомпресорної установки можуть виникнути ситуації, які загрожують безпеці життєдіяльності людей і впливають на навколишнє середовище.

Основним джерелом небезпеки можна вважати перш за все високий тиск газу. Підвищення тиску більше від допустимого може призвести до розриву трубопроводів і апаратів, так як матеріали трубопроводів (сталь) розраховані на певне значення тиску, зокрема товщина стінок труб, збільшення товщини стінок труб приводить до збільшення матеріальних витрат, за рахунок ціни трубопроводів. Також підвищення тиску може привести до того, що даного тиску не витримають з'єднання, які зварюються та болти на з'єднаннях фланців і це призведе до витікання газу з трубопроводу, що створює накопичення вибухонебезпечних і пожежонебезпечних концентрацій газів в повітрі.

Трубопроводи з високою температурою природного газу створюють загрозу опіків шкіри працівників при дотику їх до трубопроводів.

Крім того, використовуються засоби автоматизації, які знаходяться під напругою, що створює загрозу ураження струмом.

При експлуатації турбокомпресорної установки можливий вплив на працівників також інших фізичних та хімічних виробничих факторів.

До основних факторів фізичної групи належать:

- підвищена загазованість повітря робочої зони;
- підвищений рівень напруги в електричному ланцюгу, замикання якого може статися через тіло людини.

До основних факторів хімічної групи належать:

- загальнотоксичної дії – мають безпосередній вплив на центральну нервову систему, кров та кровотворні органи;
- подразнюючої дії – призводять до подразнення слизової оболонки очей, верхніх дихальних шляхів та легенів.

Безпека праці гарантується перш за все дотриманням вимог експлуатації та ремонту виробничого обладнання, у даному випадку системи автоматизації зокрема. Тому виконаємо її аналіз на предмет забезпечення належного рівня безпеки виробничого устаткування.

У випадку порушення цілісності трубопроводів або апаратів спрацює світлова та звукова сигналізація, яка знаходиться на щиті в операторному приміщенні і сигналізує при зниженні тиску.

Прилади на щиті розміщуються відповідно з документацією про щит. Щит використовується в якості системи управління турбокомпресорною установкою.

У верхній частині щита розміщене табло світлової сигналізації, яке оповіщає про високі і низькі параметри. Сигнал на це табло подається з реле тиску або температури та інших вимірюючих пристроїв.

Під таблом розташовані два мікропроцесорні обчислювачі витрати, один з яких у резерві.

Посередині щита знаходиться управління компресорами: сигналізуючі лампочки, перемикачі, кнопки, перемикачі для відкриття – закриття пневматичних клапанів, кнопки для перевірки лампочок тощо.

Для запобігання розриву трубопроводів і апаратів передбачені запобіжні клапани, які при високому тиску стравлюють газ до заданого тиску.

При проведенні робіт по монтажу засобів автоматизації потрібно дотримуватись правил СНП II – 4 – 80 "Техніка безпеки в будівництві".

Монтаж і демонтаж допускається проводити тільки після повного відключення агрегатів і трубопроводів.

Турбокомпресорна установка відноситься до об'єктів підвищеної вибухопожежонебезпеки і тому на ній використовуються пневматичні засоби.

Вимірювання витрати і кількості природного газу здійснюється на всмоктувальній ділянці двома витратомірами, один з яких в резерві.

Включення – виключення турбокомпресорної установки, закриття – відкриття вентилів, пневматичних клапанів, регулювання температури і рівня в сепараторах здійснюється мікропроцесорним контролером.

При ремонті в пожежонебезпечних виробництвах, приміщеннях дозволяється застосовувати акумуляторні світильники тільки в вибухозахищеному виконанні напругою 12 В.

Арматура, контрольно – вимірювальні прилади і запобіжні засоби, які працюють під тиском, після монтажу випробовуються на герметичність стиснутим повітрям або газом. Випробування проводяться згідно правил побудови і безпеки експлуатації посудин працюючих під тиском. Випробувальний тиск для таких приладів повинен бути не нижче 200 кПа.

Забороняється виконувати роботи, зв'язані з технічним обслуговуванням, ремонтом і вимірюванням переносними приладами в пожежо-вибухо небезпечних зонах без рішення виданого керівником підприємства у встановленому порядку.

Трубні проводки і арматура повинні постійно контролюватись про відсутність витікання газу і масла. Перевірку надійності з'єднання газопроводів, а також знаходження місць витікання газу в газопроводі,

компресорі проводиться за допомогою мильної емульсії або спеціальних пристроїв.

Результати перевірки надійності газопроводів, компресорів і апаратів повинні заноситись в паспорти їх обліку.

Забороняється експлуатація засобів автоматизації при робочих навантаженнях, тисках і температурах, перевищуючи по паспорту.

Під час роботи обладнання забороняється:

- проводити ремонт і заміну вимірювальних пристроїв;
- вимкнення системи автоматики без дозволу диспетчера.

Регулювання датчиків, встановлених на рухомих механізмах, повинно здійснюватись після зупинки останніх і прийняття рішень, передбачаючи самовключення і рух їх.

Перевірка схем автоматизації може проводитись на виконавчих механізмах з дією або без дії на регулюючий орган обладнання. Перевірка дії схеми автоматизації з дією на виконавчий механізм (пуск і зупинка турбокомпресорної установки, технологічного обладнання, закрити і відкрити клапани, заслінки) повинна проводитись разом з оперативним персоналом або диспетчером.

Під час роботи апаратів забороняється ослаблювати або підтягувати сальники регулюючих клапанів.

При всіх включеннях схем автоматизації необхідно в місцях можливого появи людей вивісити попереджувальні таблички: «Обережно», «Під напругою», «Під тиском».

Категорично забороняється проводити:

- а) регулюючі і налагоджувальні роботи в пристроях при включеному електроживленні;
- б) заміну елементів, блоків і т.д., з'єднання і роз'єднання роз'ємів при включеному електроживленні;

в) монтажні роботи при включеному електроживленні.

Перед установкою або заміною датчиків тиску, витрати необхідно закрити запірні вентиля і випустити залишений в датчику газ. При проведенні цих робіт на відповідний ventиль вивішується табличка: «Не включати – працюють люди».

Комутаційне перемикаання, включення і виключення; виключення перемикачів; пуск і зупинка пристроїв, регулювання режиму їх роботи проводиться тільки оперативним персоналом.

Кабелі прокладаються підземним і повітряним шляхом. Вони використовуються для живлення, вимірювання, контролю і передачі інформації на щит управління. Забороняється скидати різні важкі предмети, виливати кислоти, влаштовувати різні звалища (шлаку, снігу і т.д.), на якій розміщені кабелі і по 1 м. в обидві сторони від траси. Не допускається проведення земляних робіт і прокладка підземних комунікацій без згоди з організацією, яка експлуатує кабельну трасу.

Системи автоматики виконуються по затвердженому проекту у відповідності з ПУЕ – 2010. Засоби автоматизації які знаходяться під напругою і на них в любий час може податися напруга, рахується діючим електрообладнанням і на це розповсюджуються Правила техніки безпеки при експлуатації електроустановок.

Електрообладнання входить до комплексу засобів автоматизації і повинно бути заземлене у відповідності з ПУЕ – 2010 і тимчасової інструкції по монтажу захисного заземлення електрообладнання систем автоматизації.

Захисному заземленню підлягають металеві не струмопровідні частини електрообладнання, які внаслідок несправності можуть опинитись під напругою і до них можливий доступ людей. При цьому в приміщеннях з підвищеною небезпечністю, а також з зовнішніми пристроями, заземлення обов'язкове, при номінальній напрузі електрообладнання вище 36 В перемінного струму і 110 В постійного струму; при напрузі 500 В і вище

перемінного і постійного струму – у всіх випадках; при всіх напругах перемінного і постійного струму – у вибухонебезпечних приміщеннях.

Перевірку електричних засобів у вибухозахищеному виконанні проводять тільки в лабораторних умовах, а не на діючих установках.

Заземлення на лініях 380 – 220В повинні встановлюватись на всі проводи, включаючи і нульовий. На приводах апаратів, яким проведено відключення лінії 380 – 220В повинні бути вивішені таблички «Не включати – працюють на лінії».

#### **4.2. Організаційні заходи та інженерні рішення, спрямовані на захист навколишнього середовища від забруднення**

На трубопроводі передбачені клапани, які перекривають вхід газу на турбокомпресорну установку. Також є клапани, які стравлюють газ в атмосферу при виникненні аварійної ситуації.

Керування пневматичними клапанами здійснюється за допомогою мікропроцесорного контролера або перемикача. Ці клапани служать для запобігання аварій на станції.

Перед початком експлуатації турбокомпресорної установки після проведення ремонту або новозбудованої необхідно перевіряти трубопроводи і апарати на герметичність, оскільки негерметичність призводить до викиду природного газу.

За викидом шкідливих газів в атмосферу здійснюється найбільший контроль. Контроль за складом атмосфери в середині приміщення і в зовнішніх установках, які використовують природний газ для зберігання, стиску, охолодження, заправки, являється одним з найважливіших етапів, які дозволяють своєчасно виявити появу витікання газу, не допустити накопичення вибухонебезпечних і пожежонебезпечних концентрацій газів в повітрі, оперативно ліквідувати аварійну ситуацію.

Для визначення загазованості повітря застосовуються фазоіндикатори і газосигналізатори. Для періодичної перевірки використовують переносні малогабаритні прилади, для постійної перевірки – стаціонарні прилади.

Загазованість повітря під час експлуатації турбокомпресорної установки перевіряють за допомогою автоматичних газосигналізаторів, які розташовані в компресорному залі на стіні. В основу роботи цих пристроїв покладено зміну фізичних і хімічних властивостей повітря при появі сумішей виявлених газів.

Газосигналізатор автоматично оповіщає про утворення шкідливих концентрацій газу в повітрі, а також для автоматичного включення в цих випадках систем аварійного захисту.

Боротьба із шумом проводиться по трьох напрямках: зменшення шуму конструктивним і технологічним методами; зниження шуму методом обмеження; зменшення шкідливості шуму методом індивідуального захисту працюючих, зміною режимів роботи і відпочинку. Найбільший ефект дають конструктивні і технологічні заходи.

Шум розповсюджується, від джерела двома шляхами.

- 1) по повітрі;
- 2) по матеріалу конструкції.

В другому випадку слід використовувати ізолюючі прокладки, пружини або вібро- чи звукопоглиначі. Найбільший ефект одержують при використанні звукопоглинаючих пристроїв повної ізоляції.

Для захисту працюючих від прямої дії звукової енергії використовують відбивачі, екрани.

В тих випадках, коли шум передається по повітрі використовують ізоляції джерела шуму (бокси, звукопоглинаючі капоти).

Стандарт, який розповсюджується на машини, технологічне обладнання і інші джерела шуму відповідає ГОСТ 12.1-003-83 „Шум”. Для виміру рівня



звукового тиску використовують шумоміри 1-го і 2-го класу по ГОСТ 17 187-81.

У розробленій, в дипломному проекті, автоматичній лінії шум виникає від роботи електродвигунів, насосів, зубчатих передач.

Розповсюджується шум як по повітрі, так і по матеріалу конструкції, додатково шум розповсюджується по трубопроводах. Тому для зниження шуму використовують наступні заходи: для зменшення шуму по трубопроводах використовують амортизатори, вставки між патрубками вібруючого агрегату і приєднаними до них трубопроводами.

При використанні редукторів, черв'ячних передач, клинопасових передач, зубчатих з'єднань виникає додатковий шум. Рівень шуму зубчатих передач визначається точністю зубчатих зачеплень, інерційними і жорсткими параметрами системи. Похибкою зачеплень являється збудники вимушених коливань, різниця кроків коліс приводить до удару зубів при вході в зачеплення.

Зниження шуму зубчатих передач можна досягти наступними методами:

- 1) Зміною форми зубів (бочкоподібна форма). При даній формі зубів покращується контакт між зубами і шум зменшується на 3-4 дБ.
- 2) Фланкування профілів зубів для компенсації похибки при виготовленні і монтажу зубчатих коліс.
- 3) Заміна матеріалу коліс, наприклад із пластмаси. При заміні одного колеса в системі, ми відчутно знизимо рівень шуму.

При роботі електродвигунів і насосів також виникають негативні покази шумів.

При роботі даних агрегатів виникають наступні шуми: аеродинамічний, механічний і магнітний.

Для зменшення цих шумів використовують такі заходи:

- 1) Використання електродвигунів більшої потужності. Запас потужності дозволяє зменшити магнітні складові шуму і відповідно зменшити шум на вентиляцію.
- 2) Заміна підшипників кращими по якості промивки, заміни мастила. Використовувати мінімальні розміри підшипників, замінювати роликові підшипники на шарикові.
- 3) Замінювати конфігурацію і розміри магнітопроводів.
- 4) Проведення правильної центровки двигунів з приводними механізмами. Проведення загальної центровки, використання амортизованих і еластичних муфт.
- 5) Регулярний огляд двигунів, надання при необхідності, якісного ремонту і заміну швидкозношувальних частин конструкції.

### **4.3. Підвищення стійкості роботи об'єктів господарської діяльності в умовах дії електромагнітного імпульсу ядерних вибухів**

Ядерний вибух супроводжується електромагнітним імпульсом у вигляді потужного короткого імпульсу, що головним чином вражає електричну та електронну апаратуру. По природі електромагнітний імпульс (ЕМІ) можна порівняти з електромагнітним полем блискавки, що створює завади для електроприймаючої апаратури. ЕМІ базується на гамма-випромінюванні, що виникає під час вибуху, з атомами навколишнього середовища. Район взаємодії гамма-випромінювання з атмосферою – район джерела ЕМІ.

При висотному ядерному вибуху гама-кванти проходять сотні кілометрів до взаємодії з молекулами повітря, проникаючи глибоко в атмосферу. Тому розміри району джерела є досить великими. При висотному вибуху потужного ядерного заряду утворюється район джерела ЕМІ до 1600км., і товщиною близькою двадцяти кілометрам.

Основними параметрами ЕМІ, що відображають вражаючу дію є характер зміни напруженості електричного та магнітного поля в часі (форма імпульсу), та максимальна напруженість поля (амплітуда імпульсу).

ЕМІ наземного ядерного вибуху на відстані кількох кілометрів від центра вибуху являє собою одиничний сигнал з крутим переднім фронтом та тривалістю кілька десятків мілісекунд. Амплітуда ЕМІ підземного та підводного вибуху значно менша амплітуди ЕМІ при вибуху в атмосфері.

На утворення ЕМІ витрачається невелика доля ядерної енергії, проте він здатний викликати великі імпульси струмів та напруги в провідниках та кабелях повітряних та підземних комунікацій.

Дія ЕМІ може привести до згоряння чутливих електричних та електронних елементів, що зв'язані з антенами чи відкритими провідниками, а також до серйозних порушень в роботі цифрових та контрольних пристроїв, як правило без зворотної дії.

Отже, необхідно врахувати вплив ЕМІ на всі електричні та електронні схеми. Для найважливіших пристроїв необхідно застосувати різні способи захисту та підвищувати їх стійкість до ЕМІ.

Найбільш вразливі до дії ЕМІ системи зв'язку, сигналізації, керування. Застосовані в цих системах кабелі та пристрої мають граничну електричну міцність не більше 10 кВ імпульсної напруги, що значно менше напруги ЕМІ ядерного вибуху.

Особливо уражається дією ЕМІ радіоелектронна апаратура, виконана на напівпровідниках та інтегральних мікросхемах, що працює на малих струмах та чутлива до впливу зовнішніх електричних та магнітних полів. ЕМІ пробиває ізоляцію, викликає короткі замикання в радіо пристроях або повністю знищує магнітні записи.

Встановлено, що при дії ЕМІ на апаратуру, найбільша напруга подається на вхідні контакти. В транзисторах спостерігається така залежність: чим вищий коефіцієнт підсилення, тим менша його електрична міцність.

ЕМІ також пошкоджує транзистори, викликає іскріння і їх між контактних з'єднаннях і деяких областях провідної поверхні. Це призводить до локального

нагріву та порушення опору покриття. Для резисторів типу МЛТ та прецизійних, гранична напруга  $\leq 10$  кВ.

Найбільшу небезпеку ЕМІ складає для апаратури, що встановлена в особливо міцних спорудах, які витримують важкі надлишкові тиски ударної хвилі ядерного вибуху. В таких приміщеннях апаратура не виходить з ладу від механічних пошкоджень, проте ЕМІ може вивести з ладу всю незахищену апаратуру системи. Слід зазначити, що найбільших значень набувають напруги, що виникають між жилою кабелю та землею.

Напруженість електромагнітного поля всередині споруди в ряді випадків недостатня, для виводу з ладу обладнання, проте такі поля здатні викликати короточасний збій в роботі радіотехнічних засобів.

Таким чином, ЕМІ ядерного вибуху ефективно вражає електрорадіотехнічні пристрої, тому при вирішенні задачі підвищення стійкості роботи об'єктів у військовий час, важливо правильно оцінити ймовірність пошкодження систем керування, та знайти методи боротьби з наслідками такого впливу та захисту від проникнення імпульсів електромагнітної енергії у внутрішні кола обладнання.

#### **4.4. Методи захисту від дії ЕМІ**

Надійний захист системи керування можна забезпечити при комплексному рішенні проблеми, що включає питання як оцінки ймовірності пошкодження апаратури в результаті дії ЕМІ, так і визначення шляхів та способів боротьби з наслідками.

В кожному конкретному випадку повинно бути знайдено найбільш ефективні та економічно-доцільні засоби захисту електронної апаратури. Серед усіх методів найпоширенішим є метод екранування та заземлення окремих частин системи, застосування пристроїв, що запобігають перенапруженню.

Металеві екрани відбивають електромагнітні хвилі та гасять високочастотну енергію в металевій товщі. Крізь систему заземлення струм ЕМІ стікає у землю. Товщину екрана та послаблення, що отримується з

допомогою нього, можна розрахувати, знаючи потужність та густину потоку випромінювання, параметри екрану, частоту ЕМІ.

Для розширення спектру поглинання частот електромагнітних хвиль застосовують різноманітні типи екранів: з використанням різних матеріалів.

Стінки екранів можуть будуватись, як зображено на рис. 4.1.

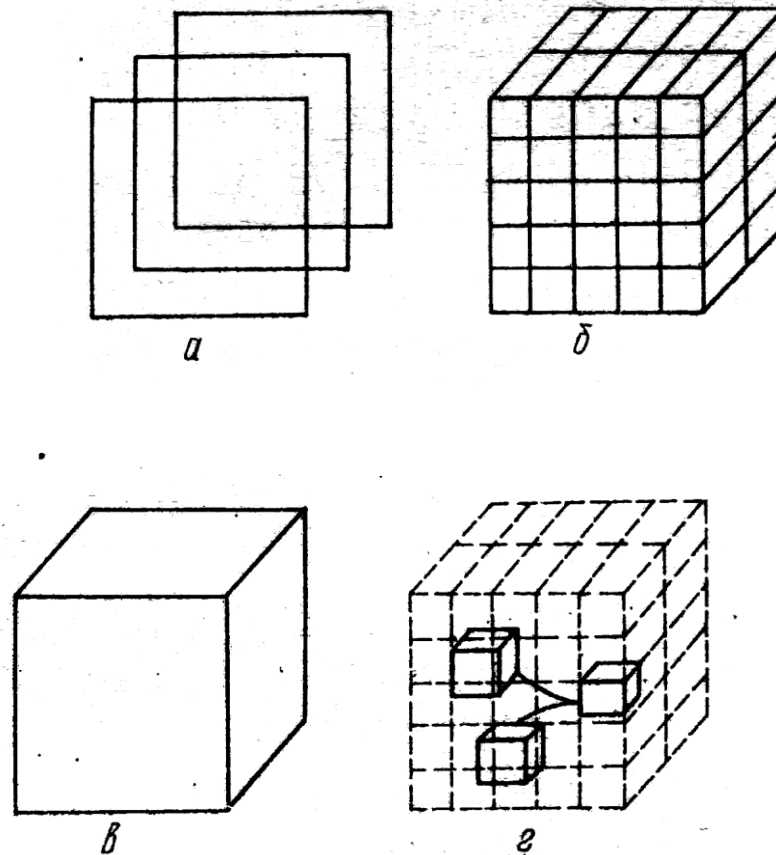


Рисунок 4.1. - Конструкції екранів:

- а) зварна конструкція із замкнутих витків; б) зварна решітка з прутками, що пересікаються; в) оболонковий екран; г) для екранування окремих важливих елементів невеликого об'єму

З'єднувальна кабелі – невід'ємна частина електротехнічної системи, також потребують захисту. Напруги, що виникають під дією ЕМІ залежать від конструкції кабелів, природи кінцевих навантажень та конструкції роз'ємів, якості монтажу кабелю і зовнішнього оточення при його використанні.

Для захисту з'єднувальних кабелів їх прокладають в земляних приміщеннях під цементною чи бетонною підлогою; або поміщають в спеціальні металеві коробки, які заземлюють.

Часто для захисту від ЕМІ застосовують розрядники, що встановлюють на входи та виходи апаратури. В повітряних та підземних лініях електрозв'язку, основними функціями електророзрядника – детектувати імпульс та розімкнути лінію, або відвести енергію. Існує два основних типи розрядників – „м'які” та „жорсткі” обмежувачі. „М'які” – нелінійні опори, що залежать від напруги (конденсатори, варистори); „жорсткі” – пристрої з пробоем (газові розрядники, діоди, кутові загороджувачі та інші). Довговічність розрядника повинна відповідати терміну служби системи, що захищається.

Для різного роду систем та матриць опір ліній електропередач - найбільш небезпечна (вертикальна) складова напруженості електричного поля, утвореного ЕМІ. В зв'язку з цим для їх захисту доцільно застосовувати грозозахисні пристрої та розрядники.

На основі вище написаного можна зробити висновки, що вхідні кола апаратури мають бути захищені, навіть тоді, коли вибух в районі даного об'єкту не очікується. Стійкість обладнання до дії ЕМІ в великій мірі залежить від справності та наявності засобів захисту. До важливих вимог належить періодична перевірка електричної міцності ізоляції лінії та вхідних кіл апаратури. Виявлення та усунення пошкодження заземлення, контроль справності розрядників, плавких вставок, тощо.

## ВИСНОВКИ

В даній кваліфікаційній роботі було розроблено автоматизовану систему керування турбокомпресорною установкою. В даній роботі було запропоновано функціональну схему автоматизації та описано технологічних процес роботи установки.

Система керування турбокомпресорною установкою побудована на базі мікропроцесорних контролерів ADAM, що дозволяє ефективно вести облік параметрів автоматизованої системи.

Спроектowana автоматизована система керування дає можливість полегшити процедуру налаштування параметрів та обслуговування турбокомпресорної установки.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

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, 2020. – 80 с.
2. Росковшенко Ю. К., Ткаченко В. А. Реконструкція систем опалення зимових теплиць ангарного типу: /КНУБА. – 2004.
3. Климентовський Ю. А., Гладкий А.М. Технічні засоби автоматики. – К.: Видавництво «КВЦ», 2003. – 238 с.
4. Мартиненко І. І. “Автоматизація технологічних процесів с-г виробництва”. – Урожай, 1995 р. – 278 с.
5. А.О. Бобух. Автоматизовані системи керування технологічними процесами : Навч. посібник. – Харків: ХНАМГ, 2006. - 185 с.
6. Абракітов В. Е.Конспект лекцій з курсу «Автоматизація технологічних процесів» /В.Е. Абракітов; Харків. нац. ун-тміськ. госп-ваім. О. М. Бекетова.– Харків : ХНУМГім. О. М. Бекетова, 2016. –80с.
7. Автоматизація технологічних процесів і системи автоматичного керування: Навчальний посібник /Барало О.В., Самойленко П.Г., Гранат С.Є., Ковальов В.О. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 557 с.
8. А.Г. Микитишин, М.М. Митник, П.Д. Стухляк, В.В. Пасічник Комп'ютерні мережі. Книга 1. [навчальний посібник] (Лист МОНУ №1/11-8052 від 28.05.12р.) - Львів, "Магнолія 2006", 2013. – 256 с.
9. Брусиловський Л.П. Автоматизація технологічних процесів в молочній промисловості. Колос 1999. – 314 с.
- 10.Житецький В.Ц. Основи охорони праці.- Львів: Афіша, 2000.- 350 с.
- 11.Пістун І.П., “Безпека життєдіяльності” – Суми: Університетська книга, 2000, - 302с.
- 12.Депутат О.П., Коваленко І.В., Мужик І.С. Цивільна оборона. Навчальний посібник / За ред. Полковника В.С.Франчука. – Львів : Афіша, 2000. – 336с.