

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Сумський державний університет**  
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання  
Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики

«До захисту допущено»  
Завідувачка кафедри

\_\_\_\_\_ Лариса ОДНОДВОРЕЦЬ  
\_\_\_\_\_ 2023 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**на здобуття освітнього ступеня магістр**

зі спеціальності 171 Електроніка освітньо-професійної програми «Електронні інформаційні системи»  
на тему: Управління компресорною станцією на базі мікропроцесорних систем

Здобувача групи ЕП.мдн-21к Савченка Олександра Володимировича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

\_\_\_\_\_ Олександр САВЧЕНКО

Керівник асистент кафедри ЕЗПФ,

канд. фіз.-мат. наук,

\_\_\_\_\_ Андрій ЛОГВИНОВ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Центр заочної, дистанційної та вечірньої форм навчання  
Кафедра електроніки, загальної та прикладної фізики  
Спеціальність 171 – Електроніка, освітньо-професійна програма  
«Електронні інформаційні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ЕЗПФ

Л.В. Однодворець

«15» листопада 2023 року

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

#### Савченка Олександра Володимировача

Тема роботи: Управління компресорною станцією на базі мікропроцесорних систем

затверджена наказом по університету «15» листопада 2023 р., № 1260-VI

2. Термін здачі студентом закінченої роботи: «17» грудня 2023 року
3. Вихідні дані до роботи: завдання кафедри, звіт по переддипломній практиці.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить їх розробити)
  1. Призначення, склад та мета створення компресорної станції.
  2. Вимоги до системи.
  3. Система електроживлення та логічний комплекс компресорної станції.
  4. Пропозиції щодо модернізації мікропроцесорів компресорної станції.
  5. Висновки
5. Перелік графічного матеріалу креслення, схеми
  - Слайди № 1-2 – Загальна інформація
  - Слайди № 3-4 – Зовнішній вигляд, призначення, склад та мета створення компресорної станції
  - Слайди № 5-6 – Вимоги, надійність системи та захист інформації від несанкціонованого доступу
  - Слайди № 7-8 – Система електроживлення та логічний комплекс компресорної станції
  - Слайд № 9 – Пропозиції з модернізації системи
  - Слайд № 10 – Висновки
6. Дата видачі завдання 15.11.2023 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз завдання кафедри. Складення технічного завдання. Підбір та аналіз інформаційних джерел.	до 18.11.2023 р.	<i>вик.</i>
2.	Вивчення призначення та складу компресорної станції.	до 25.11.2023 р.	<i>вик.</i>
3.	Вивчення та вибір мікропроцесорних систем для управління компресорною станцією.	до 30.11.2023 р.	<i>вик.</i>
4.	Оформлення тексту кваліфікаційної роботи.	до 17.12.2023 р.	<i>вик.</i>
5.	Попередній захист роботи	18.12.2023 р., онлайн	<i>вик.</i>
6.	Захист роботи в екзаменаційній комісії	22.12.2023 р., онлайн	<i>вик.</i>

Здобувач вищої освіти

О. В. Савченко

Науковий керівник

А. М. Логвинов

## АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота викладена на 34 сторінках, зокрема, містить 9 рисунків, список використаних джерел із 11 найменувань.

Мета кваліфікаційної роботи полягає в здійсненні аналізу алгоритмів управління компресорною станцією, що базуються на мікропроцесорних системах, з метою мінімізації споживання енергії компресорами відповідно до реальних потреб системи.

Розглянуто систему управління компресорною станцією на основі програмованого логічного контролера TSX P57 2634M "Premium" Schneider Electric яка є досить високотехнологічною та комплексною. Приділено увагу оптимізації алгоритмів роботи станції для максимальної ефективності та економії енергії. Розглянуто впровадження технологій "розумного" управління, що дозволить адаптувати роботу станції до різних умов.

Запропонована автоматизована система відповідає вимогам виробництва та ґрунтується на сучасній мікропроцесорній елементній базі. Це дозволить у подальшому, при розширенні та розвитку виробництва, вдосконалити цю підсистему, зокрема, без її повного заміщення чи ліквідації.

**Ключові слова:** природний газ, компресорна станція, автоматизована система, мікропроцесорних систем, технологічний параметр, вимірювальний комплекс, передача інформації, обчислювальний пристрій, алгоритм.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. ПРИЗНАЧЕННЯ, СКЛАД ТА МЕТА СТВОРЕННЯ КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ .....	7
1.1 Призначення та склад системи .....	7
1.2. Мета створення системи.....	8
2. ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ.....	9
2.1. Вимоги та функції компресорної станції.....	9
2.2. Особливості системи управління .....	18
2.3. Надійність системи та захист інформації від несанкціонованого доступу.....	20
2.4. Методка збереження інформації при аваріях.....	21
2.5. Засоби захисту від зовнішніх впливів.....	22
3. СИСТЕМА ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ТА ЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ .....	23
3.1 Система електроживлення компресорної станції .....	23
3.2 Логічний комплекс компресорної станції .....	24
3.3 Пропозиції щодо модернізації мікропроцесорів компресорної станції ...	31
ВИСНОВОК .....	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....	34

## ВСТУП

У сучасному світі особливо актуальне значення має проблема видобутку, отримання, зберігання та транспортування енергетичних ресурсів.

Важко переоцінити роль, яку відіграє нафтогазовий комплекс в економіці України, сприяючи її розвитку і, в кінцевому підсумку, становленню молодої незалежної держави. Стійке забезпечення національної економіки України газом і нафтою власного видобутку та якісна їх переробка є стратегічно важливим завданням для всієї держави. Однією з найважливіших складових енергетичного розвитку нашого регіону є природний газ.

Газотранспортні компанії приділяють підвищену увагу стратегічному розвитку своїх газопереробних комплексів та випуску продукції, як для області, так і для всієї України. На підприємствах постійно слідкують за останніми досягненнями у видобутку та переробці газу і нафти, приділяючи увагу вдосконаленню технологічних процесів і підвищенню ефективності переробки продукції.

Для надійного постачання газу споживачам, збереження конкурентоздатності та привабливості газотранспортної системи для експортерів газу впроваджується програма реконструкції компресорних станцій. Основа цієї програми – розробка та впровадження сучасних українських газотурбінних двигунів з підвищеним коефіцієнтом корисної дії, нових систем управління на базі сучасних високошвидкісних мікропроцесорних комплексів.

Мета кваліфікаційної роботи полягає в проведенні аналізу алгоритмів управління компресорною станцією на базі мікропроцесорних систем, які мінімізують споживання енергії компресорами в залежності від реальних потреб системи. Аналіз систем моніторингу та діагностики для визначення стану обладнання, а також розробка алгоритмів прогнозування зносу для запобігання аваріям та планування регулярного технічного обслуговування.

# 1. ПРИЗНАЧЕННЯ, СКЛАД ТА МЕТА СТВОРЕННЯ КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ

## 1.1 Призначення та склад системи

Компресорна станція призначена для забезпечення оптимального технологічного режиму роботи обладнання та систем компресорної станції; забезпечення візуального контролю параметрів технологічного процесу, спрацювання та візуалізації попереджувальної та аварійної сигналізації шляхом автоматичного контролю та регулювання технологічних параметрів, автоматичного та віддаленого управління роботою технологічного обладнання [1].

До складу компресорної станції входять наступні технологічні об'єкти:

- дві компресорні лінії з проміжними сепараторами;
- два двигуни;
- установка підготовки стартового та паливного газу;
- вузли вимірювання газу на вході та виході;
- установка подачі повітря;
- вхідні очисні пристрої (ВОП);
- установка висушки газу та регенерації ТЕГа;
- вузол збору конденсату;
- система вентиляції газотурбінного агрегату (ГТА);
- система газопостачання ГТА;
- система відведення викидів;
- апарати повітряного охолодження масла двигуна;
- апарати повітряного охолодження газу та масла;
- апарати повітряного охолодження кінцеві;
- факельне господарство;
- пожежна насосна станція з резервуарами для зберігання пожежної води та протипожежними водопроводами;
- система забезпечення маслом;
- облік спожитої електроенергії;
- компресорне повітря;

- вентиляційна камера;
- система каналізації.

## 1.2. Мета створення системи

Система, яка створюється, передбачає виконання наступних завдань [2]:

- заміна зношених та морально застарілих засобів автоматизації на сучасні засоби управління та контролю;
- скорочення кількості зупинок і запобігання аваріям технологічного обладнання під час впровадження функціонально-розподіленої мікропроцесорної системи Schneider Automation;
- підвищення продуктивності праці персоналу, який займається експлуатацією компресорної станції завдяки модернізації систем автоматичного контролю та регулювання параметрів технологічного процесу;
- досягнення оптимальної роботи обладнання;
- зменшення строків та витрат на ремонт обладнання завдяки оперативному виявленню його несправностей;
- автоматизація ведення звітної документації;
- попередження помилкових дій персоналу;
- передача оперативної та звітної інформації в ОКО УВСИНГ;
- можливість розвитку та модернізації системи при зміні технологічного процесу;
- зменшення витрат на енергоносії та інші ресурси.



## 2. ВИМОГИ ДО СИСТЕМИ

### 2.1. Вимоги та функції компресорної станції

Автоматизована система управління компресорною станцією (КС) становить централізовану систему автоматизованого управління. З будь-якого робочого місця на КС є можливість контролю за ходом технологічного процесу [8].

Система автоматизованого управління двома компресорними лініями КС реалізована на основі програмно-технічного комплексу "Schneider Automation". Система управління станційним обладнанням КС і централізована система автоматизованого управління реалізовані на базі програмно-технічних засобів Schneider Automation. Зв'язок між системою автоматизованого управління компресорними лініями КС та системою автоматизованого управління станційним обладнанням КС відбувається через дубльовану станцію зв'язку з енергоблоком за протоколом Profibus DP. Основу системи автоматизованого управління станційним обладнанням КС Schneider Automation складають кілька мереж, які об'єднують функції системи в єдину систему контролю та управління.

Диспетчерська мережа включає обладнання диспетчерського (операторського) пункту (операторську станцію та інфосервер). Конструктивне виконання цих станцій – конструктив ПК.

Мережа управління включає дубльовану станцію контролю за процесом, станцію зв'язку з іншими системами контролю та управління, сервер аварійних повідомлень та станцію резервування.

За допомогою мережевих перемикачів диспетчерська мережа і мережа управління об'єднуються в єдину системну мережу.

Диспетчерська мережа об'єднує всі компоненти інтерфейсу оператора і базується на стандартній технології Ethernet. Система є повністю відкритою як з боку польового інтерфейсу, так і з боку корпоративних мереж, і підтримує всі

стандартні протоколи польових шин та мереж: Hart, Profibus, ASI, Foundation Fieldbus та інші.

Шина диспетчерського обладнання реалізована на витих парах. Передача даних по шині відбувається за допомогою протоколу Ethernet, зі швидкістю передачі даних 100 Мбіт/с.

Системна шина управління також реалізована на витих парах. Передача даних по шині відбувається за допомогою протоколу Ethernet, і швидкість передачі інформації по шині становить 100 Мбіт/с.

Різні системні функції виконуються на станціях, в мережі диспетчерської та мережі управління, які підключені до системної шини. До системної шини підключаються такі станції:

1) дубльована станція контролю за процесом – здійснює зв'язок автоматизованої системи з управляємим технологічним процесом та забезпечує:

- а) вимірювання, перший перетворення та передачу інформації про параметри процесу та стан обладнання на операторські станції;
- б) видачу управлінських впливів на процес за командами з операторських станцій;
- в) реалізацію алгоритмів автоматичного регулювання, дискретного (логічного) управління, блокувань, а також видачу управлінських впливів на процес відповідно до них;

2) станція зв'язку з іншими системами контролю та управління (LIS) – конфігурується на базі станції з установкою необхідних протоколів та шини RS232/422. Станція LIS використовується для зв'язку з приладами обліку газу СПГ-761.

До диспетчерської шини підключаються наступні станції:

1) станція інтерфейсного зв'язку – конфігурується на базі контролера з встановленням протоколу Profibus DP. Такі станції в АСУ КС використовуються для зв'язку з АСУ ГТА;

2) станція оператора (OPS) – призначена для оператора, який керує процесом, вона дозволяє отримувати інформацію про процес та вводити команди для його керування;

3) сервер аварійних повідомлень та станція резервування (ALP/BU) – збирає інформацію про попереджувальні та аварійні сигнали процесу, надсилає її операторові на станцію оператора та записує дані в довгостроковий архів аварійної сигналізації на інформаційному сервері. BU призначена для резервування системного та прикладного програмного забезпечення;

4) інфосервер (INFO) – збирає дані з системи, зберігає їх в базі даних процесу та підготовлює інформацію для звітування у формі, визначеній користувачем;

Технічні засоби станційного обладнання повинні мати ієрархічну структуру, яка включає в себе три рівні:

- перший рівень – модулі введення-виведення.
- другий рівень – функціонально-розподілені мікропроцесорні системи управління.
- третій рівень – автоматизовані робочі місця операторів-технологів (АРМ), які включають монітори, функціональну клавіатуру та принтери [2].

Інформаційний зв'язок між технічними засобами повинен здійснюватися таким чином:

- між датчиками, перетворювачами та мікропроцесорною системою через електричні кабельні лінії зв'язку;
- між мікропроцесорною системою та виконавчими механізмами через електричні лінії зв'язку;
- між компонентами самої системи за допомогою засобів цієї системи;
- з пристроями обліку газу через RS-485/422.

Дубльована станція контролю за процесом в системі Schneider Automation з'єднується з субкаркасами модулів введення/виведення через полеву технологічну шину. На кожній технологічній шині може бути встановлено до

16 субкаркасів введення/виведення. Швидкість передачі по польовій шині – 1 Мбіт/с. Контролер, який взаємодіє з процесом, з'єднується з модулями введення/виведення через шину цього каркаса, і швидкість передачі інформації становить 375 кбіт/с.

У структурі компресорної станції були впроваджені такі основні принципи:

- модульність побудови технічних і програмних засобів;
- стандартизація взаємозв'язків (функціональна, програмна, конструктивна) між рівнями управління;
- функціонування без постійної присутності обслуговуючого персоналу на більшості технологічних об'єктів.

В цій структурі станції системна шина, станція контролю за процесом, контролери полевої шини, контролери зв'язку з модулями введення-виведення дублюються.

Компресорна станція працює цілодобово в режимі реального часу. Передача даних у корпоративну мережу здійснюється через станцію зв'язку з мережею. Перелік параметрів, що передаються у корпоративну мережу, визначається на етапі техніко-робочого проектування системи [9].

Операторська станція встановлена на робочому місці оператора і забезпечує організацію інтерфейсу між людиною і машинами: відображення інформації про процес, сигналізацію, реєстрацію, управління обладнанням та параметрами процесу. Операторський інтерфейс реалізований на двох взаємозамінних операторських станціях OPS, які включають:

- 2 промислових монітори з діагоналлю 19" на станції оператора;
- маніпулятор "мишка";
- стандартну ASCII клавіатуру на станції оператора.

Розроблена система управління станційним обладнанням компресорної станції складається з 472 каналів контролю та вимірювання параметрів. Розроблена система управління включає в себе дві основні підсистеми:

- підсистему технологічного управління;

- підсистему технологічного захисту.

Кожна з цих підсистем є складною і включає в себе низку функціональних підсистем [4]:

Підсистема технологічного управління включає наступні функціональні підсистеми:

1) підсистема збору, обробки та представлення інформації, що виконує наступні функції:

- автоматичний збір інформації від вимірювальних перетворювачів та обчислення фактичних значень параметрів;

- подання інформації на пристрої для відображення в цифровому та графічному вигляді, а також у вигляді трендів;

- архівування та довгострокове зберігання інформації про технологічний процес на магнітних носіях;

- ручне введення коефіцієнтів регуляторів;

- реєстрація дій технологічного персоналу в передаварійній ситуації;

- контроль параметрів за викликом;

- подання інформації на пристрої для друку.

2) підсистема регулювання виконує наступні функції:

- автоматичне регулювання технологічних параметрів на основі стандартних (П, ПІ, ПІД) та спеціальних законів регулювання;

- віддалене та автоматичне управління технологічним обладнанням (насосами, електроздвижками, вентиляторами).

3) підсистема діагностики виконує наступні функції:

- діагностика стану вимірювальних каналів системи;

- діагностика стану обладнання системи до модуля.

Технічні та програмні засоби передбачають автоматичну самодіагностику [10]:

- самодіагностика технічних засобів управління, як на рівні модулів, так і комплексу в цілому, включаючи контроль справності вимірювальних каналів та видачу повідомлень у разі їх відмови;

- самодіагностика інтерфейсних каналів зв'язку;

- самодіагностика виявлення відмов вимірювальних каналів, джерел живлення та видачу повідомлень у разі їх відмови.

Для цього в системі передбачено наступні можливості:

- технічні засоби обладнані програмними засобами самодіагностики;

- в системі, окрім самодіагностики, передбачено тестування.

Тестування виконується шляхом мікропрограмних тестів при включенні комплексу. Самодіагностика виконується безперервно в процесі нормальної роботи комплексу.

Підсистема технологічного захисту, сигналізації та блокування виконує наступні функції:

- захист і блокування технологічного процесу;

- контроль, сигналізацію та реєстрацію порушень аварійних границь;

- видачу інформації про послідовність спрацювання захисту та блокувань для реєстрації та подальшого аналізу;

- забезпечення безпеки при плановому та аварійному зупиненні;

- контроль і перевірку технологічного захисту за вимогою з використанням режиму імітації;

- сигналізацію про спрацювання системи технологічного захисту.

Функції автоматизованої системи управління технологічним процесом компресорної станції включають наступне:

- збір та первинна обробка інформації, який включає в себе опитування аналогових і дискретних датчиків, введення ініціативних сигналів про зміну стану обладнання, масштабування та перетворення їх на фактичні значення відповідно до калібровочних характеристик аналогових вимірювальних елементів, фільтрацію сигналів від високочастотних перешкод та викидів;

- автоматичний контроль стану технологічного процесу, який відслідковує параметри процесу, видає попереджувальні та аварійні сигнали, захищає та блокує технологічне обладнання;

- регулювання та програмно-логічне управління на основі стандартних або спеціальних законів регулювання, а також дистанційне та автоматичне управління технічним обладнанням, такими як насоси, електродвигуни, вентилятори і т. д.;

- відображення та документування інформації. Показ інформації у цифровій та графічній формі, а також у формі трендів, архівування даних та порушень;

- зв'язок оператора-технолога з системою;

- відправлення оперативної і звітної інформації в оперативний контрольно-обліковий орган УВСІНГ (Управління видобутку сировини і газу);

- автоматизація ведення звітної документації;

- реєстрація дій оператора;

- діагностика та самодіагностика процесу. Спостереження та діагностика стану системи, реєстрація всіх відмов, збоїв і порушень в роботі системи, дистанційний контроль працездатності та відмови в процесі роботи станції через корпоративну мережу.

Збір та первинна обробка інформації включає в себе опитування аналогових і дискретних датчиків, введення ініціативних сигналів зміни стану обладнання, масштабування і переведення в дійсні значення відповідно до градуаційних характеристик аналогових вимірювальних елементів, фільтрацію сигналів від високочастотних перешкод та викидів [2].

У системі Schneider Automation частота опитування може варіюватися від 0,2 секунди до 64 секунд в залежності від важливості та швидкості зміни параметра; для блокуючих параметрів - 0,2 секунди.

Похибки перетворень при введенні сигналів та перерахунку введених кодів у дійсні значення не перевищують 0,25% діапазону шкали датчика.

Відмовою цієї функції вважається неможливість отримання інформації на одній із робочих станцій за всіма технологічними параметрами

Функція захисту та блокування технологічного обладнання забезпечує виявлення аварійних станів технологічного процесу за аварійними відхиленнями технологічних параметрів, обробку даних синхронно з опитуванням, надає сигналізацію на екрані монітора про наявність аварійної ситуації та видачу повідомлень про аварійну ситуацію незалежно від типу відеографіки на екрані. Здійснює включення автоматичних блокувань, зупинку насосів, закриття запірних клапанів та електроприводів.

При виникненні аварійної ситуації автоматично проводиться протоколування спрацювання системи захисту та блокувань. Відмовою цих функцій є відсутність повідомлення про аварію або його недостовірність і невиконання програми спрацювання хоча б одного блокування.

Регулювання та програмно-логічне управління включають логічну перевірку вхідного сигналу на достовірність, формування значення керуючого впливу, перевірку його на припустимість та видачу на виконавчий механізм.

В кожному контурі передбачена можливість дистанційного ручного управління, а також плавний перехід з ручного режиму управління на автоматичне регулювання і навпаки.

Похибка стабілізації технологічних змінних на заданому рівні знаходиться в межах похибки вимірювань, і невиконання цієї умови є відмова функції регулювання.

Відмовою функцій логічного управління є неможливість керування будь-яким механізмом, заданим у програмі.

Функція відображення інформації забезпечує:

- можливість вибору та друку трендів будь-якого параметра, інформацію щодо роботи керуючих контурів та регуляторів через виклик меню;

- подання на вимогу оператора на екрані кольорового графічного дисплея оперативної інформації про хід технологічного процесу, обладнання і режими роботи керуючих контурів у вигляді мнемосхем, графіків, гістограм і таблиць.



Відеограми та функції організовані в чіткій та логічній структурі та забезпечують легкий і зручний доступ до інформації за принципом "від загального до часткового", тобто можливість послідовної багаторівневої деталізації.

На дисплеї інформація про стан технологічного процесу установки відображається у вигляді:

- фрагментів мнемосхеми, що включають мнемонічне зображення технологічного процесу з виведенням на неї інформації про технологічний процес, стан обладнання і положення виконавчих механізмів;

- значень параметрів керуючих контурів (поточне значення, задання, керуючий вплив);

- трендів технологічних параметрів протягом визначеного інтервалу часу.

На відеограмах передбачено сигналізацію про порушення регламентних, попереджувальних та аварійних меж.

Сигналізація виходу параметрів за регламентні та аварійні межі визначається:

- рядком у верхній частині відеограми;
- зміною кольору відповідних елементів на фрагментах мнемосхеми;
- рядком у списку аварійних повідомлень;
- спеціальним блоком звукової сигналізації певного тону.

Відмовою функції є відсутність графіків, відеограм або їх недостовірність.

Склад і зміст відеограм та текстових документів визначаються на етапі проєктування системи.

Для ретроспективного аналізу ходу технологічного процесу передбачено архівування даних протягом визначеного інтервалу часу. Зберігання поточних трендів параметрів здійснюється в пам'яті станції оператора (OPS). Для тривалішого зберігання та архівування інформації використовується інфо-сервер.

Документування основних технологічних параметрів та розрахованих параметрів (розрахунок електроенергії) здійснюється на друкарському пристрої у вигляді звітних документів, які визначаються на етапі робочого проектування.

Відмовою даної функції є відсутність або неповнота звітних документів.

## 2.2. Особливості системи управління

Система управління є відкритою, здатною до ремонту та має гнучку структуру, яка легко адаптується до змін технологічної схеми процесу. Вона забезпечує конфігурацію нових схем регулювання та програмно-логічного управління [4, 5].

Розроблена система управління станційним обладнанням КС забезпечує такі функції:

1) інформаційні функції системи включають:

- автоматичний збір інформації від вимірювальних перетворювачів і розрахунок поточних значень параметрів;
- контроль та сигналізація про порушення регламентних та аварійних меж;
- контроль параметрів за викликом;
- представлення інформації на пристроях друку;
- представлення інформації на пристроях відображення у цифровому та графічному форматі;
- реєстрація спрацювання технологічного захисту та сигналізації;
- реєстрація дій оператора;
- реєстрація всіх відмов, збоїв та порушень у роботі системи;
- розрахунок наробітку технологічного обладнання;
- розрахунок об'єму рідини в ємностях та резервуарах;
- розрахунок наробітку виробництва проводиться за інтервалами - година, зміна, доба, місяць, рік.

2) управлінські функції системи включають:

- автоматичне регулювання на основі стандартних законів (П, ПІ, ПІД);
- виконання блокувань відповідно до технологічного регламенту;

- ручне, дистанційне (з робочого місця оператора) та автоматичне керування виконавчими органами (насосами, електрозасувками, вентиляторами) в робочому режимі, а також при плановому або аварійному зупиненні компресорів.

3) додаткові функції системи включають:

- забезпечення встановлених метрологічних характеристик інформаційних каналів завдяки використанню цифрової системи обробки та представлення інформації "Schneider Automation";

- забезпечення надійного технологічного захисту;

- забезпечення документацією та інструкціями щодо супроводження програмних засобів, обслуговування технічних засобів, внесення змін у ПЗ в обсязі, що забезпечує експлуатацію, розвиток і ремонт системи протягом усього терміну служби;

- забезпечення надійною та повною самодіагностикою апаратури;

- забезпечення передачі даних в корпоративну мережу;

- забезпечення збору, зберігання, обробки, документування інформації про ведення технологічного процесу;

- забезпечення надійним і безперебійним живленням.

Робота механічних вузлів агрегатів здійснюється відповідно до алгоритмів.

АСУ КС забезпечує можливість внесення змін в алгоритми управління процесом або змін у звітних формах та відеограмах у випадку змін технології або методів управління шляхом переналадки керуючих контурів та алгоритмів силами відповідних підрозділів [9].

Склад програмно-технічних засобів системи передбачає розвиток системи за рахунок резервування входів та виходів інтерфейсних модулів, щонайменше, на 10%.

Блочно-модульна структура системи дозволяє проводити її модернізацію і розвиток за рахунок включення нових блоків або заміни старих.

### 2.3. Надійність системи та захист інформації від несанкціонованого доступу

Компресорна станція є багатофункціональним, багатоканальним, відновлюваним і ремонтпридатним виробом.

Для підвищення надійності станції передбачено дублювання станції контролю за процесом, контролерів зв'язку з модулями введення-виведення і накопичувачів на жорстких дисках станцій BU та InfoServer.

Показники надійності відповідають таким значенням:

- термін служби комплексу технічних засобів станції – не менше 10 років;
- середня наробіток на відмову за інформаційними функціями – не менше 40000 годин;
- середній наробіток на відмову за управлінськими функціями – не менше 50000 годин;
- коефіцієнт готовності – не менше 99,9;
- час відновлення працездатного стану за допомогою виробів із складу ЗІП – не більше 0,5 години [6].

У разі відмови в роботі станції через натискання оператором кнопки невідкладної зупинки на пульті аварійного управління, система виконує алгоритм невідкладної зупинки.

У пристроях зв'язку з приладами через інтерфейс RS232 (RS422/485) використовано гальванічну розв'язку.

У програмно-технічних засобах передбачено обмеження можливості використання та коригування системних програм та нормативно-справочної інформації шляхом застосування кодів захисту, паролів, а також апаратних інструментальних засобів.

У системі Schneider Automation диспетчерська функціонує в трьох різних режимах, залежно від користувача: режим диспетчерського контролю, режим управління та режим технічного обслуговування. Кожному користувачу присвоюють групу, ідентифікатор користувача та пароль.

Операційне програмне забезпечення недоступне для змін через інтерфейсні канали робочих станцій.

Організаційно-технічні заходи виключають можливість несанкціонованого стирання та запису інформації в відповідні масиви, що зберігаються на дисках.

У операторній ведеться журнал реєстрації змін інформаційного та програмного забезпечення.

Будь-яка зміна інформації виконується лише після підтвердження запиту з контролем достовірності введеної інформації.

Програмне забезпечення підсистеми блокувань, захисту та аварійної сигналізації недоступне для змін через інтерфейсні канали введення-виведення.

#### **2.4. Методка збереження інформації при аваріях**

Система забезпечує збереження інформації в наступних ситуаціях:

- відмова технічних та програмних засобів;
- відмова в електроживленні;
- внесення змін в програмне забезпечення без зупинки роботи системи.

З метою уникнення можливості втрати інформації під час виходу з ладу технічних і програмних засобів вся нормативно-довідкова інформація зберігається на зовнішніх магнітних носіях, включаючи системне, застосоване програмне забезпечення і базу даних [5].

Для уникнення втрати інформації при відсутності електроживлення в системі передбачені незалежні джерела живлення.

Отже, тимчасова відмова технічних засобів або втрата електроживлення не є причиною руйнування накопиченої або усередненої в часі інформації і програмного забезпечення.

При розробці програмного забезпечення передбачені процедури резервного копіювання і відновлення баз даних, системного журналу, застосованого програмного забезпечення і налаштувальних коефіцієнтів на магнітних та оптичних носіях.

## 2.5. Засоби захисту від зовнішніх впливів

Технічні засоби забезпечені захистом від електромагнітних перешкод загального характеру відповідно до вимог до загальнопромислових засобів обробки інформації.

Система Schneider Automation пройшла типові випробування на стійкість до наступних видів перешкод:

- стійкість до електростатичного розряду ESD;
- стійкість до радіоперешкод EMI;
- стійкість до перехідних режимів EFT;
- стійкість до перенапруги SVI;
- стійкість до затухаючого напруги перешкоди 1 МГц HFD.

Технічні засоби підсистеми автоматизованої системи управління технологічним процесом відповідають вимогам "Правил улаштування електроустановок" [7].

### 3. СИСТЕМА ЕЛЕКТРОЖИВЛЕННЯ ТА ЛОГІЧНИЙ КОМПЛЕКС КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ

#### 3.1 Система електроживлення компресорної станції

Технічні засоби живляться від мережі змінного струму напругою 220 В та частотою 50 Гц. Категорія електропостачання - I. Живлення здійснюється з розподільчої шафи, яке живиться з двох незалежних вводів з АВР (автоматичний ввід резерву).

Для живлення технічних засобів використовується окрема електролінія з безперебійним живленням, до якої не повинно підключатися слаботочне та комутаційне обладнання до розподільчої шафи.

Для організації шини безперебійного живлення використовується джерело безперебійного живлення з вбудованими акумуляторними батареями. Ємність батарей забезпечує роботу станції при відсутності мережі змінного струму протягом 30 хвилин.

Також забезпечена діагностика стану джерел живлення, з відображенням результатів на станціях верхнього рівня. Відмова в живленні супроводжуються сигналізацією та протоколюванням. При відмові живлення відбувається нормальна зупинка технологічного обладнання та завершення роботи технічних засобів. При подачі живлення технічні засоби включається в роботу тільки за ініціативою оператора.

У складі постачання Schneider Automation передбачені джерела гарантованого (безперебійного) живлення. В разі аварійного відключення всіх живлячих напруг ПТК Schneider Automation не повинен вийти з ладу і не вимагати додаткового (повторного) налаштування.

На рисунку 3.1 показан схема живлення компресорної станції.

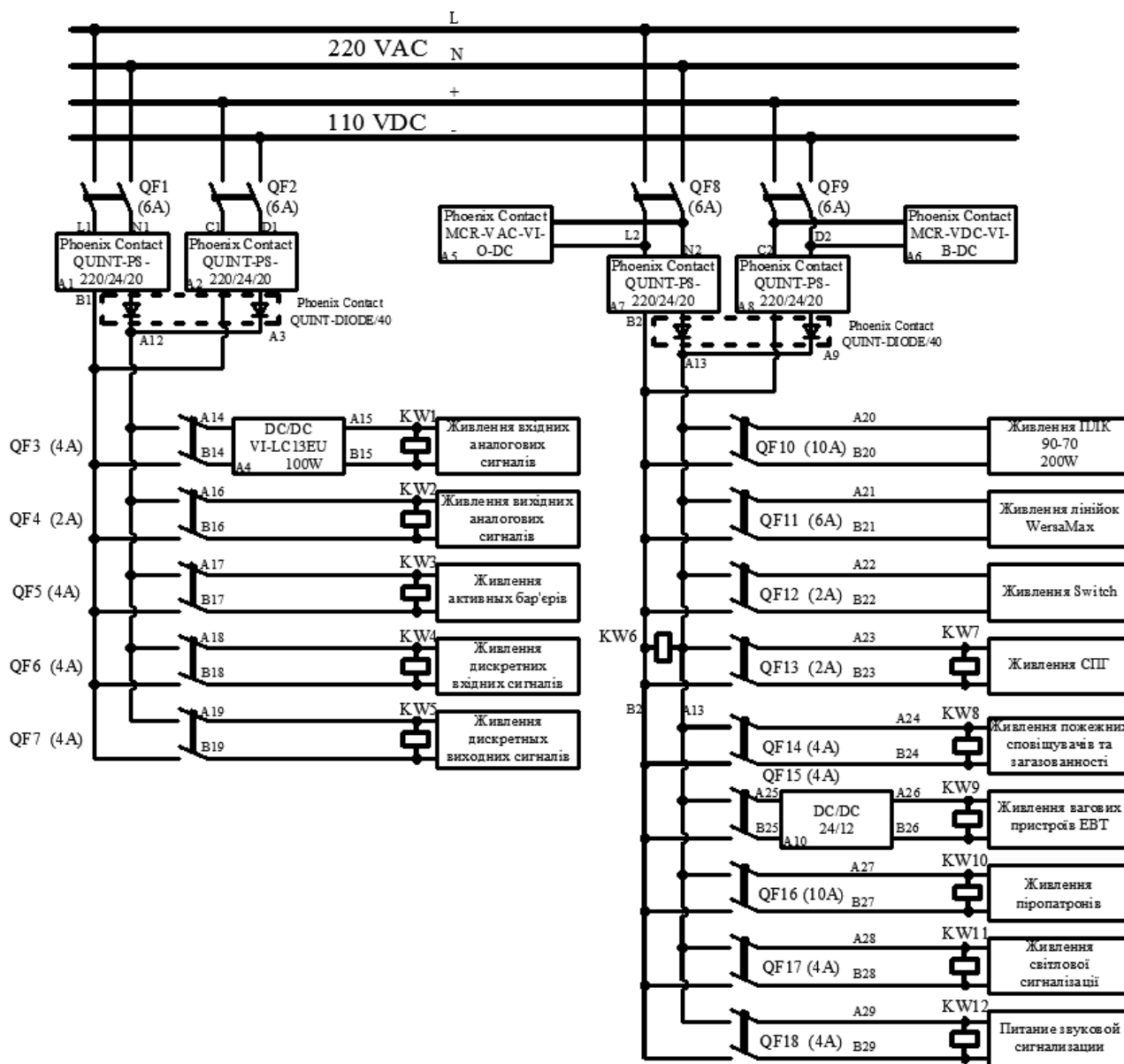


Рисунок 3.1 - Схема живлення компресорної станції.

### 3.2 Логічний комплекс компресорної станції

Створення системи автоматичного управління ґрунтується на програмно-технічному комплексі, побудованому на контролері від компанії Schneider Electric - TSX P57 2634M "Premium". Контролер TSX Premium є повністю модульним. Він складається з шасі, блока живлення, процесора, дискретних та аналогових входів і виходів, модуля зв'язку та інших компонентів. Зв'язок між контролером і комп'ютером здійснюється за допомогою мережевого кабеля "вита пара", що надає можливість обміну інформацією між контролером і комп'ютером. Швидкість передачі даних становить 10-100 Мбіт/с.



Шасі TSX RKY6 (рис. 3.2) є базовим компонентом платформи управління ПЛК. Шасі виконує наступні функції:

Механічну: шасі служить для установки всіх модулів ПЛК (блок живлення, процесор, дискретні входи/виходи, аналогові входи/виходи, спеціальні модулі).

Електричну: шасі служить для підключення до шини (Bus X) та забезпечує розподіл:

- живлення, необхідного для всіх модулів одного шасі;
- даних та службових сигналів для всього ПЛК з декількома шасі.

Шасі TSX RKY6 включає в себе:

Металевий каркас;

- отвори для фіксації виступів модулів;
- 48-контактні розеткові роз'єми 1/2 DIN для підключення модулів до шасі (перший роз'єм зарезервований для модуля живлення);
- монтажний отвір для модуля живлення;
- різьбові отвори для фіксації модулів;
- чотири отвори для фіксації шасі;
- місце для етикетки з адресою шасі;
- місце для етикетки з мережевою адресою ПЛК;
- дві клеми для заземлення шасі.



Рисунок 3.2 – Шасі TSX RKY6.

Модуль живлення TSX PSY 2600M (рис. 3.3) забезпечує живлення всіх компонентних модулів, встановлених на шині. Вибір модуля живлення здійснюється на основі наступних критеріїв: напруга живлення: - 24В; - 24...48В; ~ 100...120В; ~ 200...240В.

Модуль живлення включає в себе:

- 1) індикаторний блок із наступними індикаторами:

- зеленим індикатором "ОК", який світиться при наявності правильної напруги;
  - червоним індикатором "ВАТ", який світиться при несправності або відсутності батареї;
  - зеленим індикатором "24В", який світиться при наявності напруги живлення датчиків;
- 2) мініатюрною кнопкою скидання "RESET" для гарячого перезапуску додатка;
  - 3) слот під батарею для захисту внутрішньої оперативної пам'яті процесора;
  - 4) захисною кришкою передньої панелі модуля;
  - 5) винтовими клемми для підключення:
    - мережі живлення;
    - контакту сигнального реле;
    - живлення датчиків змінного струму.
  - 6) отвором під кабельний хомут;
  - 7) плавким запобіжником, розташованим в нижній частині модуля і забезпечуючим захист первинної напруги.



Рисунок 3.3 – Модуль живлення.

На передній панелі процесора TSX P57 2634M (рис. 3.4), з інтегрованим портом Ethernet, розташовано:

- 1) індикаторний блок з 5 світлодіодними індикаторами:
  - зеленим світлодіодним індикатором RUN: робота процесора (виконання програми);

- червоним світлодіодним індикатором ERR: несправність процесора або встановлених в нього пристроїв (ПК-карт пам'яті або ПК-карт зв'язку);
  - червоним світлодіодним індикатором I/O: несправність іншого модуля ПЛК або неправильна конфігурація;
  - жовтим світлодіодним індикатором TER: передача даних через порт для терміналу;
  - червоним світлодіодним індикатором FIP: передача даних по інтегрованій шині Fіріо;
- 2) підключений до інтегрованого порту Ethernet індикаторний блок із 6 світлодіодними індикаторами:
- зеленим світлодіодним індикатором RUN: готовність порту Ethernet;
  - червоним світлодіодним індикатором ERR: несправність порту Ethernet;
  - червоним світлодіодним індикатором COL: виявлення колізій;
  - жовтим світлодіодним індикатором STS: діагностика каналу Ethernet;
  - двома жовтими світлодіодними індикаторами TX і RX: передача/прийом даних.
- 3) кнопка скидання (RESET) для холодного перезапуску ПЛК;
- 4) 8-контактний розетковий роз'єм mini-DIN для підключення терміналу-програматора;
- 5) 8-контактний розетковий роз'єм mini-DIN, позначений AUX, для підключення периферійних пристроїв;
- 6) роз'єм RJ45 для підключення до мережі Ethernet;
- 7) слот для карт розширення пам'яті формату PCMCIA тип I;
- 8) слот для карт розширення пам'яті формату PCMCIA тип III.



Рисунок 3.4 – Процесор TSX P57 2634М.

Модуль дискретного вводу (рис. 3.5) призначений для отримання дискретних сигналів від датчиків. Даний модуль має 8 ізольованих входів. Для забезпечення безпеки роботи, модуль обладнаний швидкодіючим плавким запобіжником FU1. Вхідна напруга модуля дискретного вводу – 24В постійного струму.



Рисунок 3.5 – Модуль дискретного вводу TSX DEY 08D2

Підключення до модулю дискретного вводу здійснюється за допомогою винтової з'єднувальної клемної колодки TSX BLY 01 (рис. 3.6). Клемна колодка дискретного вводу/виводу обладнана пристроєм для автоматичного передавання коду при першому використанні, що унеможливорює помилки при роботі при заміні модуля. Це кодування забезпечує електричну сумісність з модулями різних типів. До кожної клеми можна підключити обрізані провід або провід з кабельними наконечниками та відкритими закінченнями.

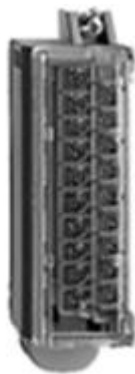


Рисунок 3.6 – З'єднувальна клемна колодка TSX BLY 01.

Модуль дискретного виводу (рис. 3.7) призначений для надання сигналу управління на вхід блока управління виконавчого механізму.



Рисунок 3.7 – Модуль дискретного виводу TSX DSY 08R5.

Модуль TSX AEY 800 (рис. 3.8) є модулем аналогового вводу з 8 входами високого рівня. Вони застосовуються з датчиками або датчиками-перетворювачами для реалізації функції контролю, вимірювання та управління неперервними технологічними процесами.



Рисунок 3.8 – Модуль аналогового вводу TSX AEY 800.

Модуль аналогового вводу/виводу оснащений одним 25-контактним роз'ємом SUB-D. Модуль може бути встановлений в будь-якому місці установки шасі TSX RKY 6, за винятком місць, зарезервованих для модулів живлення. Модуль аналогового вводу/виводу можна від'єднати без відключення живлення ПК.

Модуль має наступні функціональні характеристики:

- сканування вхідних каналів, захист від перенапруги, перетворення сигналів за допомогою аналогового фільтрування, сканування за допомогою твердотілого мультиплексування;
- перетворення вхідних сигналів: регулювання посилення, компенсація відхилень;
- цифрування сигналів: 12-бітне аналого-цифрове перетворення;
- перетворення результатів вимірювання на вході в користувацький формат, коефіцієнт перекалібрування, фільтрація та масштабування;
- контроль модуля: тестування ланцюгів перетворення, контроль виходу з діапазону, перевірка наявності клемної колодки.

На передній панелі модуля аналогового вводу/виводу розташовано:

- блок індикації та діагностики модуля;
- 25-контактний роз'єм SUB-D для підключення датчиків.

Підключення модуля аналогового вводу/виводу здійснюється за допомогою винтової колодки Telefast 2 ABE-7CPA 02 (рис. 3.9).



Рисунок 3.9 – Система швидкого монтажу Telefast 2 ABE-7CPA 02.

Система швидкого монтажу спрощує установку модулів, забезпечуючи доступ до входів (виходів) через гвинтові клеми.

### **3.3 Проповзиції щодо модернізації мікропроцесорів компресорної станції**

Для постачання природного газу безпосередньо споживачам газ повинен мати певні технологічні параметри (тиск, температуру, витрати), які роблять перероблений природний газ придатним до споживання. Для дотримання та контролю за цими технологічними параметрами безпосередньо на магістральному газопроводі встановлені вимірювальні перетворювачі температури, тиску та витрати газу. Ці вимірювальні перетворювачі передають інформацію про технологічні параметри у вигляді уніфікованого електричного сигналу безпосередньо на реєструючі (самозаписуючі) прилади, які розташовані в операторському приміщенні вузла постачання природного газу.

Оператор протягом робочого дня слідкує за змінами цих технологічних параметрів і реєструє в своєму журналі покази самозаписуючих приладів кілька разів за зміну, у встановлені часи. Зазвичай зняття показів цих приладів проводяться на початку робочої зміни, в її кінці і кілька разів протягом робочого дня. Покази приладів реєструються в журналі і в тому випадку, якщо сталися будь-які зміни показів інших параметрів самого технологічного процесу обробки природного газу, що може вплинути на якість отриманого продукту. У цих випадках оператор проводить непланову реєстрацію показів приладів.

В кінці робочої зміни оператор за допомогою телефонного зв'язку передає інформаційну зведену довідку в лабораторію. Черговий лаборант вносить отриману інформацію безпосередньо в лабораторний комп'ютер і складає звітність у формі електронної таблиці (Microsoft Excel) для передачі вищестоящому управлінню газопереробного заводу.

Модернізація та автоматизація цього процесу передбачає практично повне виключення участі людей у процесі обробки показань реєструючих приладів, автоматизацію передачі отриманих даних у лабораторний комп'ютер та спрощення процесу складання звітних таблиць у Microsoft Excel.

Запропонована модернізація полягає у встановленні більш вдосконалених датчиків (в роботі використовуються комбіновані цифрові вимірювальні перетворювачі), заміні реєструючих приладів (самозаписувачів) на більш вдосконалений цифровий обчислювальник об'ємного розходу газу "ФЛОУТЕК", який має можливість підключення зовнішньої ЕОМ (через порт RS232, і за допомогою модемного з'єднання з віддаленою ЕОМ). Також пропонується здійснити з'єднання обчислювальника з комп'ютером, що знаходиться безпосередньо в лабораторії, за допомогою модемного зв'язку, що надасть додаткову можливість зменшити ймовірність виникнення помилок при введенні даних в ЕОМ.

При варіанті підключення обчислювальника "ФЛОУТЕК" до зовнішньої ЕОМ, в комплект його поставки включається пара адаптерів зв'язку (модемів) і відповідне програмне забезпечення для з'єднання обчислювальників з ЕОМ. Програмне забезпечення має можливість представлення результатів у формі електронних таблиць Microsoft Excel, що додатково спрощує процес складання звітності.



## ВИСНОВОК

Автоматизована система вимірювань є цифровою і має вищу точність та стійкість до перешкод. Це дозволяє підвищити якість отримуваних результатів та уникнути виникнення помилок.

Перевагою автоматизованої системи обліку споживання газу є те, що вона є мікропроцесорним комплексом, збудованим на сучасній елементній базі, що дозволить у подальшому вдосконалювати її без повного заміщення.

Розглянута автоматизована система управління компресорною станцією (АСУ КС) побудована на базі мікропроцесорного комплексу фірми "Schneider Electric". Цей комплекс має засоби зв'язку з зовнішнім ЕОМ шляхом підключення комплексу до неї через порт RS-232 та модемне з'єднання.

У контексті впровадження та функціонування нової автоматизованої системи управління виробництвом відбувається поліпшення організаційної структури підприємства. Запропонована у цьому звіті автоматизована система контролю та логічного управління є однією з компонентів такої автоматизованої системи управління виробництвом в цілому.

Проаналізована автоматизована система відповідає вимогам даного виробництва та базується на сучасній елементній базі, що дозволить у майбутньому, при розширенні та розвитку виробництва поліпшити цю підсистему, зокрема, без її повної заміни або ліквідації.

Основним результатом проведеної роботи є отримання алгоритмів роботи окремих технологічних блоків, узгоджена та упорядкована спільна робота яких визначає компресорну станцію, як єдину, цілісну систему для перекачування газу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Касперович В.К. Трубопровідний транспорт газу [підруч. для студ. вищ. навч. закл.]. – Івано-Франківськ: Факел, 1999.
2. Якимів Й.В. Машини і обладнання газонафтопроводів та газонафтосховищ [Навч. посібник]. – Івано-Франківськ: Факел, 2001.
3. Трубопровідний транспорт газу/М.П.Ковалко, В.Я.Грудз, В.Б.Михалків та ін. – Київ:-АренаЕКО, 2002.
4. Клюк Б.О. Проектування і експлуатація компресорних станцій. Курсове проектування: метод. вказівки/Б.О.Клюк, В.Б.Михалків. - Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2004.
5. Михалків В.Б. Проектування і експлуатація компресорних станцій: метод. вказівки. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2010.
6. Михалків В.Б. Проектування і експлуатація компресорних станцій: [Конспект лекцій]/В.Б. Михалків – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2009.
7. ПУЕ, 2017 р.
8. Буслік Л. Н. Газотурбінні установки для енергетики і транспорту газу: учебное пособие. – Харків: Контраст, 2013.
9. Шаммазов А.М. Проектування та експлуатація насосних і компресорних станцій, 2003.
10. Муравченко Ф.М. Привідні газотурбінні двигуни: довідковий посібник/ Ф.М. Муравченко, В.І. Романов, Б.В. Ісаков та ін. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. інт», 2006.
11. [www.s-e.com.ua](http://www.s-e.com.ua) – Каталог продукції Schnieder Electric.