МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕНІКА»
ІНСТИТУТ ЕНЕРГЕТИКИ ТА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до бакалаврської кваліфікаційної роботи на тему:

«АВТОМАТИЗАЦІЯ СИСТЕМИ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ В ПРИМІЩЕННЯХ АДМІНІСТРАТИВНО-ПОБУТОВГО КОМПЛЕКСУ»

Automation of Air Conditioning System in Rooms of Administrative and Residential Complex

Студент групи АВ-42 Пилипців Святослав Юрійович
(шифр) (прізвище, ім'я та по батькові)

Керівник роботи: _____ / д.т.н. проф. *Євген Пістун* /
(підпис) (ім'я та прізвище)
Консультанти: Мікропроцесорних засобів автоматизації _____ / к.т.н доц Ігор Костик /
(підпис) (ім'я та прізвище)
Охорона праці _____ / к.т.н доц. Юрій Кіт /
(підпис) (ім'я та прізвище)
Економіка _____ / к.е.н. доц. Наталія Михайлик /
(підпис) (ім'я та прізвище)
Завідувач кафедри: _____ / д.т.н., проф. Федір Матіко /
(підпис) (ім'я та прізвище)

Львів 2025 р.

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ “ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”

Інститут *ЕСК* Кафедра *АВКТ*
Спеціальність *151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології”*

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри *АВКТ*
д.т.н., проф. Федір МАТІКО
_____ 20 __ р.

ЗАВДАННЯ
НА БАКАЛАВРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТОВІ
Пилипців Святослав Юрійович
(прізвище, ім’я, по батькові)

1. Тема роботи: Автоматизація систем кондиціонування повітря в приміщенні адміністративно-побутового комплексу»
затверджена наказом по університету від “ 26 ” травня 2025 р., № 1766-4-08
2. Термін здачі студентом закінченої роботи “ *14* ” *червня* 2025 р.
3. Вихідні дані для роботи:
   1. *Технологічна схема*
   2. *Опис технологічного процесу*
4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які належить розробити):
   Вступ
   1. Аналіз технологічного процесу, як об'єкта керування
   2. Техніко-економічне обґрунтування функціональної схеми автоматизації
   3. Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації
   4. Розроблення та опис розгорнутої функціональної схеми автоматизації
   5. Програмне забезпечення системи автоматизації
   6. Принципові електричні схеми з'єднань засобів автоматизації
   7. Охорона праці при впровадженні та експлуатації системи автоматизації
   8. Обґрунтування економічної доцільності впровадження системи автоматизації
   Висновки
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов’язкових креслень):
   1. *Функціональна схема автоматизації*
   2. *Програма функціонування мікропроцесорного програмованого засобу автоматизації*
   3. *Принципова електрична схема з’єднань засобів автоматизації*
   4. *Людино-машинний інтерфейс системи автоматизації.*

6. Консультанти роботи:

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Економіки	доц. Михайлик Н.І.		
Охорони праці	доц. Кіт Ю. В.		
Мікропроцесорних програмованих засобів автоматизації	доц. Костик І.В.		

7. Дата видачі завдання: *19 травня 2025 р.*

Керівник роботи: _____ / д.т.н. проф. *Євген Пістун/*
(підпис)

Завдання прийняв до виконання: _____ / *Пилипців Святослав* /
(підпис)

Календарний план

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ	20.05.2025р.	
2.	Аналіз технологічного процесу, як об'єкта керування	21.05.2025р.	
3.	Техніко-економічне обґрунтування функціональної схеми автоматизації	22.05.2025р.	
4.	Обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації	23.05.2025р.	
5.	Розроблення та опис розгорнутої функціональної схеми автоматизації	26.05.2025р.	
6.	Програмне забезпечення системи автоматизації	28.05.2025р.	
7.	Людино-машинний інтерфейс системи автоматизації	30.05.2025р.	
8.	Принципові електричні схеми з'єднань засобів автоматизації	02.06.2025р.	
9.	Охорона праці при впровадженні та експлуатації системи автоматизації	06.06.2025р.	
10.	Обґрунтування економічної доцільності впровадження системи автоматизації	10.06.2025р.	
11.	Висновки	12.06.2025р.	

Студент: _____ / *Пилипців Святослав* /
(підпис)

Керівник роботи: _____ /д.т.н. проф. *Євген Пістун*
(підпис)

АНОТАЦІЯ

Обсяг пояснювальної записки – 116 сторінки, кількість ілюстрацій - 79, кількість таблиць – 11, кількість використаних джерел – 24, кількість графічних плакатів – 4.

Об’єктом дослідження бакалаврської кваліфікаційної роботи є процес кондиціонування повітря у приміщеннях адміністративно-побутового комплексу.

Предметом дослідження є система автоматизації процесу кондиціонування повітря у приміщеннях адміністративно-побутового комплексу.

Метою дослідження є розроблення системи автоматизації для керування системою кондиціонування повітря в приміщенні адміністративно побутового комплексу.

У першому розділі цієї бакалаврської кваліфікаційної роботи проведено збір і аналіз літературних джерел з розробки систем вентиляції та кондиціонування, на основі зібраних матеріалів виконано опис технологічного процесу. Проведено аналіз та визначено фактори, що впливають на перебіг технологічного процесу, визначено номінальні значення параметрів керування для даного об’єкта. Складено технологічні карти апаратів, а також розроблені структурні схеми взаємозв’язків між технологічними параметрами.

У другому розділі проведено аналіз взаємозв’язків між параметрами об’єкта керування та розроблено функціональну схему автоматизації спрощеним способом.

У третьому розділі зроблено вибір технічних засобів автоматизації, обрано конфігурацію для мікропроцесорного програмного засобу автоматизації серії - Simtatc S7-300 виробництва компанії Siemens, а також описано конфігурацію сенсорної операторської HMI-панелі Simatic HMI TP 1900 серії Comfort та описано інструментарій необхідний для розробки проекту людино-машинного інтерфейсу для системи кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно-побутового комплексу.

У четвертому розділі розроблено функціональну схему автоматизації розгорнутим способом, яка представлена на графічному плакаті №1, описано контури функціонування системи автоматизації.

У п’ятому розділі розроблено алгоритми для програми та саму програму функціонування, яка представлена на графічному плакаті №2, для мікропроцесорного програмованого засобу автоматизації серії Simatic S7-300. А також, за допомогою функціоналу та інструментарію розроблено людино-машинний інтерфейс на базі операторської HMI- панелі Simatic HMI TP 1900 серії Comfort виробництва компанії Siemens, який представлений на графічному плакаті №3.

У шостому розділі розроблено принципову схему живлення модулів ПЛК, принципові електричні схеми з’єднань периферійних засобів автоматизації та принципову електричну схему приєднання людино-машинного інтерфейсу (операторської HMI-панелі). Загальна принципова схема електричних з’єднань зображена на графічному плакаті №4.

У сьомому розділі визначено небезпечні фактори під час впровадження та експлуатації системи, проведено розрахунок рівня шуму на припливно-витяжній секції вентиляторів. А також описано технічні рішення та засоби протипожежного захисту та пожежної сигналізації.

У восьмому розділі складено кошторис витрат на засоби автоматизації, обраховано вартість монтажу, транспортні та амортизаційні затрати, визначено вартість споживання електроенергії до та після впровадження системи автоматизації та на основі цих розрахунків визначено термін окупності для цієї системи.

ANOTATION

The volume of the explanatory note is 116 pages, the number of illustrations is 79, the number of tables is 11, the number of sources used is 24, the number of graphic posters is 4.

The object of the bachelor's qualification work is the process of air conditioning in the premises of the administrative and household complex.

The subject of the study is the automation system for the process of air conditioning in the premises of the administrative and household complex.

The purpose of the study is to develop an automation system for controlling the air conditioning system in the premises of the administrative and household complex.

In the first section of this bachelor's qualification work, a collection and analysis of literary sources on the development of ventilation and air conditioning systems was carried out, a description of the technological process was made based on the collected materials. The factors influencing the course of the technological process were analyzed and determined, the nominal values of the control parameters for this object were determined. Technological maps of the devices were drawn up, and structural diagrams of the relationships between technological parameters were developed.

In the second section, an analysis of the relationships between the parameters of the control object was carried out and a functional automation scheme was developed in a simplified manner.

In the third section, a selection of technical automation tools was made, a configuration was selected for the microprocessor-based automation software tool of the -Simatic S7-300 series manufactured by Siemens, and the configuration of the Simatic HMI TP 1900 Comfort series touch operator HMI panel was described and the tools necessary for developing a human-machine interface project for an air conditioning system in the premises of an administrative and residential complex were described.

In the fourth section, a functional automation scheme was developed in a detailed manner, which is presented on graphic poster No. 1, and the contours of the automation system operation are described.

In the fifth section, algorithms for the program and the operation program itself, which is presented on graphic poster No. 2, for the Simatic S7-300 series microprocessor-based programmable automation tool. Also, using the functionality and tools, a human-machine interface was developed based on the Simatic HMI TP 1900 Comfort series operator HMI panel manufactured by Siemens, which is presented on graphic poster No. 3.

In the sixth section, a schematic diagram of the power supply of PLC modules, schematic electrical diagrams of peripheral automation devices, and a schematic electrical diagram of connecting the human-machine interface (operator HMI panel) were developed. The general schematic diagram of electrical connections is shown on graphic poster No. 4.

In the seventh section, hazardous factors during the implementation and operation of the system were identified, and the noise level on the supply and exhaust section of the fans was calculated. Technical solutions and means of fire protection and fire alarm are also described.

The eighth section provides an estimate of the costs of automation equipment, calculates the cost of installation, transportation and depreciation costs, determines the cost of electricity consumption before and after the implementation of the automation system, and based on these calculations, determines the payback period for this system.

Зміст

ВСТУП..... 8
РОЗДІЛ 1АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ’ЄКТА КЕРУВАННЯ 10
1.1 Опис технологічного процесу..... 10
1.2 Аналіз факторів, що впливають на перебіг технологічного процесу 13
1.3 Матеріальний та тепловий баланси технологічного об'єкта 14
1.4 Обґрунтування номінальних значень параметрів технологічного процесу..... 16
1.5 Технологічні карти апаратів системи кондиціонування повітря 18
1.6 Складання структурних схем взаємозв’язків параметрів об’єктів керування.. 20
РОЗДІЛ 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 23
2.1 Аналіз характеристик взаємозв’язку між параметрами об’єкта керування..... 23
2.2 Обґрунтування та вибір координат регулювання, вимірювання, контролю, сигналізації, захисту та блокування 24
2.3 Визначення функціональних ознак системи автоматизації..... 27
2.4 Порівняльний аналіз існуючих схем керування та розроблення оптимальної функціональної схеми автоматизації спрощеним способом 27
РОЗДІЛ 3 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ..... 30
3.1 Вимірювальні перетворювачі та виконавчі механізми 30
3.1.1 Обґрунтування вибору вимірювальних перетворювачів та виконавчих механізмів..... 30
3.1.2 Технічні характеристики вибраних вимірювальних перетворювачів та виконавчих механізмів..... 32
3.2.1 Обґрунтування вибору мікропроцесорного програмованого засобу автоматизації та опис його технічних характеристик 40
3.2.2 Конфігурування мікропроцесорного програмованого засобу автоматизації 45
3.3. Засоби людино машинного інтерфейсу системи автоматизації..... 48

3.4. Специфікація технічних засобів автоматизації 64
РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗГОРНУТИМ СПОСОБОМ ТА ЇЇ ОПИС 67
РОЗДІЛ 5 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 71
5.1 Алгоритми функціонування контурів системи автоматизації 71
5.2 Програма функціонування мікропроцесорного програмованого засобу автоматизації 79
5.3 Розроблення людино-машинного інтерфейсу 83
РОЗДІЛ 6 ПРИНЦИПОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ З'ЄДНАНЬ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ 91
РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВПРОВАДЖЕНІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 95
7.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації системи кондиціонування повітря 95
7.2 Технічні рішення з гігєни прац та виробничої санітарії 96
7.2.1 Технічні рішення з гігєни прац та виробничої санітарії 97
7.2.2 Склад повітря робочої зони 99
7.2.3 Виробниче освітлення 99
7.2.4 Виробничий шум та вібрації 101
7.3 Пожежна безпека 103
7.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі 104
7.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту 104
РОЗДЛІ 8 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ 106
8.1 Розрахунок і обґрунтування витрат на здійснення заходів для автоматизації 106
8.2 Розрахунок амортизаційних відрахувань 109
8.3 Розрахунок впливу амортизації на техніко-економічні показники 109
ВИСНОВКИ 112
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ 114

ВСТУП

У сучасному світі з стрімким зростанням населення та інтенсивною урбанізацією з кожним днем в містах з’являються нові будівлі різного призначення, від складських та житлових до офісних та торгівельних комплексів. Неважливо від пори роки та погодних умов, сучасні реалії приводять до підвищення вимог до комфорту, безпеки та енергоефективності будівель. Особливої актуальності набуває питання створення оптимальних мікрокліматичних умов в приміщеннях де проживають, перебувають та працюють люди. Сьогодні одним із найпоширеніших засобів забезпечення комфортних умов праці та життєдіяльності є системи кондиціонування повітря повного циклу. Вони виконують підігрів, охолодження, очищення, зволоження та осушення повітря, що дозволяє підтримувати задані параметри температури, вологості, чистоти повітря та його циркуляції в замкнутих приміщеннях.

Особливу увагу варто звернути на приміщення адміністративно-побутового комплексу, в яких працює велика кількість людей, функціонують офісні приміщення, конференц-зали, технічні та сервісні зони. В таких приміщеннях стабільність мікроклімату безпосередньо впливає на продуктивність праці, самопочуття персоналу та відвідувачів, збереження нормального стану технічного обладнання. В традиційних системах кондиціонування зазвичай використовується ручне управління, а також такі системи задля спрощення виконують лише функцію підігріву або охолодження повітря в приміщенні, що дає малий ефект в умовах змінного навантаження та унеможливлює очистку повітря, що сприяє накопиченню шкідливих речовин в приміщенні.

Сучасний підхід до розробки та введення в експлуатацію систем кондиціонування передбачає використання різноманітних технічних засобів автоматизації, що дозволить підвищити точність регулювання, зменшити витрати енергоресурсів, уникнути ризиків пов’язаних з експлуатацію та полегшити технічне обслуговування таких систем. За рахунок автоматизації з’являється можливість інтегрувати в систему програмовано логічний контролер (ПЛК). За

його допомогою для такої системи автоматизації можна розробити програму функціонування, яка буде без людського втручання керувати системою. Проводити збір та аналіз даних про параметри в системі, приймати рішення для забезпечення необхідних, заданих параметрів мікроклімату. Захищати обладнання в системі від поломок, попереджати персонал про відхилення важливих параметрів, відображати наявність аварійних ситуацій.

Важливу роль для полегшення взаємодії з системою відіграє людино-машинний інтерфейс. За його рахунок система стає більш зручною для персоналу, який буде з нею взаємодіяти в плані керування, відслідковування параметрів і т.д. В оператора з’являється можливість в реальному часі відслідковувати перебіг технологічного процесу, відслідковувати поточні значення температур, перепаду тиску на фільтрах та інших параметрів. На панелі можливо реалізувати відображення стану окремих елементів системи (вентиляторів, клапанів, теплообмінників тощо). З’являється можливість реалізації ручного та автоматичного керування, що дозволяє оператору зробити поправки в системі, які не вдається зробити в автоматичному режимі.

За рахунок вбудованого функціоналу архівування і моніторингу, параметри системи можна переглядати на історичних графіках (трендах) та створювати архіви для передачі цих даних в інші системи. Також є можливість реалізувати аварійну сигналізацію та повідомлення, виведення текстових повідомлень з поясненням причин відхилень.

У цій кваліфікаційній роботі розглянуто розроблено систему автоматизації процесу кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно-побутового комплексу. Основою системи автоматизації є мікропроцесорний контролер серії Simatic S7-300 та засоби людино-машинного інтерфейсу. Для розроблення програмного забезпечення системи автоматизації застосовано сучасне програмне забезпечення Totally Integrated Portal (TIA Portal).

РОЗДІЛ 1АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1 Опис технологічного процесу

Система кондиціонування повітря – це комплекс обладнання, призначений для створення, підтримання і регулювання необхідних параметрів повітря у приміщеннях. Основними параметрами в такій системі є температура, вологість, кратність повітрообміну, чистота повітря, вміст CO2. Експлуатація даної автоматизованої системи не передбачає постійного нагляду за її роботою. Обслуговуючий персонал лише проводить огляд та обслуговує обладнання в цій системі: заміну фільтрів, перевірку цілісності повітропроводів, теплообмінників, стан двигунів вентиляторів на лініях, справність запірної арматури на магістралях подачі тепло та холодоносія. Стандартними теплоносіями в цій системі є гаряча вода та гліколь (суміш води і спирту). В залежності від концентрації гліколю та вмісту додаткових складників ця суміш може не замерзати при дуже низьких температурах.

При встановлені системи кондиціонування повного циклу значно полегшується завдання підтримання температури незалежно від пори року, зимою повітря підігрівається за рахунок теплообмінника з додатковою участю рекуператора який за рахунок витяжного повітря видаленого з приміщення підігріває вхідне повітря ще до нагріву в теплообміннику, що суттєво економить енергоносії та зменшує економічні витрати.

Основним документом в Україні який регламентує умови та правила проектування, монтажу і експлуатації систем вентиляції та кондиціонування в будівлях та спорудах є ДБН В2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування" [1]. Загальними вимогами цього ДБН є забезпечення нормативних параметрів мікроклімату (температури, вологості повітря, кратності повітрообміну), системи вентиляції та кондиціонування мають бути безпечними, енергоефективними та легкими в обслуговуванні, мають підтримувати низький

рівень шуму в приміщеннях. Згідно цього документу кратність повітрообміну має бути не меншою ніж[1]:

Для житлових приміщень: 0,5–1,0 обмінів на годину

Для санвузлів: 25 м³/год на кожне місце користування.

Для кухонь: 60–90 м³/год на одну плиту (газову чи електричну).

Для офісів: 60 м³/год на одного працівника.

В залежності від пори року температурно-вологісний режим повинен бути в межах [1]:

Житлові приміщення в опалювальний період:

Температура: +18…+22 °C

Відносна вологість: 30–45%

Влітку:

Температура не вище +26 °C при відносній вологості до 60%.

В приміщеннях де не можна забезпечити комфорт лише вентиляцією наприклад серверні, середні та великі конференц-зали обов’язково повинно бути реалізоване кондиціонування повітря. У вологих, забруднених або гарячих приміщеннях обов’язкова наявність витяжної вентиляції. Також в обов’язковому порядку у громадських будівлях, багатоповерхівках та торгівельно-розважальних комплексах мають бути системи проти димного захисту, в евакуаційних шляхах реалізується підпір повітря з збільшеним тиском що унеможливлює попадання диму [1].

У цій роботі розглянуто систему кондиціонування перехресним рекуператором, охолоджувачем та теплообмінником продуктивністю 1600-1650 $м^3$/год. За рахунок простоти в проектуванні та монтажі такої системи значно скорочуються фінансові витрати та час необхідний для введення цієї системи в експлуатацію. Система кондиціонування комплектується всіма необхідними технологічними апаратами для підтримування температури повітря, забезпечення легкого та безпечного обслуговування вузлів даної системи та автоматичного захисту обладнання в різних ситуаціях. В цій системі реалізовано перехресний

рекуператор та можливість байпасування повітря при невідповідних температурних умовах.

До складу цієї установки входять такі вузли та обладнання:

- повітряні жалюзі на вході припливного та виході витяжного повітропроводу;
- повітряні фільтри на припливній та витяжній лініях;
- перехресний рекуператор та байпасний шлях, який реалізується автоматично керованими жалюзями;
- припливний та витяжний вентилятор;
- теплообмінник необхідний для підігріву повітря в зимовий період;
- охолоджувач, який охолоджує повітря в літній період;
- циркуляційні насоси які підтримують стабільну подачу тепло та холодоносія;
- інше допоміжне обладнання, яке захищає вузли системи в нештатних ситуаціях;

На рисунку 1.1 представлено структурну схему даної системи кондиціонування.

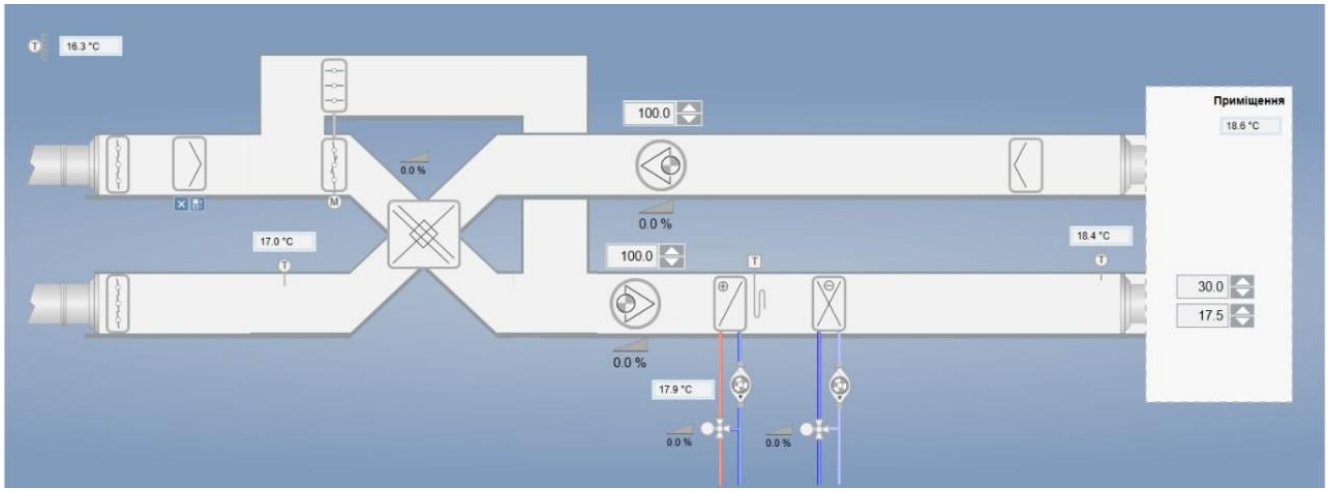


Рисунок 1.1 Структурна схема системи кондиціонування повітря з перехресним рекуператором

1.2 Аналіз факторів, що впливають на перебіг технологічного процесу

Температура зовнішнього повітря.

Вхідне повітря відбирається з вулиці проходить через фільтр і в залежності від завдання проходить через рекуператор або обходить його по байпасному каналу, напряму подаючи його в охолоджувач або теплообмінник. Отже, температура зовнішнього повітря буде впливати на температуру повітря в приміщенні.

Температура повітря в приміщенні.

В залежності від завдання повітря з приміщення підігріває вхідне (зовнішнє повітря) в перехресному рекуператорі. Отже, температура повітря в приміщенні буде впливати на температуру повітря після рекуператора.

Температура гарячої води в теплообміннику.

В залежності від температури теплоносія, який подають з тепломережі на вхід теплообмінника, змінюється час та інтенсивність нагрівання повітря, яке проходить через цей теплообмінник.

Температура гліколю в охолоджувачі.

В залежності від температури гліколю, який подають мережі на вхід в охолоджувач, змінюється час та інтенсивність охолодження повітря, яке проходить через цей агрегат.

Витрата повітря в системі.

В залежності від витрати повітря у витяжній та припливній лінії змінюється, час регулювання температури в приміщенні. У цій системі витрата повітря задається припливним та витяжним вентилятором і є незмінною.

Витрата холодоносія.

В залежності від витрати холодоносія на вході в охолоджувач змінюється температура припливного повітря де від нього забирається зайве тепло.

Витрата теплоносія.

В залежності від витрати теплоносія на вході в теплообмінник змінюється температура припливного повітря, яке догрівається до заданого значення.

1.3 Матеріальний та тепловий баланси технологічного об'єкта

Технологічний процес нагрівання повітря з витратою G_2 (вхідного повітря) та температурою t'_2 до температури t''_2 за допомогою теплоносія з витратою G_1 з незмінною вхідною температурою t'_1 та агрегатним станом.

Мета перебігу процесу: підтримання t''_2 на рівні $t_{зад}$.

Математичний опис стаціонарного теплообмінника виконано на основі схеми теплообмінного апарату типу “труба” в “трубі” [2], зображеного на рисунку 1.2.

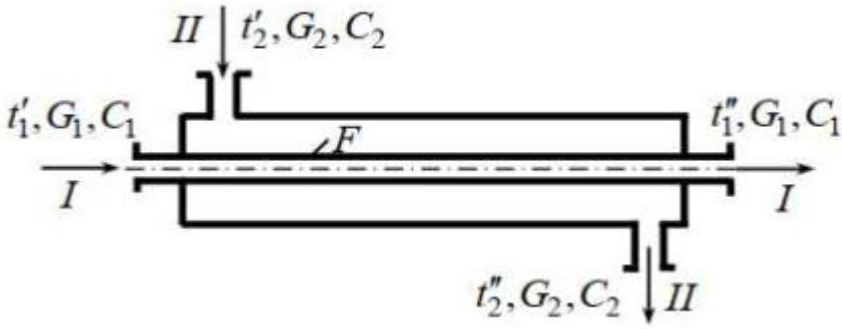


Рисунок 1.2 Принципова схема теплообмінного апарату типу “труба” в “трубі”

Рівняння теплового балансу для цього теплообмінника виглядає наступним чином[2]:

$$Q = G_1 * C_1(t'_1 - t''_2)\,\eta_n = G_2 * C_2(t''_2 - t'_1) \qquad (\mathbf{1.1});$$

Де Q - теплова продуктивність,Вт; G_1та G_2 -витрати теплоносіїв з незмінним агрегатним станом, м3/год; C_1та C_2 – теплоємність теплоносіїв, Дж/(кг*К); t_1та t_2 – температура теплоносіїв, °С; η_n – коефіцієнт, що враховує втрати теплоти апаратом в навколишнє середовище;

На основі формули (1.1) визначають витрати теплоносіїв для теплообміну без зміни агрегатних станів теплоносіїв:

$$G_1 = \frac{Q}{C_1(t'_1 - t''_2)\,\eta_n} \text{ та } G_1 = \frac{Q}{C_2(t'_1 - t''_2)\,\eta_n} \qquad (\mathbf{1.2});$$

Поверхню нагріву теплообмінника визначають з рівняння передачі:

$$\mathrm{Q} = \mathrm{k} * \mathrm{F} * \Delta \mathrm{t}_{\text{сер}} \qquad (\mathbf{1.3});$$

Де k – коефіцієнт теплопередачі, Вт/(м^2 *°С);

F – площа поверхні теплообміну, м^2;

$\Delta t_{сер}$ – середній по поверхні температурний напір між теплоносіями, °С;

На практиці зустрічаються різні схеми руху гарячих і холодних теплоносіїв, їхній рух може бути спрямований у різних векторах течії [2]. Схеми руху теплоносіїв зображено на рисунку 1.3.

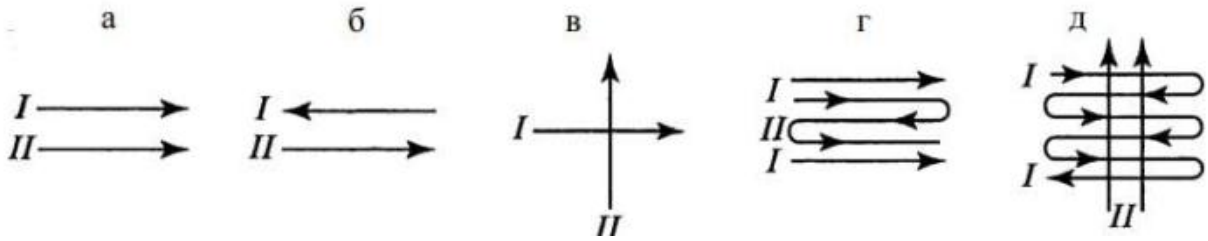


Рисунок 1.3 Схеми руху теплоносіїв в теплообмінниках: а – прямотечія; б – протитечія; в – перехресна течія; г – одночасно пряма та протитечія: д – багаторазово перехресна течія;

В даній системі кондиціонування, у всіх апаратах в яких відбувається теплообмін: перехресний рекуператор, нагрівач (теплообмінник) та охолоджувач теплоносії рухаються по схемі перехресної течії.

Для визначення зміни температур робочих рідин (середній температурний напір) для апаратів з перехресною течією спочатку визначають середньо логарифмічний температурний напір за формулою (1.4):

$$\Delta t_{сер} = \frac{\Delta t_б - \Delta t_м}{\ln \frac{\Delta t_б}{\Delta t_м}}. \quad (1.4);$$

Потім обчислюють допоміжні величини P і R за формулами[2]:

$$P = \frac{t_2'' - t_2'}{t_1' - t_2'}, \quad (1.5);$$

$$R = \frac{t_1' - t_1''}{t_2'' - t_2'}. \quad (1.6);$$

Всі позначення у формулах (1.4)-(1.6) відповідають позначенням, прийняти у [2].

За розрахованими значеннями P і R за допомогою спеціального допоміжного графіку, який зображений на рисунку 1.4, береться поправка $\varepsilon\Delta t = f(P, R)$.

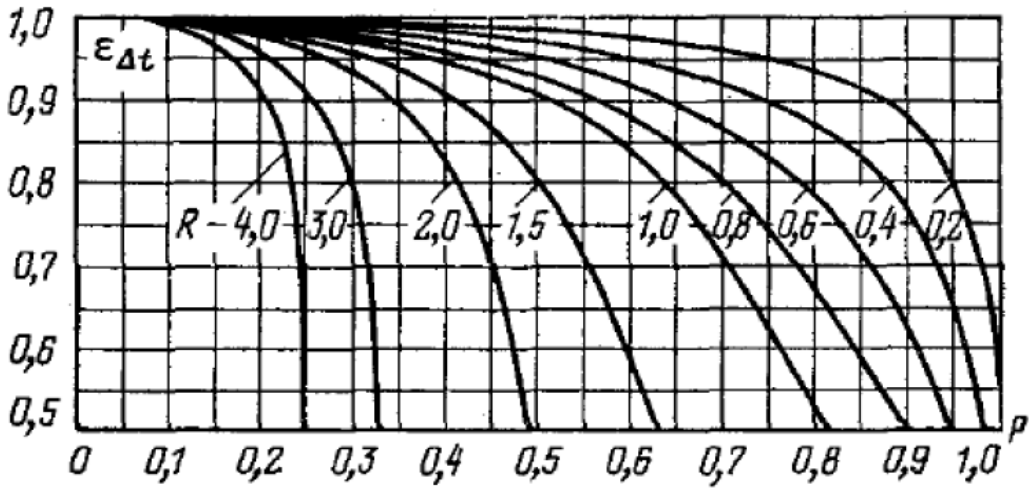


Рисунок 1.4 Графік для визначення поправки $\varepsilon\Delta t$ для апаратів з перехресною течією

Середній температурний напір розраховують за формулою (1.7):

$$\Delta t_{\text{сер}}^{\text{ЛГ}} = \Delta t_{\text{ср}} \varepsilon_{\Delta t}, \qquad (\mathbf{1.7});$$

де $\Delta t_{\text{ср}}$ – середньо логарифмічний температурний напір теплообмінника, який визначається за формулою (1.4).

1.4 Обґрунтування номінальних значень параметрів технологічного процесу

Система кондиціонування повітря повинна забезпечити підтримання оптимальних мікрокліматичних умов у відповідності до вимог ДСН 3.3.6.042-99 «Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [3] та ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [1].

Основними параметрами технологічно процесу кондиціонування є температура, вологість та швидкість руху повітря, кратність повітрообміну. Для офісних і побутових приміщень у теплий період року нормативна температура повітря становить 23–25 °С, з допустимим відхиленням не більше ±2 °С. В холодний період року 21–23 °С, з такими ж допустимими відхиленнями. Такий температурний діапазон сприяє підвищенню працездатності персоналу і забезпечує відповідність до норм теплового комфорту [3].

Ще одним важливим параметром даного технологічного процесу є кратність повітрообміну, яка визначає кількість повного оновлення повітряного об’єму приміщення за одиницю часу (зазвичай за годину). Згідно з ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [1] та ДСН 3.3.6.042-99[3], для адміністративно-побутових приміщень нормативна кратність повітрообміну становить від 1 до 3 кратності/год, залежно від призначення конкретного приміщення (наприклад, для кабінетів — не менше 1,0, для кімнат відпочинку — 1,5, для санвузлів — до 5,0). Дотримання цих значень гарантує ефективне видалення надлишків тепла, вологи, вуглекислого газу та інших шкідливих речовин, а також забезпечує надходження необхідної кількості свіжого повітря для підтримання здорових умов праці та перебування персоналу. Усі процеси повітрообміну в системі кондиціонування реалізуються через припливно-витяжну вентиляцію з можливістю рекуперації тепла.

Відносна вологість повітря повинна підтримуватись у межах 40–60%, що дозволяє уникнути пересихання слизових оболонок, зниження концентрації працівників та запобігає надмірному утворенню статичної електрики. Допустиме відхилення по вологості становить ±5% [3].

Швидкість руху повітря в зоні перебування людей не повинна перевищувати 0,2–0,3 м/с, оскільки вищі значення можуть викликати відчуття перетягу та теплового дискомфорту, особливо в умовах високої вологості [3].

Згідно з ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» [1], при проектуванні систем кондиціонування також необхідно враховувати граничні рівні шуму та вібрації. Допустимий рівень звукового тиску в офісних приміщеннях не повинен перевищувати 65 дБА, що забезпечується вибором обладнання з низьким рівнем шуму та його правильним розміщенням.

Для основних параметрів системи кондиціонування повітря встановлено допустимі відхилення відносно номінальних значень які наведені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Допустимі відхилення основних параметрів системи кондиціонування повітря [3]

Параметр	Номінальне значення	Допустиме відхилення параметра	Допустиме відхилення вимірювання
Температура повітря в приміщенні	21-25°C (в залежності від сезону)	±2°C	±0,5°C
Відносна вологість повітря	40-60%	±5%	±3%
Швидкість руху повітря	0,1-0,3 м/с	До 0,1 м/с	±0,05 м/с
Кратність повітрообміну	1-3 кратності/год (залежно від типу приміщення)	±10%	±5%

1.5 Технологічні карти апаратів системи кондиціонування повітря

Таблиця 1.2

Технологічна карта перехресного рекуператора

№ п/п	Назва параметру	Одиниця Вимірювання	Номінальне значення
1	Витрата повітря	$м^3$/год	1650
2	Мінімальна температура на вході	°C	-19
3	Ефективна потужність	кВт	14,6

Таблиця 1.3

Технологічна карта припливно-витяжної секції вентиляторів

№ п/п	Назва параметру	Одиниця вимірювання	Номінальне значення
1	Витрата повітря	$м^3$/год	1815
2	Номінальна потужність двигунів	кВт	2,5
3	Швидкість обертання вентиляторів	обр/хв	2485
4	Перепад тиску на фільтрах	Па	40

Таблиця 1.4

Технологічна карта водяного нагрівача

№ п/п	Назва параметру	Одиниця вимірювання	Номінальне значення
1	Температура повітря на вході	°С	7,5
2	Температура повітря на виході	°С	22
3	Температура теплоносія на вході	°С	70
4	Температура теплоносія на виході	°С	50
5	Ефективна потужність	°С	8

Таблиця 1.5

Технологічна карта охолоджувача

№ п/п	Назва параметру	Одиниця вимірювання	Номінальне значення
1	Температура повітря на вході	°С	32
2	Температура повітря на виході	°С	16
3	Температура холодоносія на вході	°С	9
4	Температура теплоносія на виході	°С	14
5	Ефективна потужність	°С	13,9

1.6 Складання структурних схем взаємозв'язків параметрів об'єктів керування

Спрощена схема зв'язків між вхідними та вихідними величинами системи кондиціонування повітря представлена на рисунку 1.5.

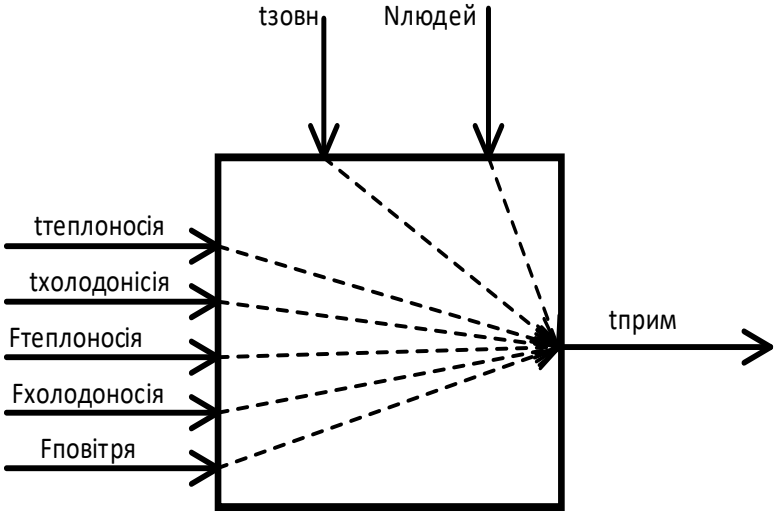


Рисунок 1.5. Структурну схема взаємозв'язку технологічних параметрів і факторів

На рисунку 1.5 застосовано такі позначення:

$F_{теплоносія}$ – витрата теплоносія на вході в теплообмінник;

$F_{холодоносія}$ – витрата холодоносія на вході в охолоджувач;

$F_{повітря}$ – витрата повітря;

$t_{зовн}$ – температура повітря на вході в систему;

$t_{теплоносія}$ – температура теплоносія;

$t_{холодоносія}$ – температура холодоносія;

$N_{людей}$ – кількість людей в приміщенні;

$t_{приміщення}$ – температура повітря в приміщенні;

Структурні схеми взаємозв'язку параметрів теплообмінника та охолоджувача представлені на рисунку 1.6 та 1.7.

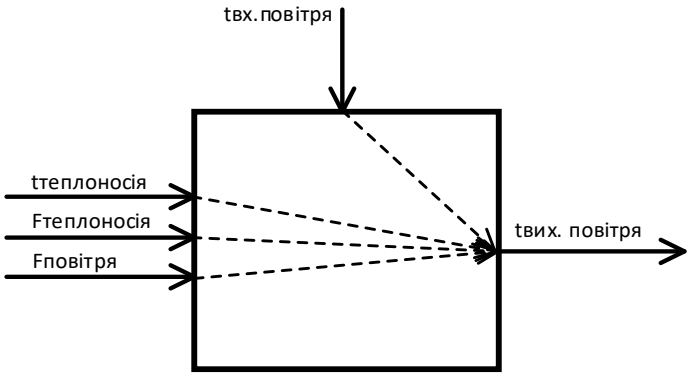


Рисунок 1.6 Схема взаємозв'язку між технологічними параметрами теплообмінника

На рисунку 1.6 застосовано такі позначення:

$t_{теплоносія}$ – температура теплоносія;

$F_{теплоносія}$ – витрата теплоносія на вході в теплообмінник;

$F_{повітря}$ – витрата повітря на вході в теплообмінник;

$t_{вх.\ повітря}$ – температура повітря на вході в теплообмінник;

$t_{вих.\ повітря}$ – температура повітря на виході з теплообмінника.

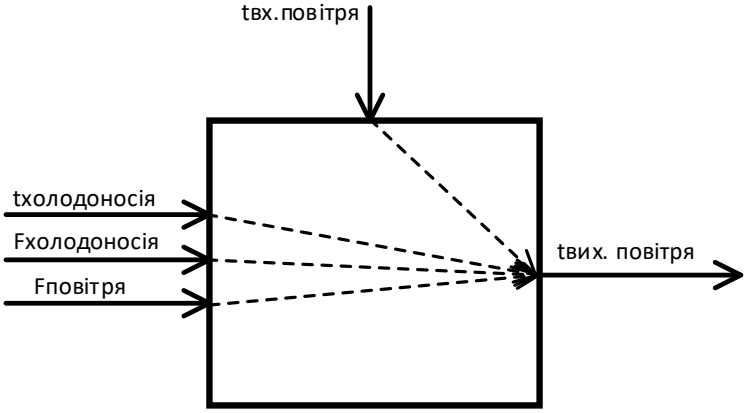


Рисунок 1.7 Схема взаємозв'язку між технологічними параметрами охолоджувача

На рисунку 1.7 застосовано такі позначення:

$t_{холодоносія}$ – температура теплоносія;

$F_{холодоносія}$ – витрата теплоносія на вході в теплообмінник;

$F_{повітря}$ – витрата повітря на вході в теплообмінник;

$t_{вх.\ повітря}$ – температура повітря на вході в охолоджувач;

$t_{вих.\ повітря}$ – температура повітря на виході з охолоджувача.

Висновки до розділу 1.

Під час виконання першого розділу бакалаврської кваліфікаційної роботи виконано такі завдання: проведено збір і аналіз літературних джерел; за допомогою зібраних матеріалів виконано опис технологічного процесу, проведено аналіз факторів які впливають на перебіг технологічного процесу, визначено номінальні значення параметрів керування для даного об’єкта. Складено технологічні карти апаратів, що входять до складу процесу, а також розроблено структурні схеми взаємозв’язків між технологічними параметрами.

РОЗДІЛ 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Аналіз характеристик взаємозв’язку між параметрами об’єкта керування

Зв'язки між параметрами системи кондиціонування повітря можна розглядати через вплив кожного компонента на інші та на загальну ефективність роботи системи. Основні параметри, які мають взаємозв’язок, — це температури повітря (зовнішнього, внутрішнього, припливного, витяжного), витрата повітря, теплова потужність нагрівача(теплообмінника) та охолоджувача, а також ефективність рекуперації.

У системі з припливом і витяжкою першочергову роль відіграє перехресний рекуператор. Він забезпечує відбір тепла від теплого витяжного повітря та передачу його до холодного припливного. Це дозволяє зменшити навантаження на нагрівач або охолоджувач, залежно від пори року. Якщо зовнішнє повітря холодне, рекуператор попередньо нагріває його, перш ніж воно потрапить у теплообмінник для остаточного підігріву.

Температура витяжного повітря безпосередньо впливає на ефективність роботи рекуператора. Чим вища температура витяжного повітря, тим більше тепла можна передати припливному потоку. Якщо ж витяжне повітря холодне (наприклад, при недостатньому нагріві в приміщенні), рекуператор блокується і по байпасній лінії повітря подається напряму в теплообмінник для уникнення додаткових затрат енергоносіїв.

Теплообмінник для нагріву вступає в роботу у випадках, коли тепла, що передається через рекуператор, недостатньо для досягнення комфортної температури в приміщенні. Він догріває припливне повітря до заданої температури. Його потужність залежить від температури зовнішнього повітря, температури теплоносія і його витрати, ефективності рекуперації та заданої температури в приміщенні.

У літній період система працює навпаки: припливне повітря охолоджується. Якщо зовнішнє повітря дуже тепле, рекуператор може частково охолодити його за рахунок витяжного прохолоднішого повітря з приміщення. Якщо цього недостатньо, підключається охолоджувач, який знижує температуру припливного повітря до необхідного значення.

Витрата повітря також має значення. Зі збільшенням витрати зростає кількість теплоти, яку потрібно передати або відвести. Це збільшує навантаження на теплообмінники та рекуператор. Надмірна витрата може призвести до недостатнього прогріву або охолодження повітря, якщо компоненти системи не розраховані на такі потоки.

Загалом, усі елементи системи пов’язані між собою: зміна одного параметра — температури, витрати повітря чи ефективності рекуперації — впливає на роботу інших. Для забезпечення стабільного мікроклімату система керування постійно відстежує ці параметри та регулює роботу виконавчих елементів.

2.2 Обґрунтування та вибір координат регулювання, вимірювання, контролю, сигналізації, захисту та блокування

Система кондиціонування повітря повинна забезпечувати підтримку заданої температури, чистоти повітря та відносної вологості. З огляду на це, необхідно передбачити оптимальний набір координат вимірювання, контролю, сигналізації, захисту та регулювання у відповідності до технологічного процесу підготовки повітря.

Для досягнення оптимальної ефективності та точності системи керування, засоби вимірювання потрібно розташувати у відповідних точках. Наприклад, давачі температури на вході в систему та в приміщенні дозволять контролювати температурний режим та підібрати чіткий алгоритм дій в системі для його підтримання. Коректне розташування давачів дозволить відстежувати стан і параметри системи, дозволить виявляти можливі несправності або відхилення в роботі, сповіщати про проблеми та приймати відповідні заходи. Наприклад, вимірювання перепаду тиску на фільтрі, допоможе попередити його засмічення.

Для зручності та ефективності може бути реалізована індикація про стан фільтра. Це дозволяє операторам передбачати і спланувати вчасний технічний огляд системи, вчасно очистити або замінити фільтр.

При виборі координат вимірювання, контролю, сигналізації, індикації, захисту, блокування та регулювання слід враховувати специфіку будови системи кондиціонування, її розмір, типи теплообмінників, рекуператора, вентиляторів, насосів та особливості перебігу процесу з урахуванням безпекових норм. Консультація з фахівцями та чітке дотримання рекомендацій виробника задіяного обладнання є важливими кроками для правильного вибору координат і забезпечення надійної та стабільної роботи системи.

Автоматизація системи кондиціонування має бути добре спланованою, вона повинна передбачати контроль та регулювання таких параметрів: температура зовнішнього повітря, температура в приміщенні, витрата теплоносія, витрата холодоносія, температура рекуператора, перепад тиску на фільтрах, а також температура теплообмінника в зимовий період.

В системі автоматизації потрібно передбачити дистанційний запуск та зупинку системи. Після подачі оператором команди зі щита управління система повинна сформувати команди для почергового увімкнення всіх необхідних вузлів і підготовки системи кондиціонування повітря до запуску.

Окрім цього в системі необхідно реалізувати автоматичне керування рекуператором, для цього потрібно реалізувати контроль вхідної температури (зовнішнього повітря) та температури повітря в приміщенні. В залежності від режиму роботи системи кондиціонування (зима або літо) відбувається порівняння температур і при виконанні умов рекуператор вступає в роботу або при не виконанні умов повітря йде в обхід нього по байпасній лінії. Також, потрібно передбачити захист рекуператора від замерзання.

В режимі зима необхідно реалізувати автоматичне регулювання температури в приміщенні за рахунок порівняння температури після теплообмінника і температури в приміщенні. За результатами порівняння формується сигнал, який

вмикає циркуляційний насос на магістралі подачі теплоносія і подає сигнал на регулятор витрати теплоносія. Регулятор діє на триходовий клапан, змінюючи витрату теплоносія, і таким чином підтримує необхідну температуру припливу, яка в свою чергу вже нагріває повітря в приміщенні.

Окрім цього, необхідно реалізувати захист теплообмінника від замерзання за допомогою примусового увімкнення циркуляційного насосу для циркуляції теплоносія не залежно від роботи теплообмінника і системи.

В режимі літо необхідно реалізувати автоматичне регулювання температури в приміщенні за допомогою порівняння температури після охолоджувача і температури в приміщенні. За результатами порівняння формується сигнал, який вмикає циркуляційний насос на магістралі подачі холодоносія і подає сигнал на регулятор витрати холодоносія. Регулятор діє на триходовий клапан, змінюючи витрату холодоносія, і таким чином підтримує необхідну температуру припливу, яка в свою чергу вже охолоджує повітря в приміщенні.

Для реалізації індикації аварії перепаду тиску на фільтрах необхідно реалізувати контроль перепаду тиску на фільтрах за допомогою давача, якщо значення перевищило певний рівень, вмикається індикація аварії перепаду тиску на фільтрах.

2.3 Визначення функціональних ознак системи автоматизації

Таблиця 2.1

Функціональні ознаки системи автоматизації

№ п/п	Обсяг автоматизації / Параметр	Показ	Реєстрація	Сигналізація	Захист	Автоматичне регулювання
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1.	Температура первинного повітря	+	+			
2.	Температура в приміщенні	+	+			
3.	Температура на виході з теплообмінника	+	+			+
4.	Температура на виході з охолоджувача	+	+			+
5.	Температура теплообмінника				+	
6.	Перепад тиску на фільтрі припливної лінії	+	+	+		
7.	Перепад тиску на фільтрі витяжної лінії	+	+	+		

2.4 Порівняльний аналіз існуючих схем керування та розроблення оптимальної функціональної схеми автоматизації спрощеним способом

Наразі існує кілька різних схем автоматизації системи кондиціонування, кожна з яких має свої переваги і недоліки. Серед них є прості схеми з одним контуром, які включають базові елементи автоматизації, такі як датчики температури та тиску, контролер і актуатори. Вони є відносно простими у реалізації та експлуатації, але обмежені у своїх можливостях. Такі системи зазвичай діють тільки на один потік: припливний або витяжний, а також повітря підлягає тільки нагріванню або охолодженню.

Багатоконтурні ж системи мають дуже великий діапазон можливостей за рахунок багатоконтурного управління. Такі системи одночасно можуть регулювати, контролювати і сигналізувати багато параметрів та мають глибокі функціональні можливості в порівнянні з одно контурними системами. Як приклад така система може проводити аналіз температур, самостійно підключати необхідні вузли для підтримання заданого параметру. Також є можливість інтегрувати в систему індикацію і сигналізацію усіх важливих параметрів, що в свою чергу дасть краще розуміння технічного стану системи і перебігу технологічного процесу.

У цій бакалаврській роботі розроблено багатоконтурну систему керування процесом кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно-побутового комплексу, функціональна схема автоматизації якої зображена на рисунку 2.1. У цій функціональній схемі розроблено наступні контури вимірювання, регулювання, сигналізації та захисту:

Контур 1. Дискретне керування пуском і зупинкою системи.

Контур 2. Дискретне керування роботою та захист рекуператора.

Контур 3,4. Сигналізація перепаду тиску на фільтрах припливної і витяжної лінії.

Контур 5. Регулювання температури в приміщенні в режимі зима і захист теплообмінника від замерзання.

Контур 6. Регулювання температури в приміщенні в режимі літо.

Висновки до розділу 2.

В ході виконання другого розділу бакалаврської кваліфікаційної роботи виконані такі завдання: проведено аналіз взаємозв’язків між параметрами об’єкта керування, визначено координати для регулювання, вимірювання, контролю, сигналізації та захисту. Визначено функціональні ознаки для обраної системи автоматизації та проведено аналіз існуючих схем керування. На основі зібраних матеріалів розроблено функціональну схему автоматизації спрощеним способом.

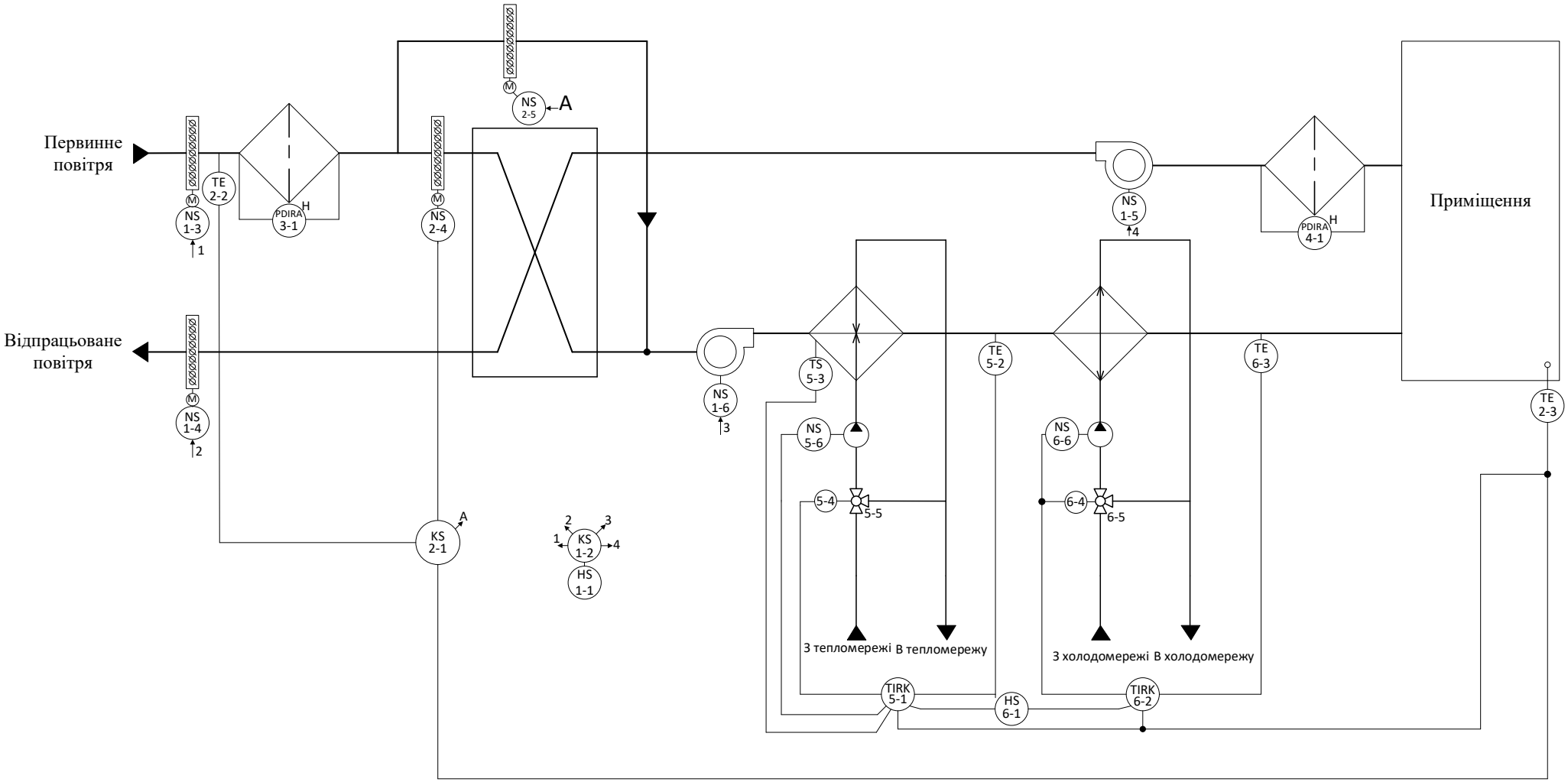


Рисунок 2.1 Спрощена функціональна схема автоматизації

РОЗДІЛ 3 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вимірювальні перетворювачі та виконавчі механізми

3.1.1 Обґрунтування вибору вимірювальних перетворювачів та виконавчих механізмів

Контур 1. Дискретне керування пуском і зупинкою системи.

Пуск і зупинка системи відбувається за допомогою перемикача “0-1” типу XB5AD23, при зміні положення якого сигнал поступає на мікропроцесорний контролер Simatic S7-300, який згідно програми функціонування подає сигнал на обертові серводвигуни NAFA 1-05 (S1) для відкривання/закривання жалюзі на вході та виході з системи. А також сигнал поступає на котушки електромагнітних пускачів типу CEM9.10-24V-DC, які вмикають електроприводи вентиляторів на припливній та витяжній лініях.

Контур 2. Дискретне керування роботою та захист рекуператора.

Температура первинного повітря вимірюється за допомогою первинного перетворювача температури IFM типу TA2437, а в приміщенні за допомогою первинного перетворювача температури типу THD-R-C. Виміряні значення температур поступають на мікропроцесорний контролер Simatic S7-300, який згідно програми функціонування подає сигнал на серводвигуни типу NAFA 1-05 (S1), які закривають/відкривають жалюзі перед рекуператором, водночас відкривають/закривають жалюзі на байпасній лінії.

Контур 3,4. Сигналізація перепаду тиску на фільтрах припливної і витяжної лінії.

Різниця тисків на фільтрах припливної та витяжної лінії вимірюються за допомогою давачів диференційного тиску повітря Belimo типу 22ADP-18Q S0, сигнали з яких поступають на мікропроцесорний контролер Simatic S7-300, який згідно програми функціонування подає сигнали на сигнальні лампи типу XA2EVB4LC червоного кольору з напругою живлення 24В AC/DC.

Контур 5. Регулювання температури в приміщенні в режимі зима і захист теплообмінника від замерзання.

Температура в приміщенні вимірюється за допомогою первинного перетворювача температури типу THD-R-C, а також на виході з теплообмінника за допомогою первинного перетворювача температури IFM типу TA2437. Виміряні значення температур поступають на мікропроцесорний контролер Simatic S7-300, який згідно програми функціонування в режимі зима (режим задається перемикачем “0-1” типу XB5AD23 (зима/літо)). Контролер подає сигнал на виконавчий механізм типу NABM 1.2-10 (S1). Виконавчий механізм змінює положення триходового клапана типу NVCB 7000 та змінює витрату теплоносія. А також контролер формує сигнал на котушку електромагнітного пускача типу RD 20-20, який вмикає електропривід циркуляційного насосу Wilo-Star-RS.

Також передбачений захист теплообмінника від замерзання. При спрацюванні термостата захисту від замороження Belimo типу 01DTS-1, сигнал з якого поступає на мікропроцесорний контролер Simatic S7-300, який згідно програми функціонування формує сигнал на котушку електромагнітного пускача типу RD 20-20, який вмикає електропривід циркуляційного насосу Wilo-Star-RS.

Контур 6. Регулювання температури в приміщенні в режимі літо.

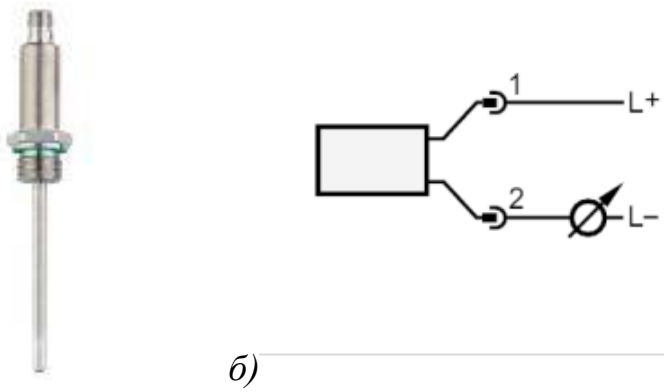
Температура в приміщенні вимірюється за допомогою первинного перетворювача температури типу THD-R-C, а також на виході з охолоджувача за допомогою первинного перетворювача температури IFM типу TA2437. Виміряні значення температур поступають на мікропроцесорний контролер Simatic S7-300 який згідно програми функціонування в режимі літо (Режим задається перемикачем “0-1” типу XB5AD23 (зима/літо)). Контролер подає сигнал на виконавчий механізм типу NABM 1.2-10 (S1). Виконавчий механізм змінює положення триходового клапану типу NVCB 7000 та змінює витрату холодоносія. А також контролер формує сигнал на котушку електромагнітного пускача типу RD 20-20, який вмикає електропривід циркуляційного насосу Wilo-Star-RS.

3.1.2 Технічні характеристики вибраних вимірювальних перетворювачів та виконавчих механізмів

Вибір технічних засобів автоматизації базується на технічних характеристиках та технологічних параметрах системи кондиціонування повітря.

Первинний перетворювач температури IFM типу TA2437 (TA-100CLER12-A-ZVG/US) [4]

Первинний перетворювач температури TA2437 призначений для вимірювання температури вхідного повітря, повітря на виході з теплообмінника, повітря на виході з охолоджувача. Діапазон вимірювання -50÷150°С, вихідний аналоговий сигналом 4÷20мА, точність вимірювання ±0,55°С. Зовнішній вигляд та принципова схема підключення зображенні на рисунку 3.1.

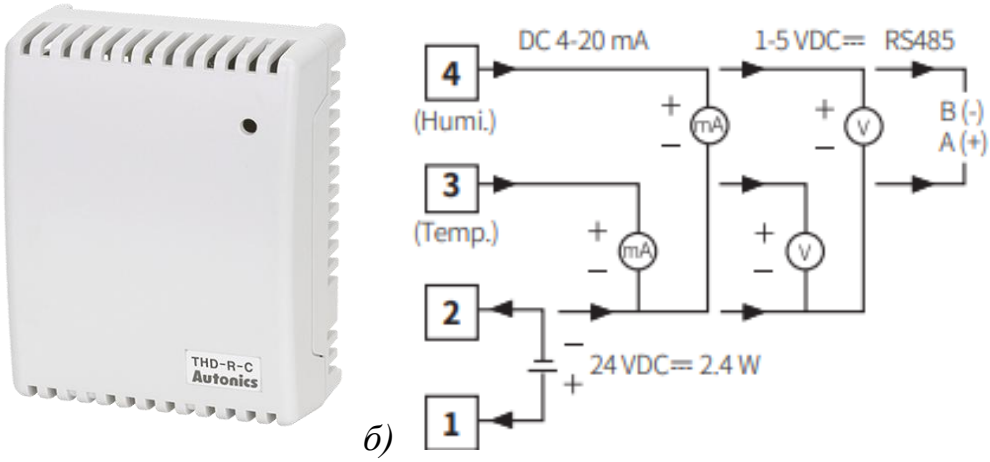


а) *б)*

Рисунок 3.1. Первинний перетворювач температури IFM TA2437:
а) зовнішній вигляд; б) принципова схема підключення

Первинний перетворювач температури та вологості THD-R-C AUTONICS [5]

Первинний перетворювач температури та вологості THD-R-C призначений для вимірювання температури в приміщенні з межами вимірювання -19÷60°С та вологості в межах 0÷99.9 % RH. Для даної моделі точність вимірювання вологості складає ±3% RH, точність вимірювання температури ±0.8°С. Виміряні значення вологості та температури можуть передаватись через інтерфейс ModBUS (RS485) або через аналоговий сигнал 4-20 мА. Зовнішній вигляд та принципова схема підключення зображенні на рисунку 3.2.

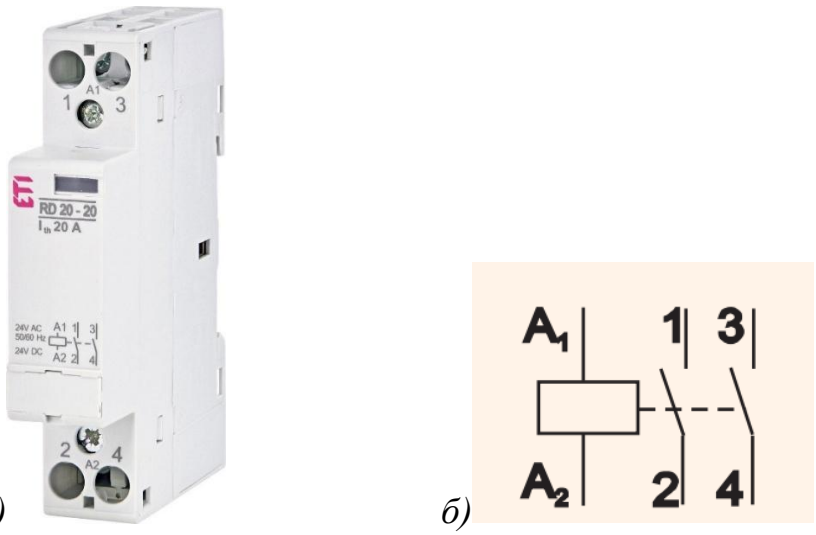


а) *б)*

Рисунок 3.3 первинного перетворювача температури THD-R-C AUTONICS: а) зовнішній вигляд; б) принципова схема підключення

Електромагнітний пускач ETI типу RD 20-20 24V AC/DC 20A 2464005 [6]

Ці пускачі використовуються для дистанційного керування та автоматичного контролю за електрообладнанням (освітлення, системи опалення, вентиляції, комутації двигунів малої потужності тощо). Пристрій цієї моделі розрахований на номінальну робочу напругу 230V та номінальний робочий струм 20A (50/60Hz) і має 2NO контакти. Пристрої цієї серії мають варисторний елемент, який призначений для захисту від перенавантаження. Дані контактори мають універсальну котушку, яка може живитись змінною та постійною напругою 24V AC/DC. Зовнішній вигляд пристрою та типова схема підключення наведені на рисунку 3.3.



а) *б)*

Рисунок 3.5 Електромагнітний пускач ETI типу RD 20-20 24V AC/DC:
а) *зовнішній вигляд; б) принципова схема підключення*

Електромагнітний пускач ETI типу CEM9.10-24V-DC 4642220 [7]

Електромагнітний пускач типу CEM використовується для дистанційного керування та автоматичного контролю електрообладнанням (системи опалення, вентиляції, комутації двигунів тощо). Пристрій цієї моделі розрахований на номінальну робочу напругу 690V та номінальний робочий струм 25A (50/60Hz) і має 4 нормально відкритих контакти 4NO). Дані контактори мають котушку, яка живитися постійною напругою 24V DC. Зовнішній вигляд пристрою та типова схема підключення наведені на рисунку 3.4.

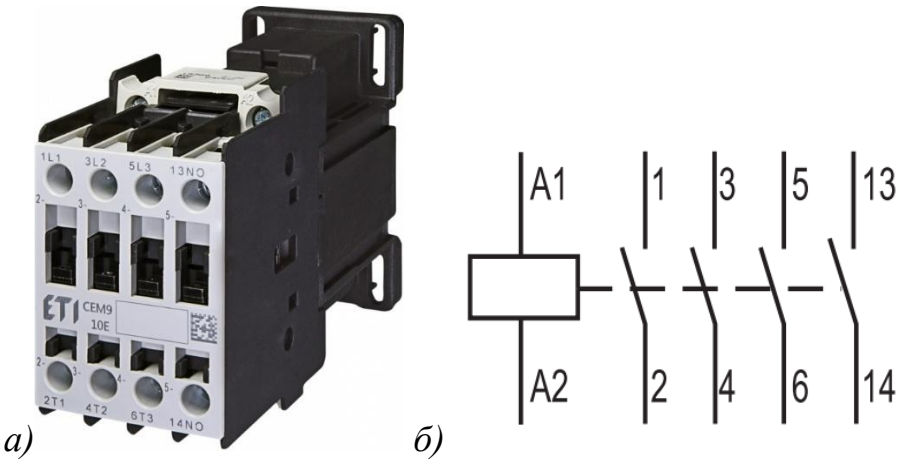
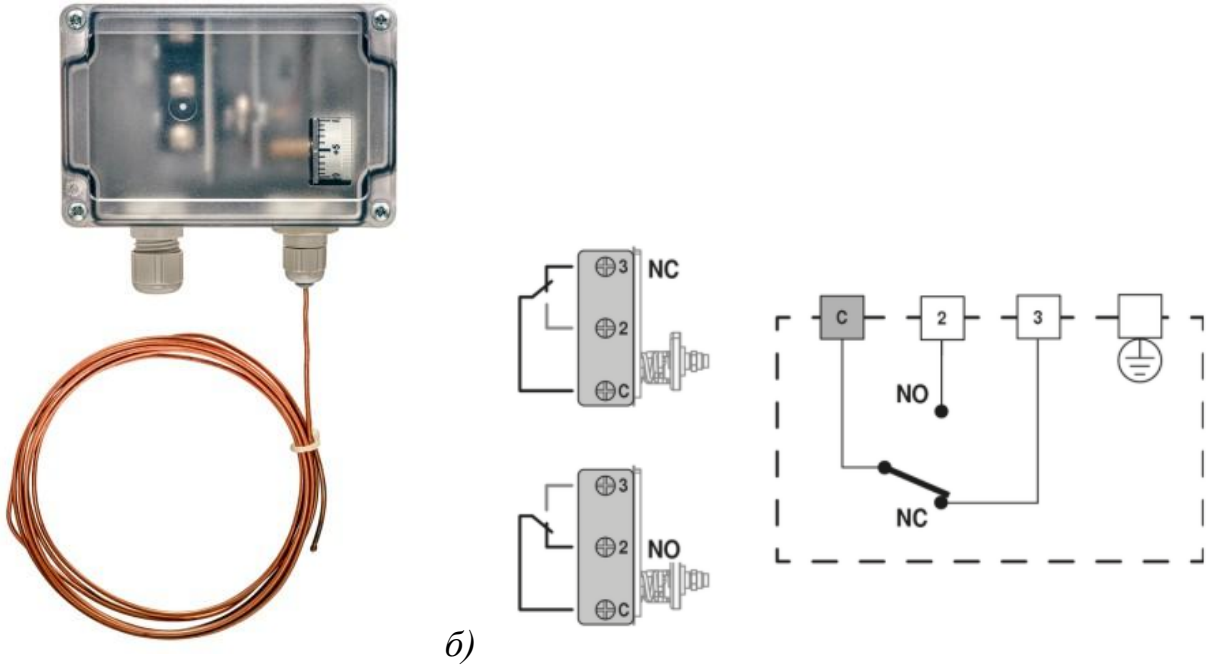


Рисунок 3.4 Електромагнітний пускач ETI типу CEM9.10-24V-DC
а) зовнішній вигляд; б) принципова схема підключення

Термостат захисту від замороження Belimo 01DTS-1 [8]

Термостат захисту від замороження Belimo 01DTS-1 призначений для контролю температури в системах вентиляції та кондиціонування повітря з метою запобігання замерзанню теплообмінників. Діапазон налаштувань температури становить від -10°C до +15°C. Термостат оснащений капілярною трубкою довжиною 6 м, що забезпечує моніторинг температури по всій довжині контрольованої ділянки (теплообмінника).

Вихідний сигнал термостату - релейний контакт, який спрацьовує у разі зниження температури нижче заданого рівня. Зовнішній вигляд пристрою та типова схема підключення наведені на рисунку 3.5.



а) *б)*

Рисунок 3.5 Термостат захисту від замороження Belimo 01DTS-1
а) зовнішній вигляд; б) принципова схема підключення

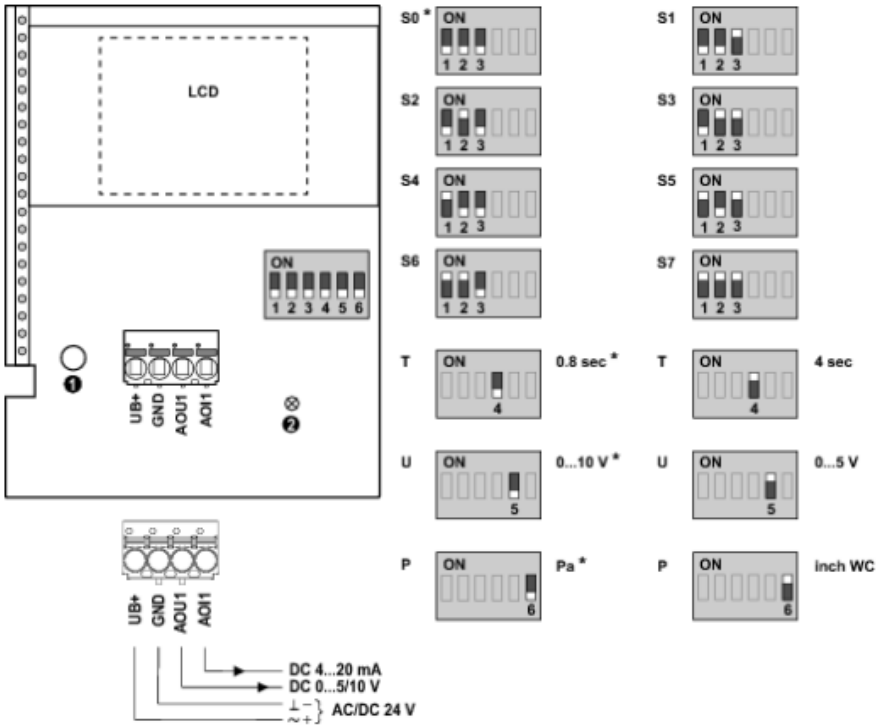
Давач диференційного тиску повітря Belimo 22ADP-18Q S0 [9]

Давач перепаду тиску Belimo 22ADP-18Q SO призначений для контролю перепаду тиску в системах вентиляції та кондиціонування повітря з метою забезпечення ефективної роботи обладнання та підтримання стабільних параметрів повітряного потоку. Діапазон вимірювань становить 0–250 Па, з точністю ±1 Па.

Давач оснащений двома підключеними трубками довжиною 2 м, що дозволяють здійснювати моніторинг тиску на заданих ділянках. Вихідний сигнал може бути представлений у вигляді аналогового сигналу 0–10 В або 4–20 мА, залежно від налаштувань.

Зовнішній вигляд пристрою та типова схема підключення наведені на рисунку 3.6.

а)



б)

Рисунок 3.6 давач диференційного тиску повітря Belimo 22ADP-18Q
а) зовнішній вигляд; б) принципова схема підключення

Триходовий клапан NVCB 7000 [10]

Триходовий клапан NVCB 7000 призначений для регулювання потоку теплоносія в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Клапан забезпечує змішування або розподіл потоків для ефективної роботи системи. Робочий тиск становить до 16 бар, а діапазон температури робочого середовища — від -10°C до +120°C. Клапан виготовлений із латуні, діаметр з’єднань — DN20 (¾).

Клапан сумісний із приводами для автоматичного керування, що дозволяє інтегрувати його в системи автоматизації кондиціонування повітря. Зовнішній вигляд пристрою наведений на рисунку 3.7

Рисунок 3.7 Зовнішній вигляд триходового клапана NVCB 7000

Виконавчий механізм NABM 1.2-10 (S1) [11]

Виконавчий механізм NABM 1.2-10 (S1) призначений для контролю витрати теплоносія в системах опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Пристрій забезпечує точне регулювання витрати в діапазоні 1,2–10 м³/год, що дозволяє підтримувати стабільну роботу системи. Робочий тиск 16 бар, діапазон температури робочого середовища - від -10°C до +120°C. Зовнішній вигляд пристрою та принципова схема підключення наведені на рисунку 3.8.

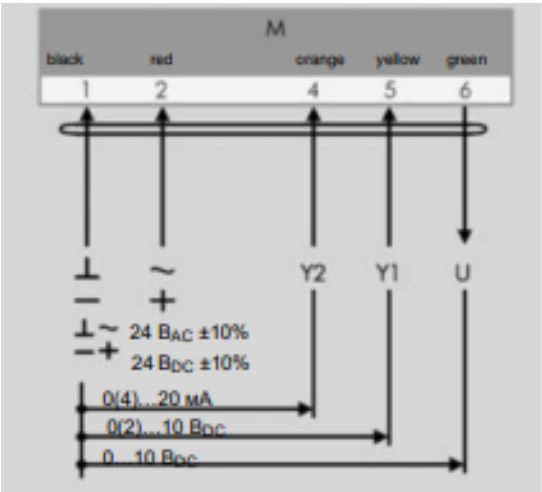
а) *б)* 

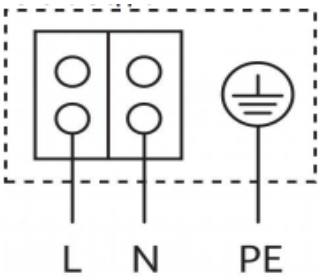
Рисунок 3.8 Виконавчий механізм NABM 1.2-10 (S1)
а) зовнішній вигляд; б) принципова схема підключення

Циркуляційний насос Wilo-Star-RS [12]

Циркуляційний насос Wilo-Star-RS призначений для перекачування рідин (води, гліколю) в системах опалення, кондиціонування та вентиляції. Насос завдяки однофазному електроприводу забезпечує стабільну циркуляцію теплоносія в межах робочих параметрів. Робочий тиск 10 бар, температура робочого середовища - від -10°C до +110°C.

Насос оснащений трирівневим перемикачем швидкості, корпус виконаний із чавуну. Зовнішній вигляд пристрою та принципова схема підключення наведені на рисунку 3.9.

а)



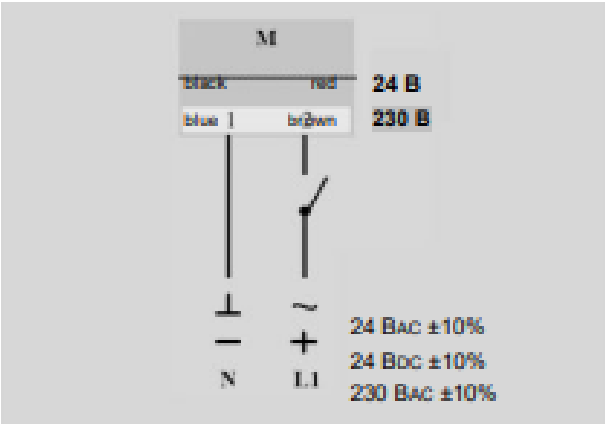
б)

Рисунок 3.9 Циркуляційний насос Wilo-Star-RS
а) зовнішній вигляд; б) принципова схема підключення

Обертовий сервопривод NAFA 1-05 (S1) [13]

Обертовий сервопривод NAFA 1-05 (S1) із зворотньою пружиною призначений для управління повітряними заслінками в системах вентиляції та кондиціонування. Сервооприводзабезпечує відкриття та закриття заслінок для регулювання повітряного потоку. Сервоопривід діапазон обертання від 90° до 180°, робочі умови з температурним діапазоном від -10°C до +50°C, максимальний робочий момент — 5 Нм, потужність приводу 7.2 Вт, живлення 24V AC/DC, робочий струм 0.3A. Зовнішній вигляд пристрою та принципова схема підключення наведені на рисунку 3.10.

а)



б)

Рисунок 3.10 Обертовий сервопривод NAFA 1-05 (S1)
а) зовнішній вигляд; б) принципова схема підключення

Перемикач “0-1” типу XB5AD23 [14]

Перемикач “0-1” типу XB5AD23 призначений для управління електричними ланцюгами в системах автоматизації та управління. Конструкція перемикача забезпечує два положення – увімк./вимк. під кутом 90°. Перемикач обладнаний двома контактними групами типу НВ (нормально відкритий) і НЗ (нормально закритий), ступінь захисту IP67, номінальний робочий струм до 3А при напрузі 240 В АС. Зовнішній вигляд пристрою та принципова схема підключення наведені на рисунку 3.11.

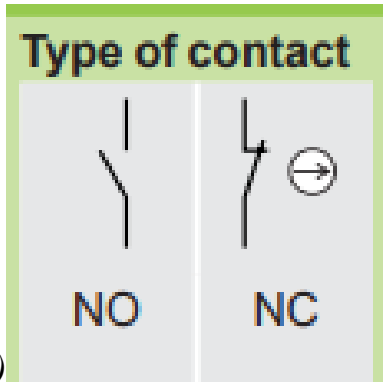
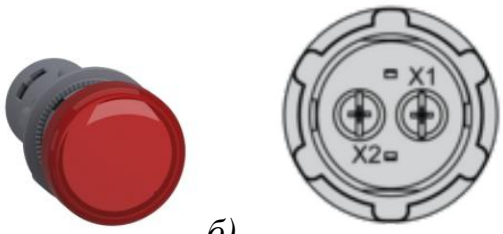
а) *б)* 

Рисунок 3.11 Перемикач “0-1” типу XB5AD23
а) зовнішній вигляд; б) принципова схема підключення

Сигнальна LED лампа XA2EVB4LC червоного кольору з номіналом 24В AC/DC [15]

Сигнальна LED лампа XA2EVB4LC призначена для візуальної індикації стану обладнання в системах автоматизації, управління та контролю. Лампа забезпечує яскравий червоний та зелений сигнал, що чітко видимий навіть у складних умовах освітлення, що робить її ефективним засобом для передачі інформації про робочий стан системи або аварійні ситуації. Лампа працює від напруги 24В (AC/DC), що забезпечує її сумісність із більшістю промислових електричних систем, ступінь захисту IP65. Зовнішній вигляд пристрою та принципова схема підключення наведені на рисунку 3.12.



а) *б)*

Рисунок 3.12 Сигнальна LED лампа XA2EVB4LC
а) зовнішній вигляд; б) принципова схема підключення

3.2.1 Обґрунтування вибору мікропроцесорного програмованого засобу автоматизації та опис його технічних характеристик

Програмований мікропроцесорний логічний контролер (ПЛК) серії Simatic S7-300 від компанії Siemens – це промисловий ПЛК модульного типу, який застосовується для реалізації задач низького та високого рівня складності. Завдяки своїй гнучкій архітектурі та модульному виконанню, даний ПЛК дозволяє формувати конфігурацію відповідно до кількості необхідних каналів введення/виведення інформації, яка надходить із периферійного рівня автоматизованої системи керування технологічним процесом [16]. На рисунку 3.13 зображено зовнішній вигляд даного ПЛК.

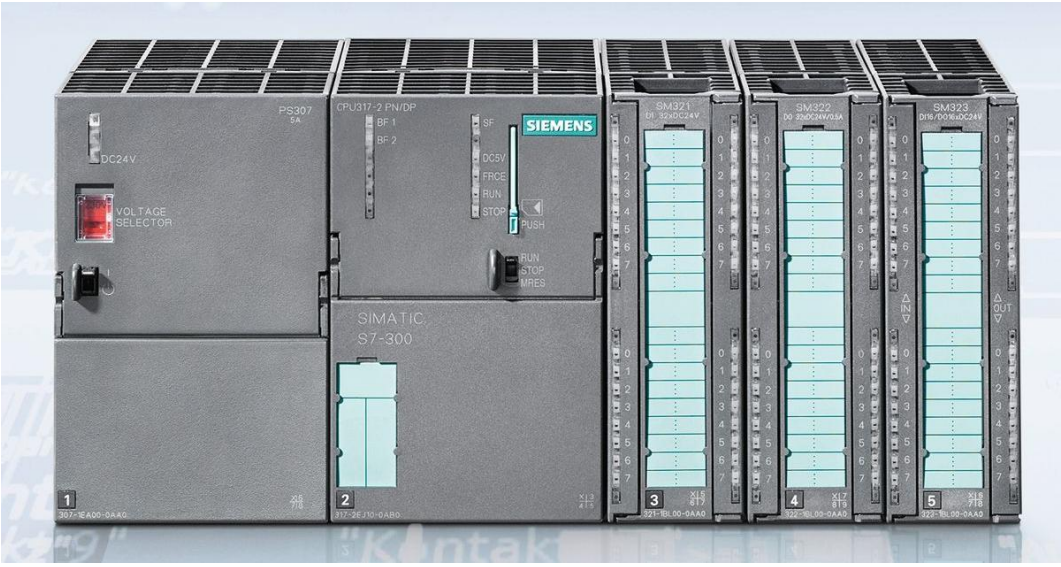


Рисунок 3.13. Зовнішній вигляд програмованого логічного контролера Серії Simatic S7-300 виробництва корпорації Siemens

Будова ПЛК та принцип компонування функціональних модулів представлені на рисунку 3.14.

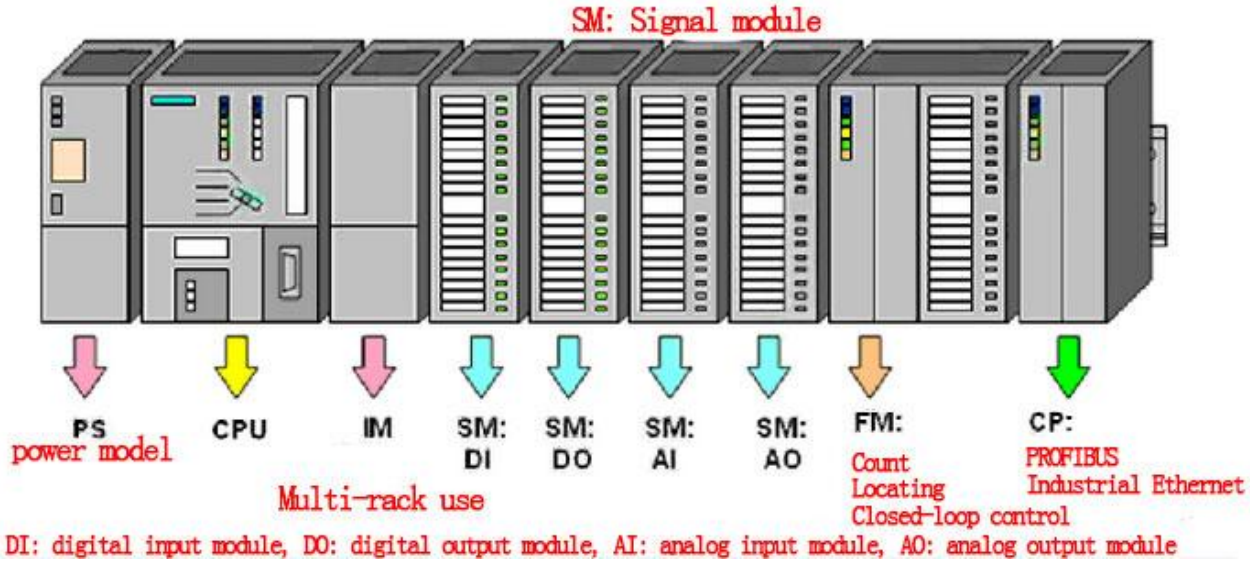


Рисунок 3.14. Будова та принцип компонування модулів ПЛК серії Simatic S7-300 виробництва корпорації Siemens

До складу ПЛК в залежності від необхідної конфігурації можуть бути підключені наступні модулі:

Центральний процесор (CPU) – є головним елементом системи, який реалізує логіку керування згідно з заданою програмою. CPU відповідає за обробку інформації, формування управляючих сигналів та взаємодію з периферією. Основні параметри процесорного модуля: швидкість циклу, обсяг пам’яті, наявність або відсутність вбудованих каналів введення/виведення, а також підтримка комунікаційних інтерфейсів (MPI, ProfiBUS, ModBUS, Ethernet). Модулі CPU за конструкцією поділяються на види :

- стандартні CPU xxx – не мають інтегрованих каналів введення/виведення;

- компактні CPU xxxC – містять вбудовані дискретні та аналогові входи/виходи;

- спеціалізовані CPU xxxF – призначені для роботи в суворих умовах, мають підвищений рівень захисту IP;

- спеціалізовані CPU xxxT – за функціональністю відповідають компактним моделям, проте придатні до експлуатації в умовах агресивного середовища.

Блок живлення (PS) – відповідає за забезпечення живлення всіх функціональні модулів ПЛК та периферійний пристроїв в системі керування від мережі змінного струму (120,220В AC) та постійного струму (24,48,60,110В DC).

Комунікаційний модуль (CP) – застосовується для підключення ПЛК до локальних і глобальних мереж автоматизації через інтерфейси ProfiBUS, Ethernet, або Point-to-Point, що забезпечує обмін даними з іншими пристроями в системі автоматизації.

Функціональний модуль (FM) – виконує автономні завдання, зокрема автоматичне регулювання, позиціювання, обробку сигналів. Такі модулі мають власні процесори та можуть працювати незалежно від центрального процесора навіть у разі його виходу з ладу [16].

Інтерфейсний модуль (IM) – дозволяє масштабувати структуру ПЛК, створюючи дворядні, трирядні або чотирирядні конфігурації, як продемонстровано на рисунку 3.15 [16].

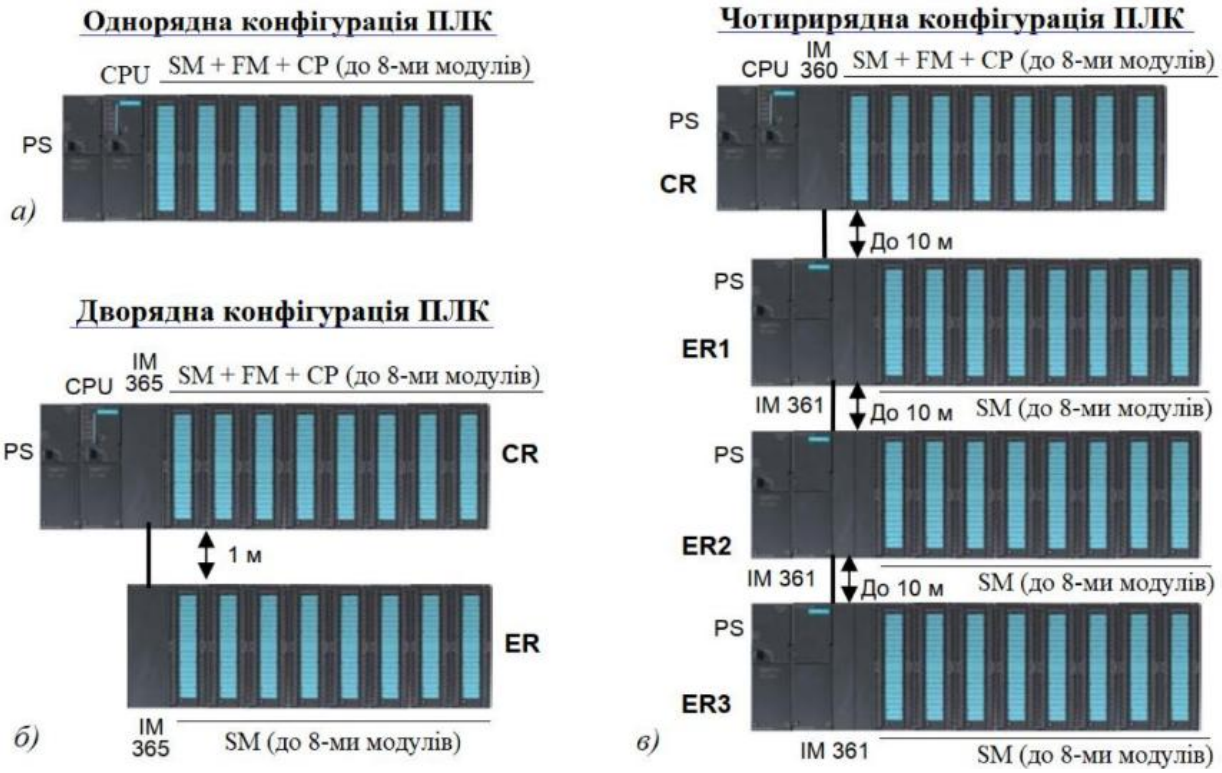


Рисунок 3.15. Можливі варіанти конфігурації ПЛК серії Simatic S7-300 виробництва корпорації Siemens

У рамках розробки системи автоматизованого керування процесом кондиціонування повітря в адміністративно-побутових приміщеннях, з урахуванням особливостей перебігу технологічного процесу та кількості контурів регулювання, обрано стандартний модуль CPU. Для забезпечення необхідної кількості каналів збору інформації з давачів та передачі сигналів на виконавчі пристрої будуть використані відповідні сигнальні аналогові та дискретні модулі введення/виведення.

Деталізація концепції вибору ПЛК та функціональних модулів наведено в підрозділі 3.2.

Принципові схеми з'єднань для підключення периферійних пристроїв до сигнальних модулів ПЛК представлено на рисунку 3.16.1-3.18 [17]. Зокрема на цих схемах наведено основні вимоги до підключення периферійних пристроїв, як по аналогових так і дискретних каналах.

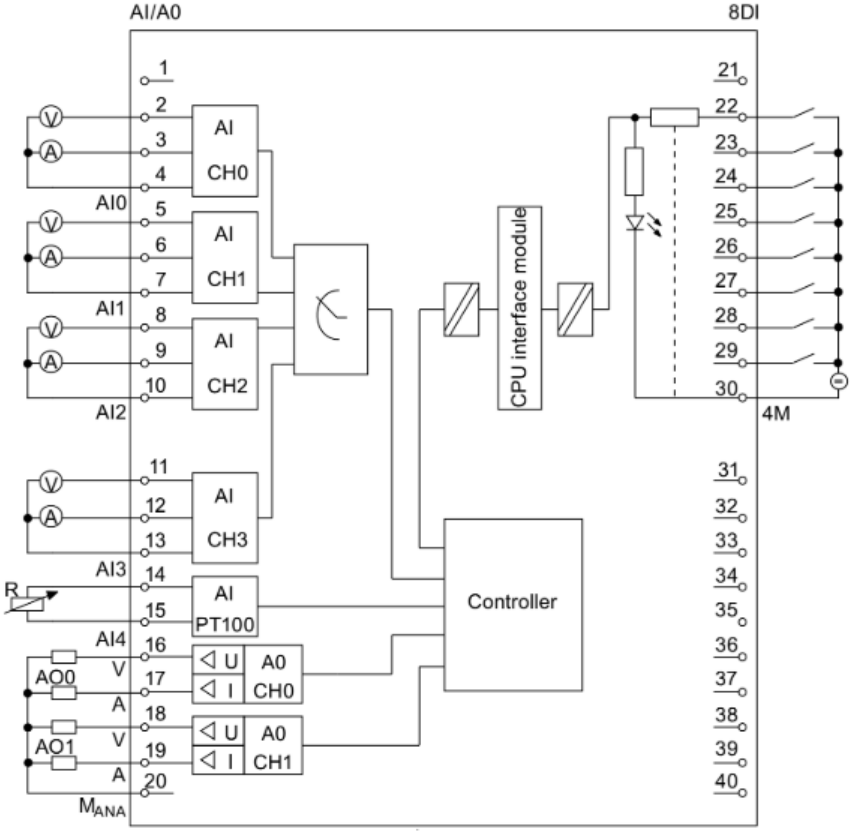


Рисунок 3.16 Схема електричних з'єднань для аналогових входів та виходів модуля центрального процесора CPU 314C-2 DP

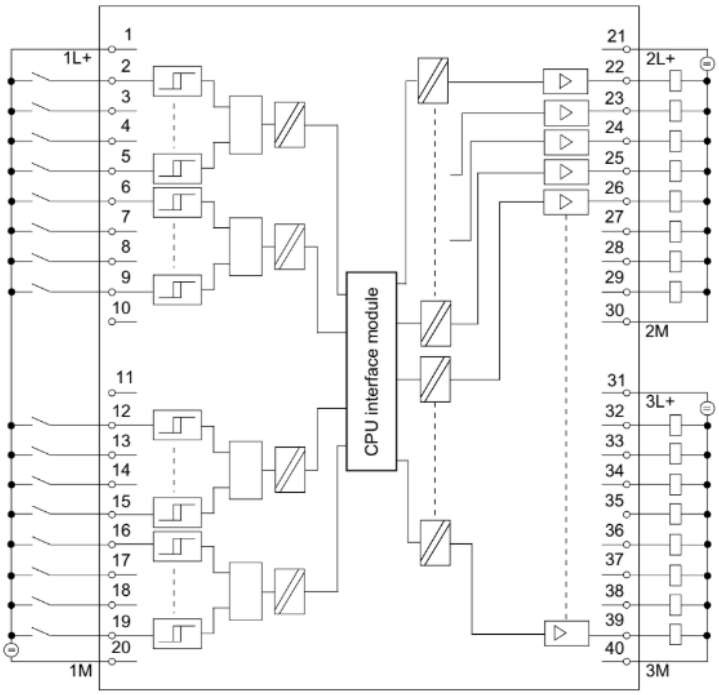


Рисунок 3.17 Схема електричних з'єднань сигнальних для дискретних входів та виходів модуля центрального процесора CPU 314C-2 DP

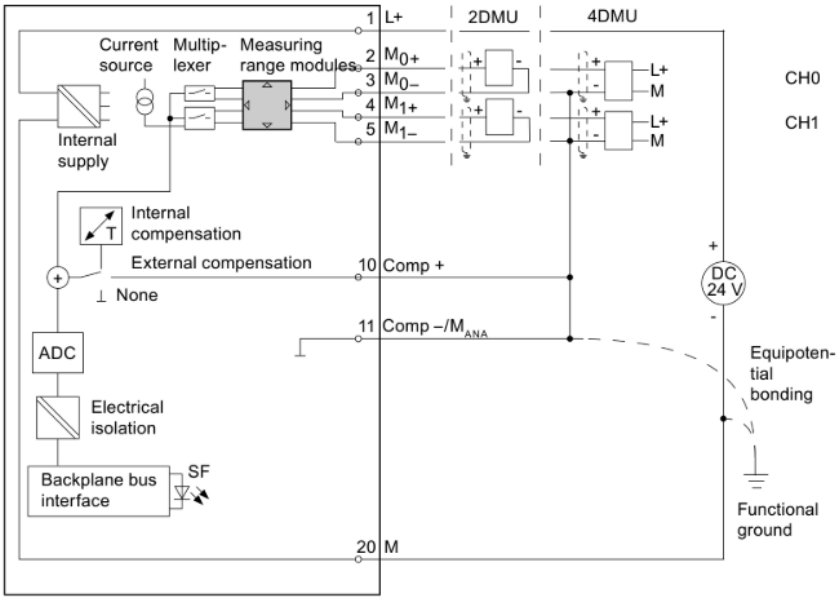


Рисунок 3.18 Схема електричних з'єднань для сигнального модуля аналогового вводу SM331;

3.2.2 Конфігурування мікропроцесорного програмованого засобу автоматизації

У відповідності до функціональної схеми автоматизації (ФСА) системи кондиціонування повітря адміністративно-побутових приміщень для реалізації системи керування необхідно забезпечити необхідну кількість:

- дискретних вхідних сигналів: $DI_{зад} = 5$;
- дискретних вихідних сигналів: $DO_{зад} = 10$;
- аналогових вхідних сигналів: $AIN_{зад} = 6$;
- аналогових вихідних сигналів: $AOUT_{зад} = 2$.

Для забезпечення необхідної кількості каналів вхідних та вихідних сигналів здійснюється вибір наступних функціональних модулів ПЛК серії Simatic S7-300 виробництва корпорації Siemens, зокрема:

- модуль центрального процесора CPU 314C-2 DP 6ES7 314-6CH04-0AB0 – 1 шт.;
- модуль блоку живлення PS 307 5A 6ES7 307-1EA01-0AA0 – 1 шт.;
- модуль аналогових вхідних сигналів типу SM331 AI2x12Bit 6ES7 331-7KB02-0AB0 – 1 шт.;

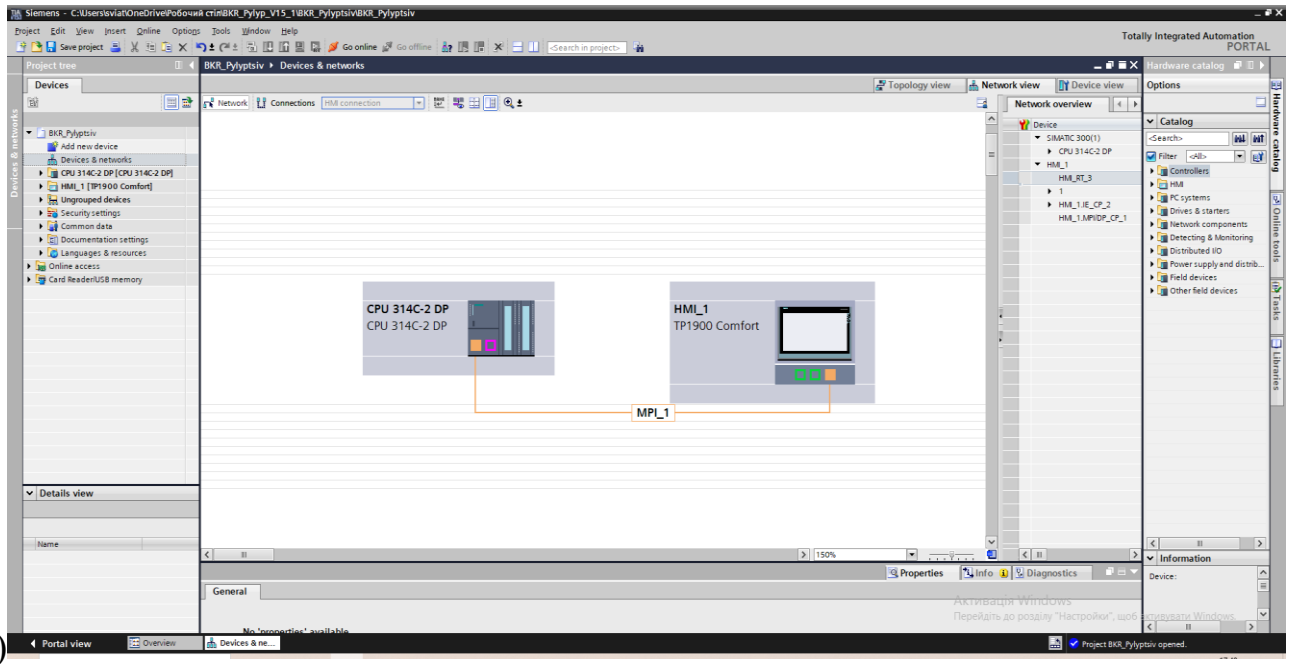
Конфігурація ПЛК при застосуванні вищезгаданих функціональних модулів забезпечує наступну кількість вхідних/вихідних інформаційних каналів:

- дискретні вхідні сигнали: $DI = 24 > DI_{зад} = 5$;
- дискретні вихідні сигнали: $DO = 16 > DO_{зад} = 10$;а
- аналогові вхідні сигнали: $AIN = 7 > AIN_{зад} = 6$;
- аналогові вихідні сигнали: $AOUT = 2 == AOUT_{зад} = 2$;

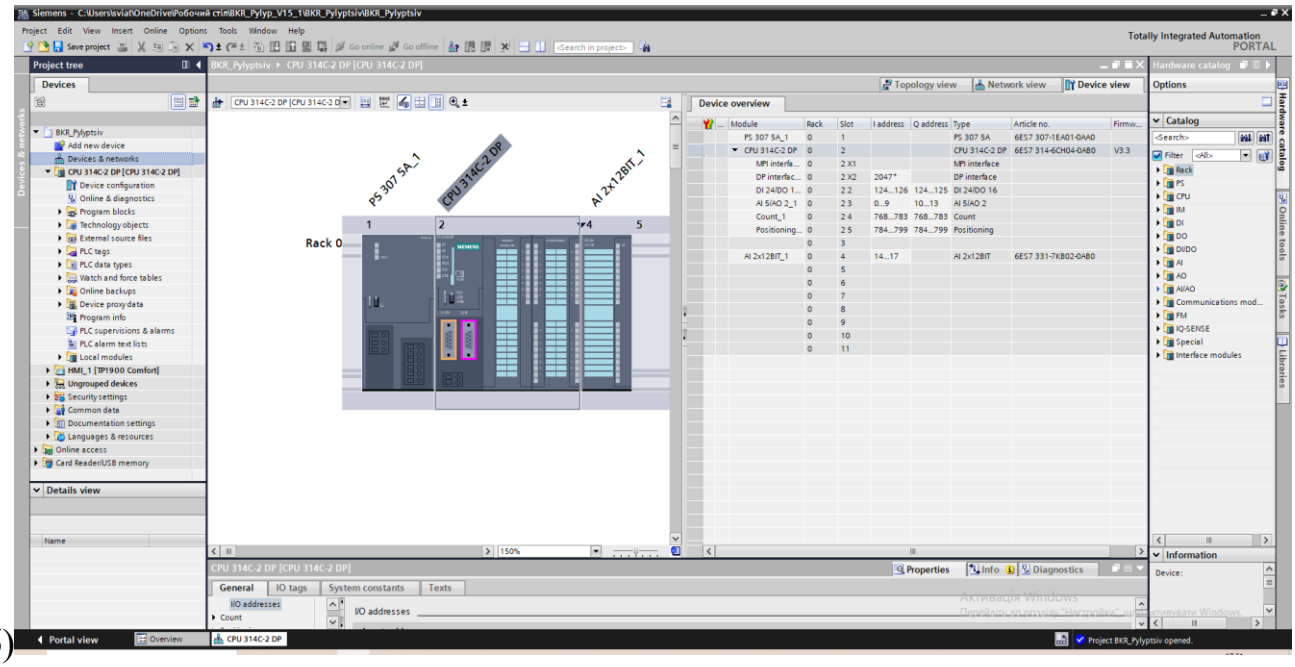
Як видно з вищенаведених даних, обрана конфігурація ПЛК забезпечує необхідну кількість каналів вводу/виводу для реалізації системи автоматизації кондиціонування повітря адміністративно-побутового комплексу.

Згідно матеріалів наведених вище, використовуючи програмне забезпечення Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal V15.1) [18] створюю новий проект для програмування програмовано логічного контролера серії Simatic S7-300 в

якому за допомогою вкладки Device & networks здійснюю апаратне налаштування конфігурації ПЛК (рисунку 3.19) та налаштування каналів аналогового вводу/виводу для модуль центрального процесора CPU 314C-2 DP та каналів аналогового вводу модуля SM331 AI2x12Bit (рисунку 3.20) .



а)

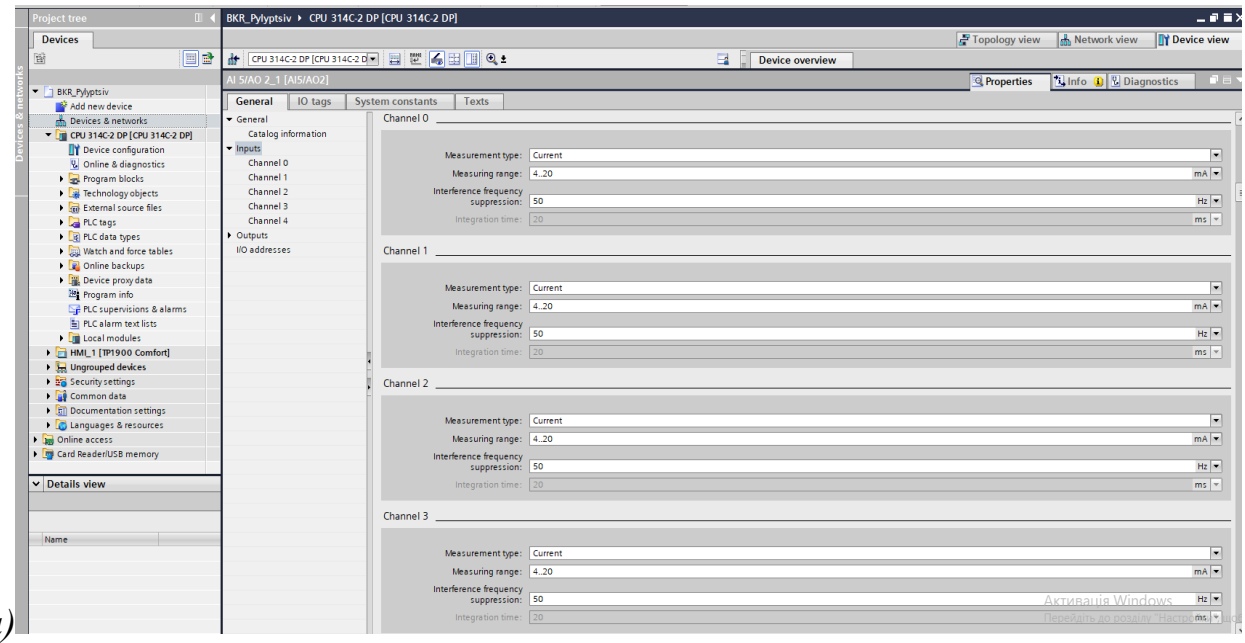


б)

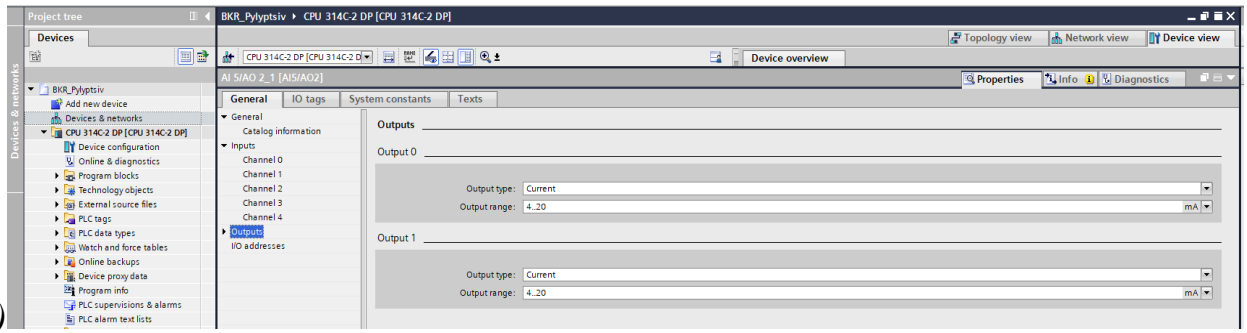
Рисунок 3.19. Скріншоти вікон програмних додатків:

а) вкладка Device & networks

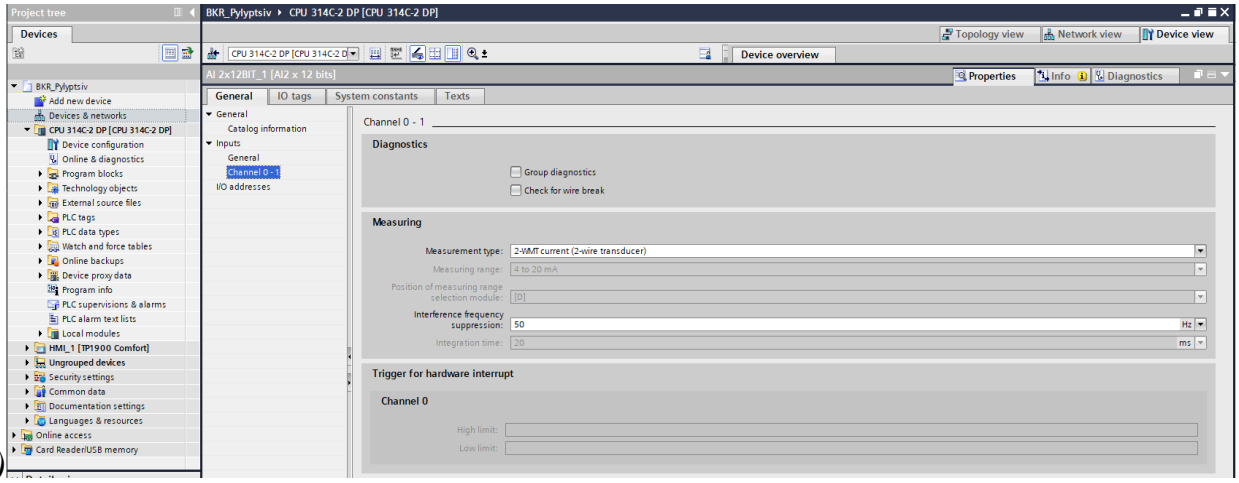
б) вкладка Device configuration для ПЛК Simatic S7-300



а)



б)



в)

Рисунок 3.20. Скріншоти вікон налаштування каналів

а) аналогового вводу для модуля CPU 314C-2 DP 6ES7 314-6CH04-0AB0

б) аналогового вив00оду для модуля CPU 314C-2 DP 6ES7 314-6CH04-0AB0

в) аналогового вводу для модуля SM331 AI2x12Bit 6ES7 331-7KB02-0AB0

3.3. Засоби людино машинного інтерфейсу системи автоматизації

В даній бакалаврській роботі розробляю людино-машинний інтерфейс системи автоматизації кондиціонування повітря адміністративно-побутового комплексу на основі сенсорної операторської HMI (Human Machine Interface) - панелі Simatic HMI TP 1900 серії Comfort виробництва корпорації Siemens (рисунок. 3.21) [19].

Дана панель дозволяє оператору взаємодіяти з автоматизованою системою керування, має вбудований функціонал який дозволяє розробнику реалізувати індикацію та архівування аварій, візуалізувати перебіг технологічного процесу у реальному часі, відображення трендів (графіків), створення рецептів та можливість рецептурного управління, керування доступом користувачів, скріншоти і логування (архівація) усіх параметрів, які відображаються на панелі.

За наявності підключення інтернету до панелі є можливість переглядати інтернет ресурси, оновлювати прошивку в онлайн режимі, завантажувати табличні та графічні архіви значень параметрів.

Рисунок 3.21. Зовнішній вигляд операторської HMI-панелі Simatic HMI TP 1900 серії Comfort виробництва корпорації Siemens 6AV2 124-0UC02-0AX

На рисунку 3.22 зображено доступні мережеві інтерфейси панелі оператора серії Comfort Panels, яка містить наступні елементи:

1. Роз’єм живлення, призначений для підключення зовнішнього джерела живлення з номінальною напругою 24 В DC до панелі.

2. З’єднання для функціонального заземлення, використовується для забезпечення електричної безпеки та зменшення електромагнітних завад.

3. Інтерфейс PROFIBUS, роз’єм типу Sub-D (RS422/RS485), який дозволяє підключення до мережі PROFIBUS.

4. PROFINET (LAN), 10/100/1000 Мбіт/с, один з Ethernet-роз’ємів для підключення до мережі PROFINET або локальної мережі.

5. PROFINET (LAN), 10/100 Мбіт/с, другий Ethernet-роз’єм, зазвичай використовується для підключення до контролера (наприклад, S7-300) або до іншого мережевого пристрою.

6. USB type A, порти для підключення зовнішніх USB-пристроїв (наприклад, флеш-накопичувачів, миші, клавіатури тощо).

7. Аудіовихід Line OUT, призначений для виведення аудіосигналу, наприклад, для систем звукового сповіщення.

8. USB type Mini B, порт для підключення до ПК, зазвичай використовується для передачі даних або оновлення прошивки [19].

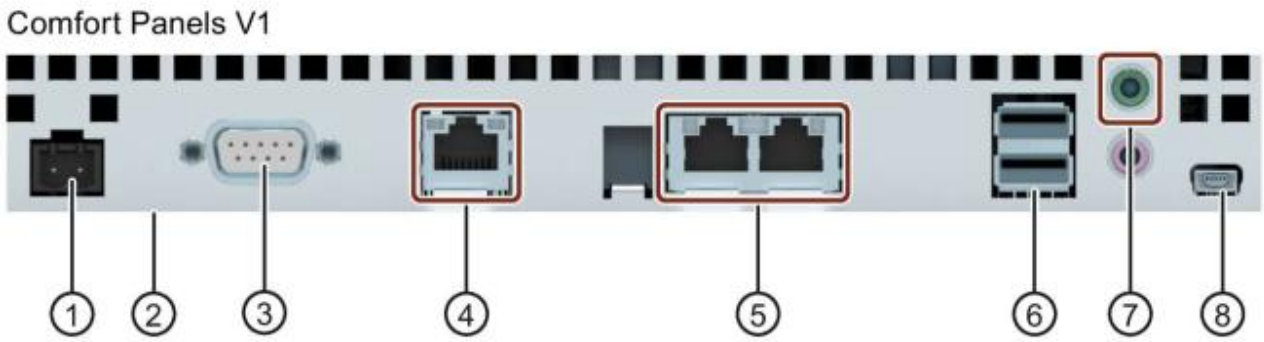


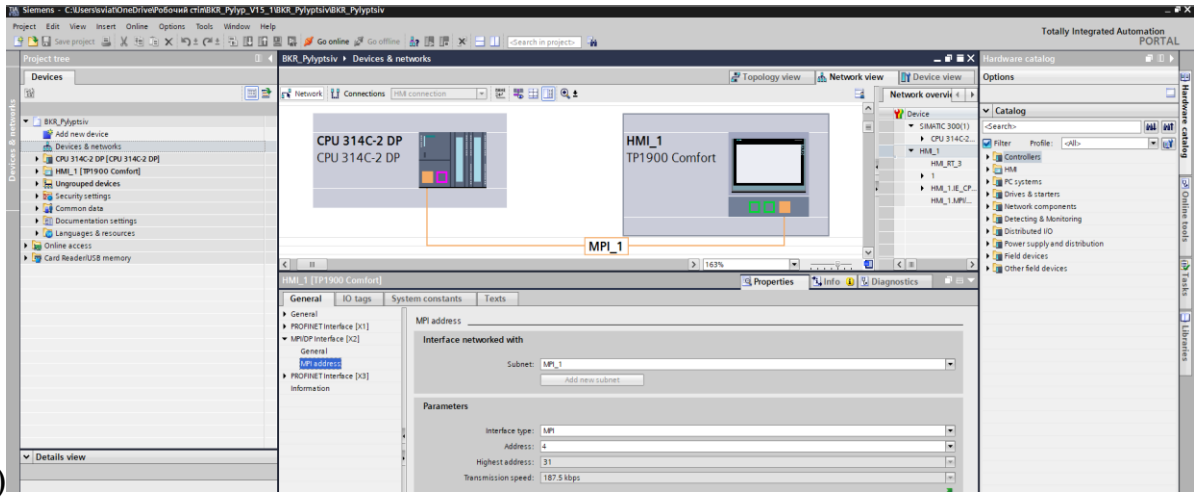
Рисунок 3.22. Роз’єми мережевих інтерфейсів для підключення периферійних пристроїв та подачі живлення на панелі Simatic HMI TP 1900 серії Comfort

Таблиця 3.1

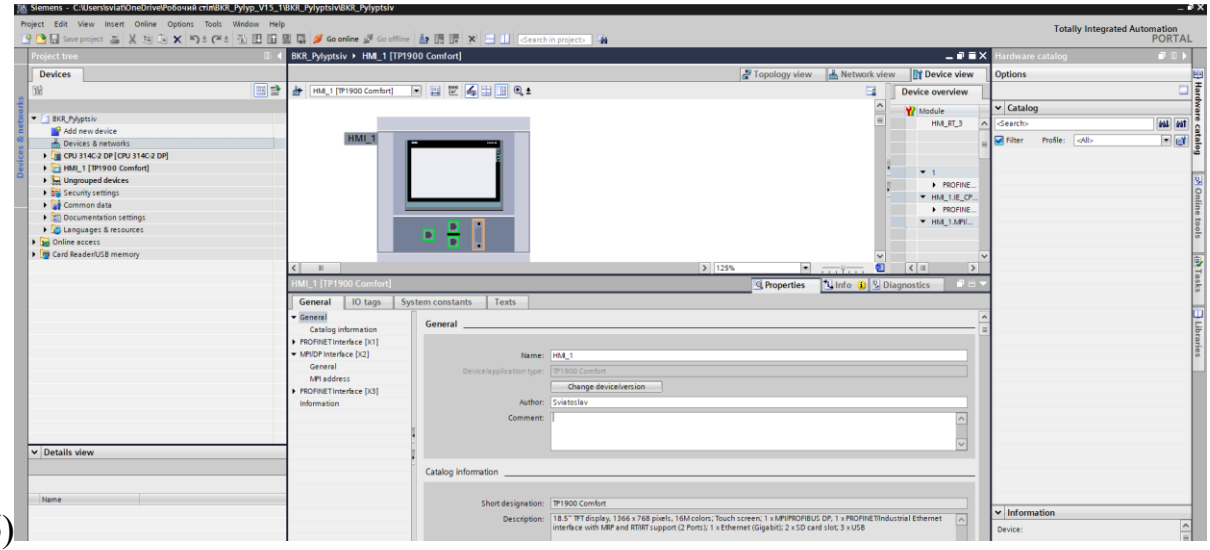
Технічні характеристики HMI-панелі *Simatic HMI TP 1900 серії Comfort 6AV2 124-0UC02-0AX*

Назва характеристики	Значення та розмірність
Діагональ дисплея	18.5 дюйма (47см)
Тип дисплея	TFT-LCD
Роздільна здатність	1366x768 пікселів (HD)
Формат екрану	1600:900
Flash-пам'ять без зовнішніх носіїв	24 МБ
Оперативна пам'ять (RAM)	512 МБ
Процесор	ARM Cortex-A8
Мережеві інтерфейси	2 x Profinet (LAN) 10/1000Mb 1 x Profinet (LAN) 10/100Mb 1 x Profibus (RS422/485)
Порти для підключення периферії	2 x USB type A 1 x USB type mini B 1 x Audio Line OUT

Використовуючи програмне забезпечення Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal V15.1) до вже існуючого проекту з ПЛК серії Simatic S7-300, необхідно додати HMI-панель Simatic HMI TP 1900 серії Comfort 6AV2 124-0UC02-0AX за допомогою вкладки Device & networks здійснити апаратне налаштування панелі (рисунок 3.23) та налаштувати канал зв’язку MPI_1 з модулем центрального процесора CPU 314C-2 DP та за допомогою підменю Connections встановити зв'язок HMI_connection_1 (рисунок 3.24) .



а)



б)

Рисунок 3.23. Скріншоти вікон програмних додатків:

а) вкладка Device & networks та налаштування каналу зв'язку MPI_1

б)вкладка Device configuration для HMI-панелі Simatic HMI TP 1900

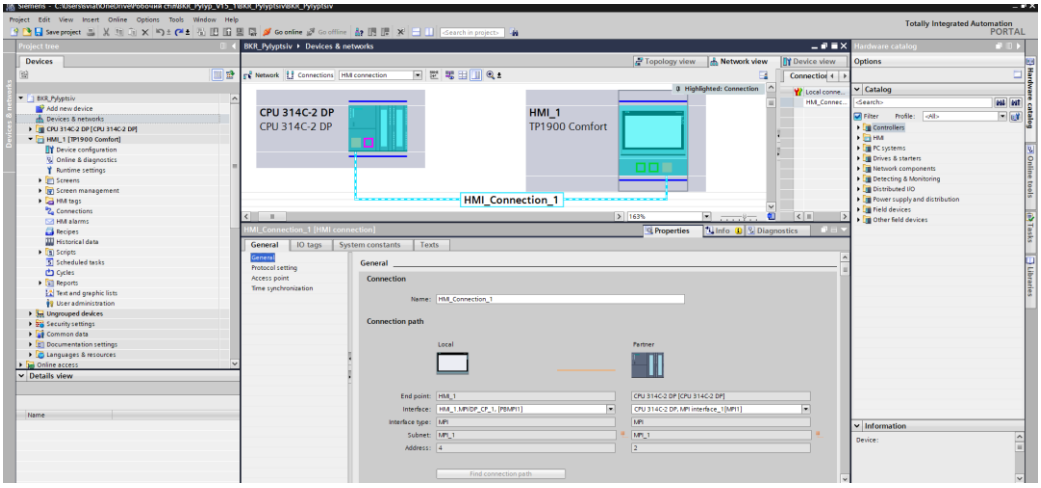


Рисунок 3.24. Скріншоти вкладки Device & networks, підменю Connections – налаштування зв'язку HMI_Connection_1 в каналі MPI_1

Для розробки людино-машинного інтерфейсу в середовищі TIA Portal V15.1 використовується вкладка Screens (рисунок 3.25), в якій знаходиться графічний редактор та інструментарій який необхідний для розробки функціоналу даної панелі для системи кондиціонування повітря адміністративно-побутового комплексу.

Розроблений проект при завантаженні в панель компілюється в машинний код і після завантаження існує можливість створити резервну копію даного файлу з робочої панелі за допомогою програмного забезпечення Simatic ProSave. Однак варто зазначити, що даний файл не можливо декомпілювати і відкрити повторно в іншому проекті тому, якщо панель була виведена з ладу або замінена на іншу модель без наявності оригінального проекту HMI-панелі розробленого в TIA Portal можна провести відновлення програми за допомогою резервної копії в панель ідентичної моделі.

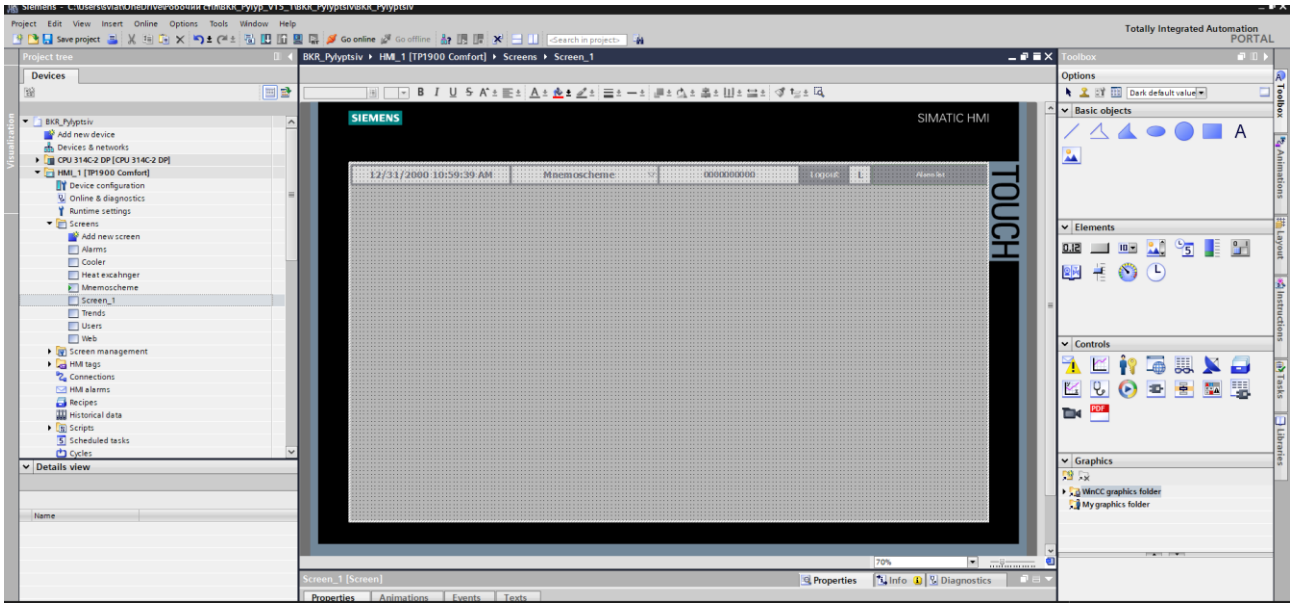


Рисунок 3.25. Вкладка Screens в середовищі Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal V15.1)

Для розробки екранів та функціоналу HMI-панелі застосовується наступний інструментарій:

1. Templates (шаблони). В дереві проекту HMI-панелі у вкладці Screen management підменю templates (рисунок 3.26).

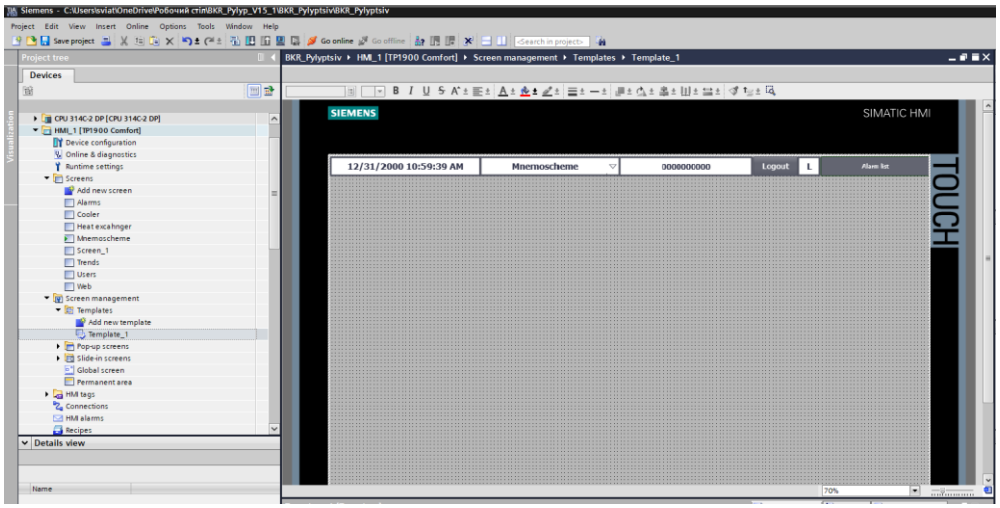


Рисунок 3.26. Підменю templates у вкладці Screen дерева проекту HMI-панелі

В цьому підменю відкривається редактор шаблонів, використання шаблонів дозволяє створити один або декілька готових шаблонів в яких реалізовуються базові функції такі, як:

1.1) Об’єкт Date/time field (час та дата). Час та дата реалізовані за допомогою стандартного об’єкту Date/time field зображеного на рисунку 3.27.

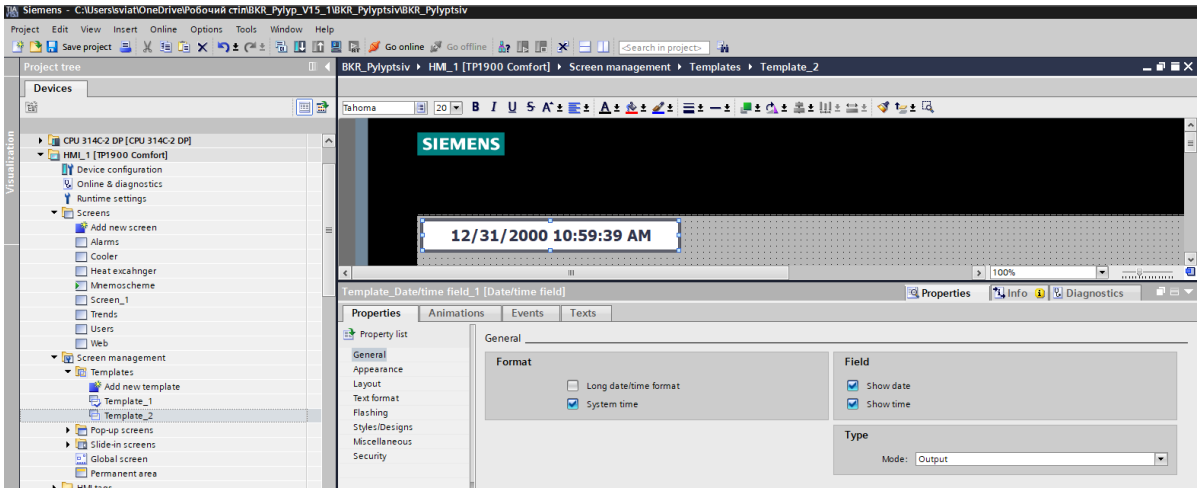


Рисунок 3.27. Меню properties, налаштування графічних об’єктів, підменю General

Як видно з рисунку 3.27 поля мають наступні вкладки налаштування:

Підменю General – тут задаються формати дати (довгий/короткий) та тип поля – Input(для введення дати), Output(для виведення).

Підменю Appereance (рисунок 3.28) – в даному підменю редагується фоновий колір поля, колір тексту, колір фону, товщину та тип меж даного поля.

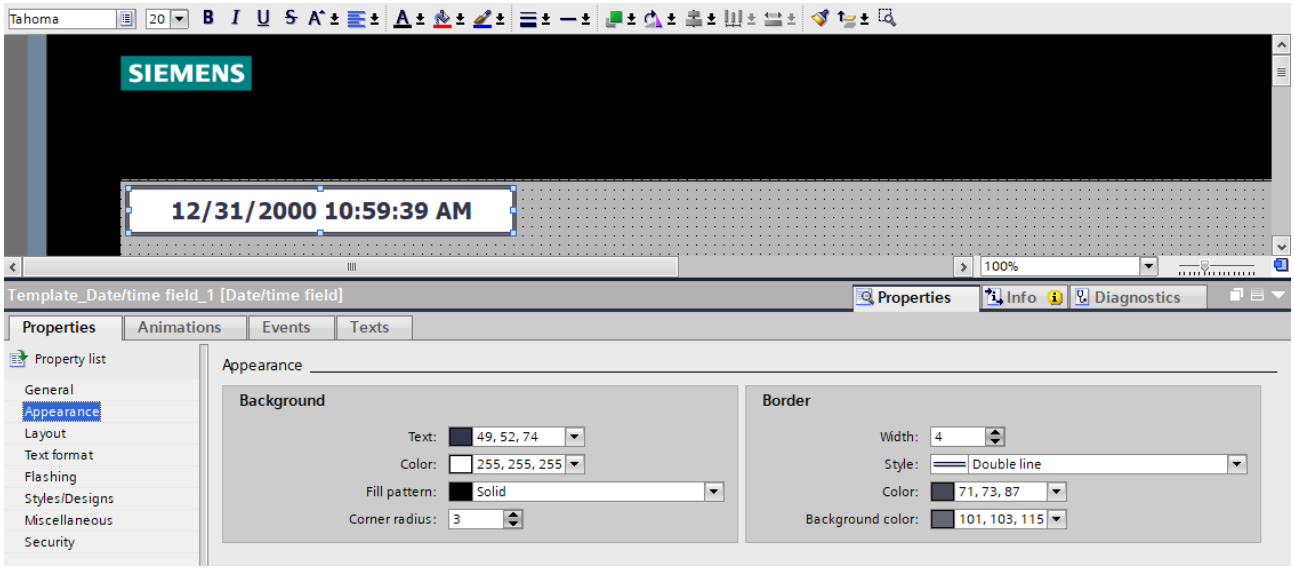


Рисунок 3.28. Меню properties, налаштування графічних об'єктів, підменю Appereance

Підменю Layout (рисунок 3.29) використовується для позиціонування поля на площині робочої області по координатам x та y, а також тут задаються розміри блоку – ширина та висота.

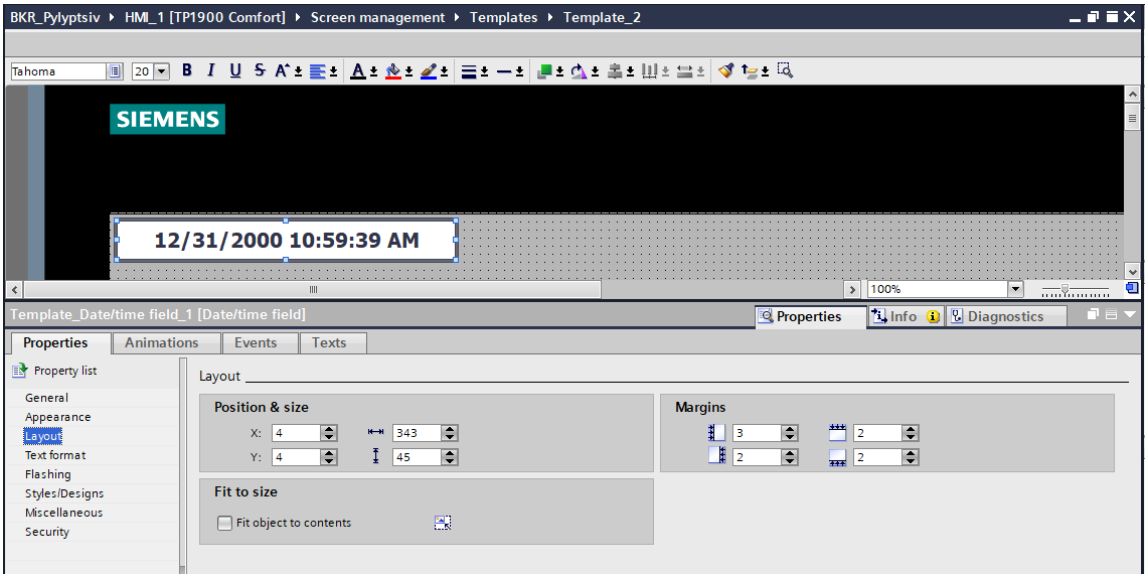


Рисунок 3.29. Меню properties, налаштування графічних об'єктів, підменю Layout

Підменю Textformat (рисунок 3.30) в цьому підменю задається тип шрифту, розмір шрифту та позиція тексту в полі – центрована, зліва, з права, зверху або знизу.

В підменю Flashing є можливість обрати checkbox, при виборі якого це поле почне періодично мигати.

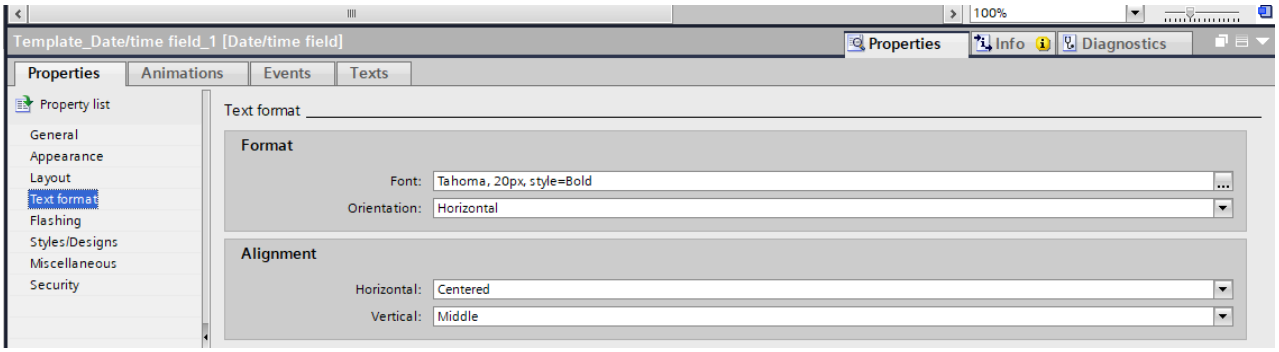


Рисунок 3.30. Меню properties, налаштування графічних об'єктів, підменю Text format

В підменю Styles/Designs є можливість вибрати додаткові стилі, графічні бібліотеки, в даному ж проекті використовується стандартний стиль WinCC Dark.

У вкладці Miscelaneus (різне) можна змінити назву об'єкту та написати коментар до нього який буде відображатись тільки в цій вкладці.

У підменю Security доступно налаштування авторизації, так як це поле використовується тільки для виведення дати та часу ця функція відсутня.

Для більшості графічних об'єктів вищеописані меню налаштування є однакові, тому налаштування полів за деякими винятками є ідентичними.

1.2) Об'єкт Symbolic I/O filed (випадаючий список). В цьому шаблоні також реалізовано відображення ім'я поточного екрану та перехід між екранами за допомогою випадаючого списку зображеного на рисунку 3.31.

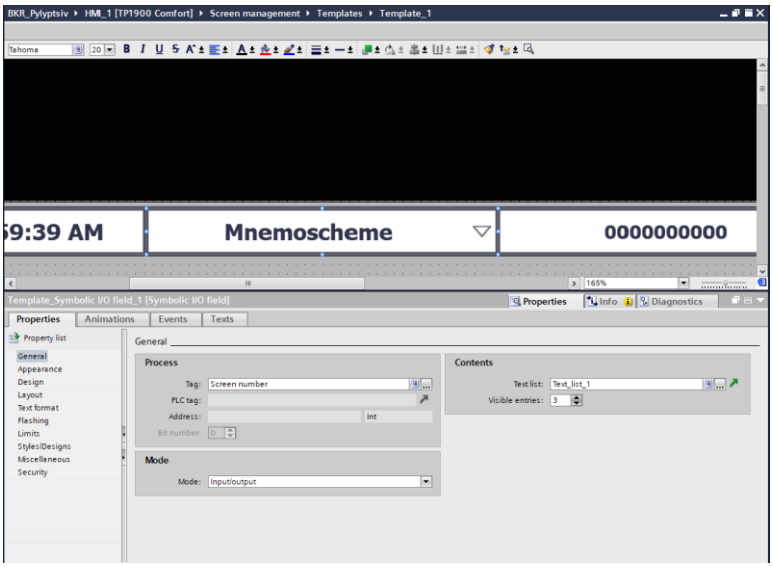


Рисунок 3.31. Графічне поле Symbolic I/O filed *(випадаючий список та його налаштування)*

Як видно з рисунку 3.31 дане поле використовує Text list в якому знаходяться назви усіх наявних екранів у проекті та використовує тег Screen number в якому записані індекси цих екранів в форматі Integer. Відповідно кожній назві присвоєно свій індекс і при переході між екранами порівнюється індекс в текстовому листі та актуальний індекс екрану, після чого виводиться назва в текстовому форматі.

1.3) I/O field (поле введення/виведення). За допомогою поля введення/виведення зображеного на рисунку 3.32, реалізовано відображення актуального користувача який авторизований в системі, це поле використовує тег Current_user в якому записано імена усіх доданих користувачів.

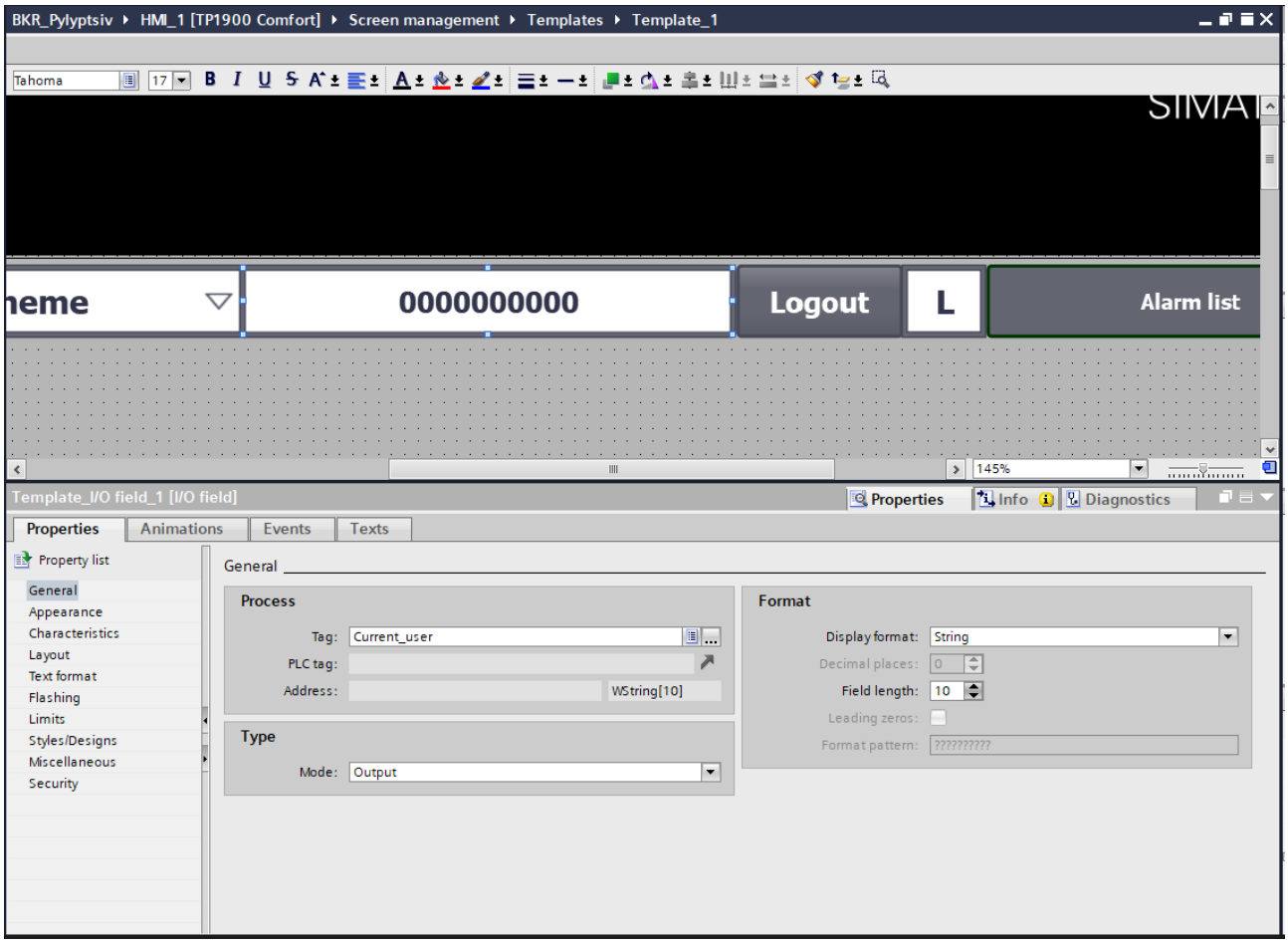


Рисунок 3.32. Графічне поле введення/виведення для відображення актуального користувача

1.4) Об’єкт Button (кнопка). Створено кнопку Logout (рисунок 3.33) за допомогою якої, можна вийти з облікового запису або змінити користувача. В меню Events додано макрос Logoff при виконанні якого відбувається розірвання сесії активного користувача.

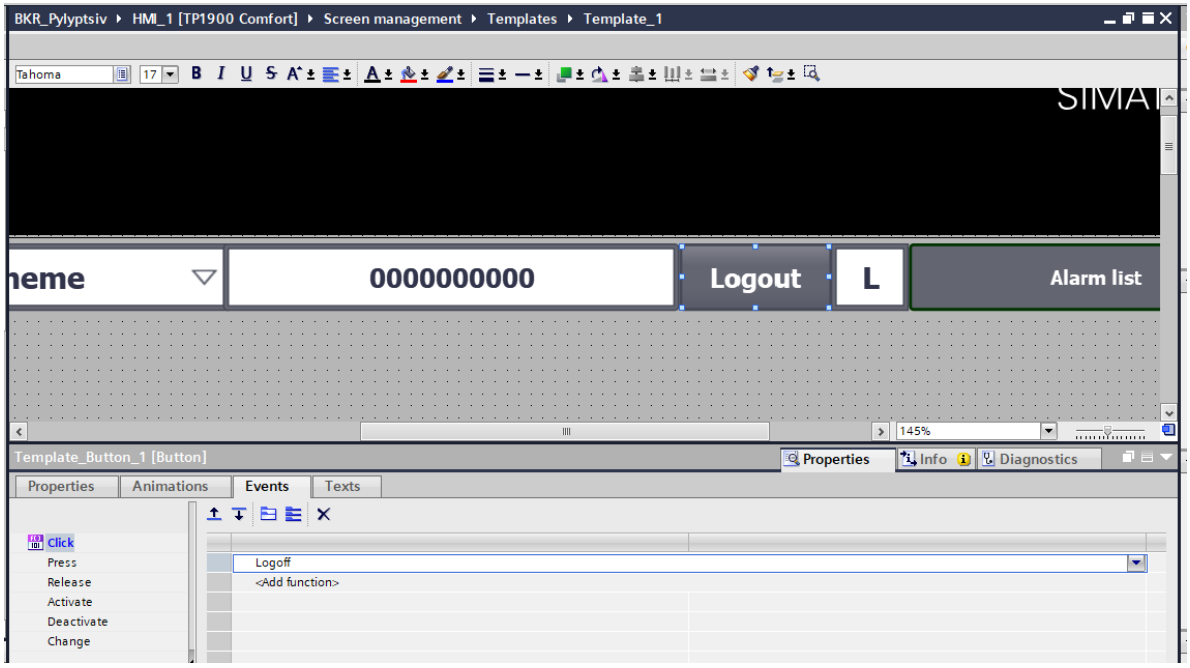


Рисунок 3.33. Кнопка Logout

1.5) Також реалізовано індикацію режиму керування за допомогою поля введення, виведення зображеного на рисунку 3.34, дане поле використовує тег Local_HMI типу bool, при зміні режиму керування буде індикуватись L-Local (0), H-HMI (1).

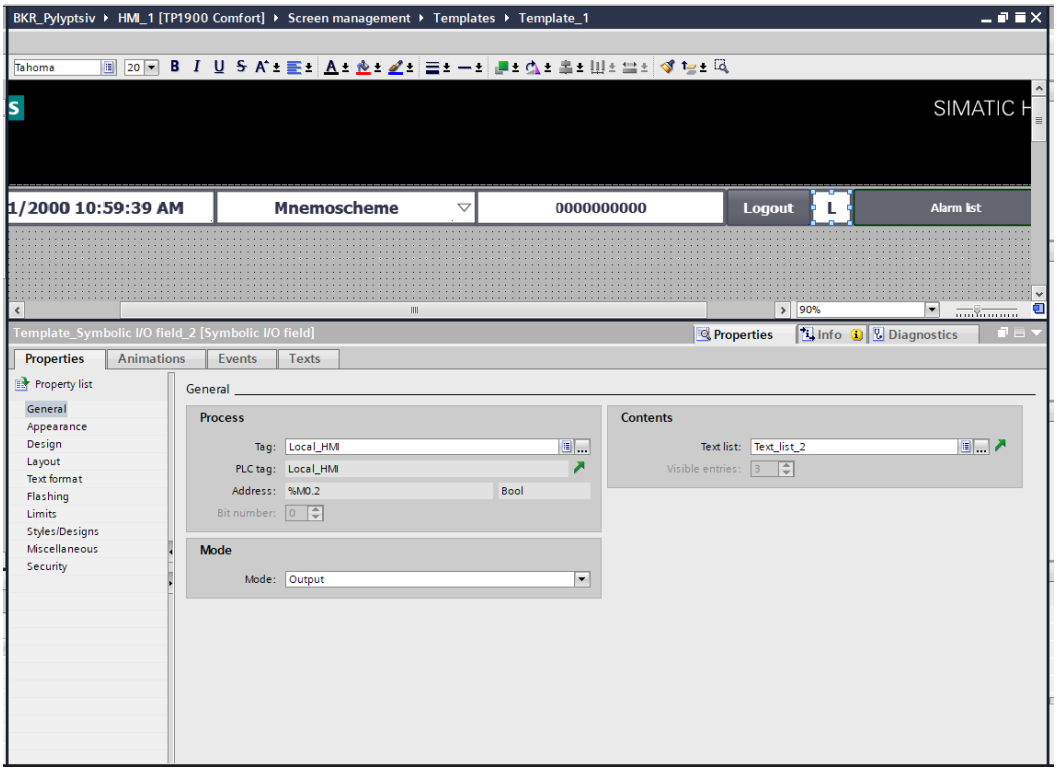


Рисунок 3.34. Графічне поле введення/виведення для відображення режиму керування

1.6) Кнопки з індикацією для перегляду актуальних аварій зображеної на рисунку 3.35. Дана кнопка за допомогою макросу ActiveScreen при натисканні змінює екран відповідно заданого індексу в тезі Screen_number.

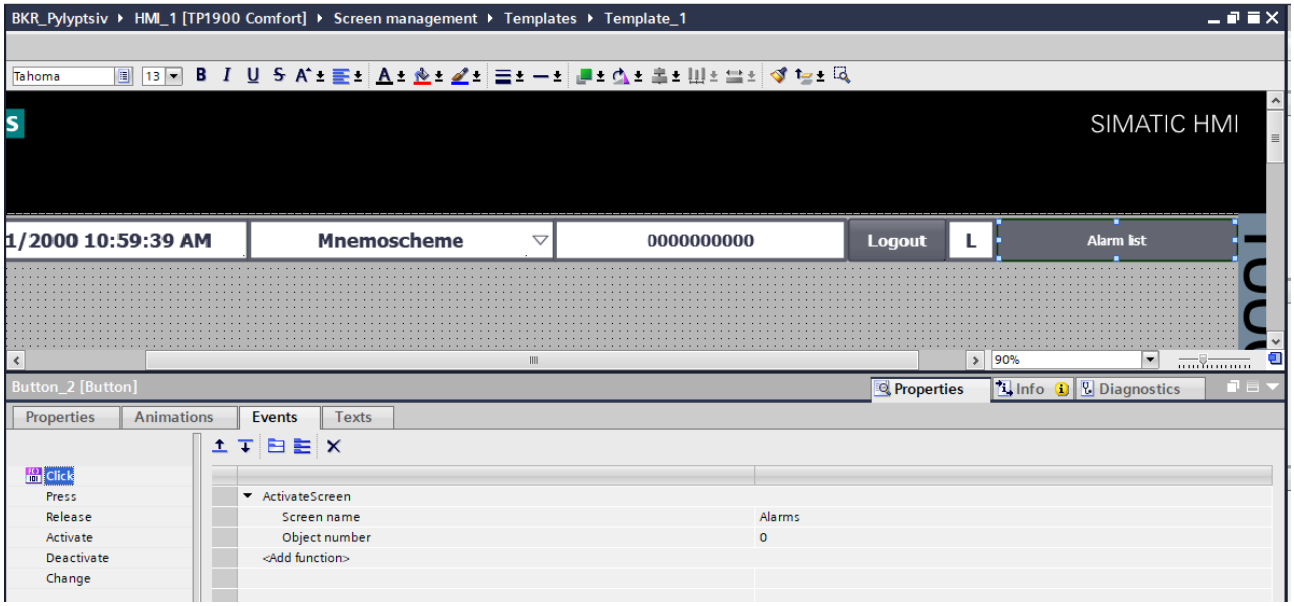


Рисунок 3.35. Кнопка з індикацією для перегляду актуальних аварій

Використання шаблонів як інструменту для розробки візуалізації HMI-панелі значно полегшує впровадження базового функціоналу у всіх вікнах проекту де потрібно відображати реальний час та дату, відображати актуальний екран, користувача. А також, дати можливість оператору швидко переходити між вікнами та відслідковувати важливу інформацію. Створений та описаний вище шаблон та його функціонал надалі буде використовуватись на всіх вікнах розробленого проекту HMI-панелі.

2. Поле Symbol library (бібліотека символів). Для графічного відображення на панелі обладнання, трубопроводів, насосів, вентиляторів, клапанів і т.д. використовується поле Symbol library (рисунок 3.36), в даному полі можна вибрати стандартну бібліотеки або додати інші користувацькі графічні бібліотеки в яких можна обрати графічні об’єкти для побудови мнемосхем об’єктів з можливість анімації.

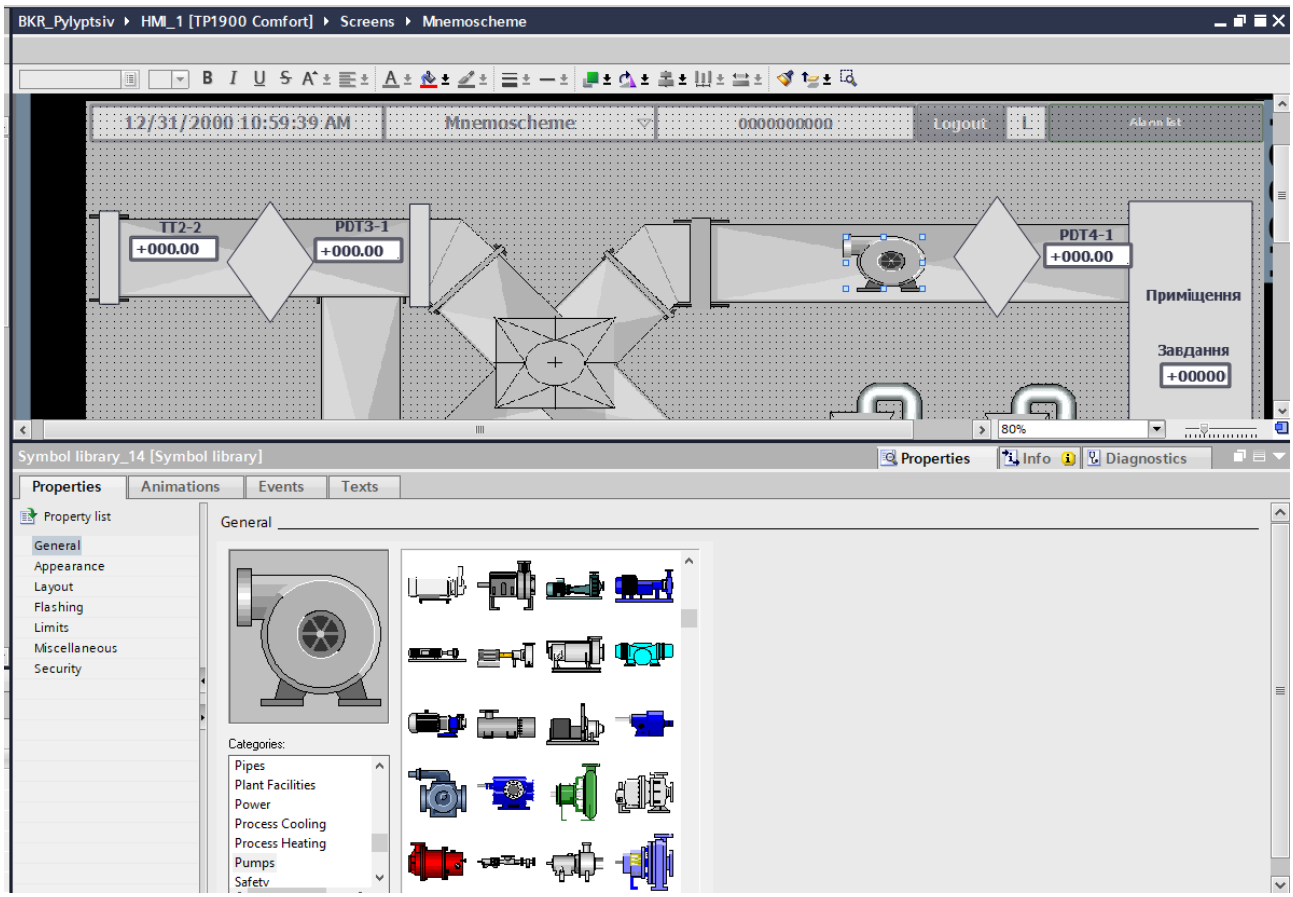


Рисунок 3.36. Графічне поле Symbol library

Для реалізації анімації необхідно перейти в меню Animations (рисунок 3.37) даного графічного об’єкту та задати умови і відповідну анімацію при виконанні цих умов.

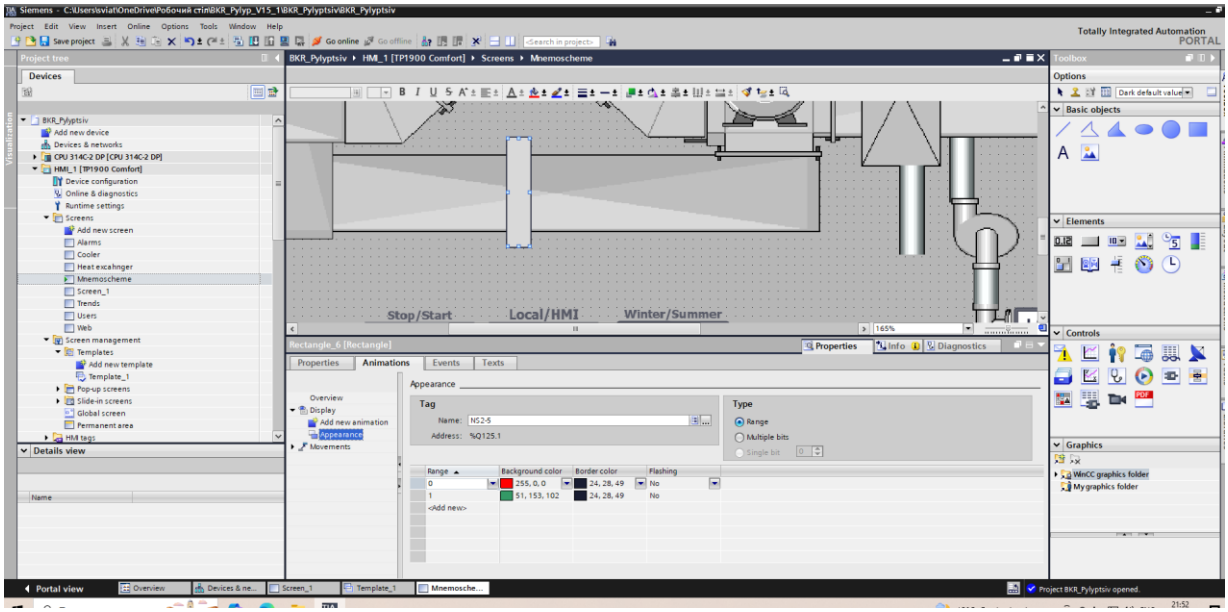


Рисунок 3.37. Меню Animations

3. Об’єкт Switch (перемикач). Для реалізації перемикачів на екрані HMI-панелі використовую графічний об’єкт Switch зображений на рисунку 3.38. В меню налаштування можна задати підпис перемикача та підписи положення. Для його функціонування необхідно прив’язати до нього тег формату bool. При зміні його положення, змінній буде присвоєно логічну одиницю або логічний нуль.

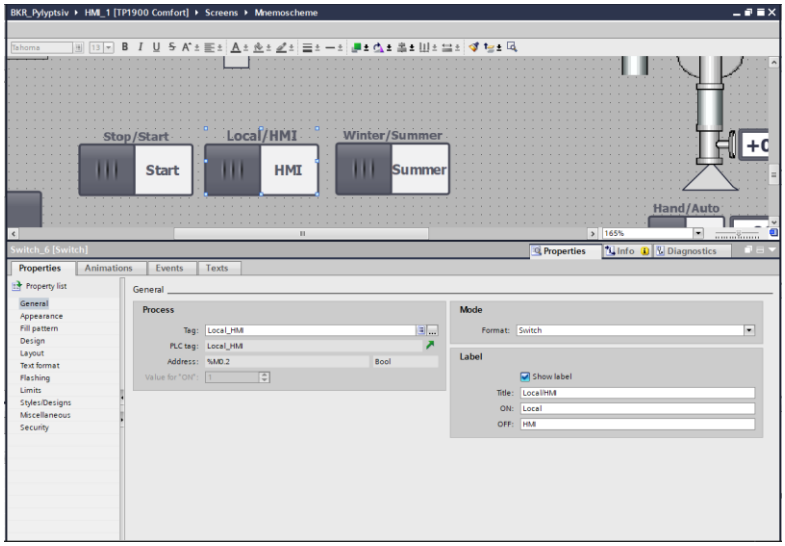


Рисунок 3.38 Графічний об’єкт Switch

4. Alarms view (поле перегляду аварій). Для відображення актуальних аварій на HMI-панелі використовується графічне поле Alarms view зображене на рисунку 3.39.

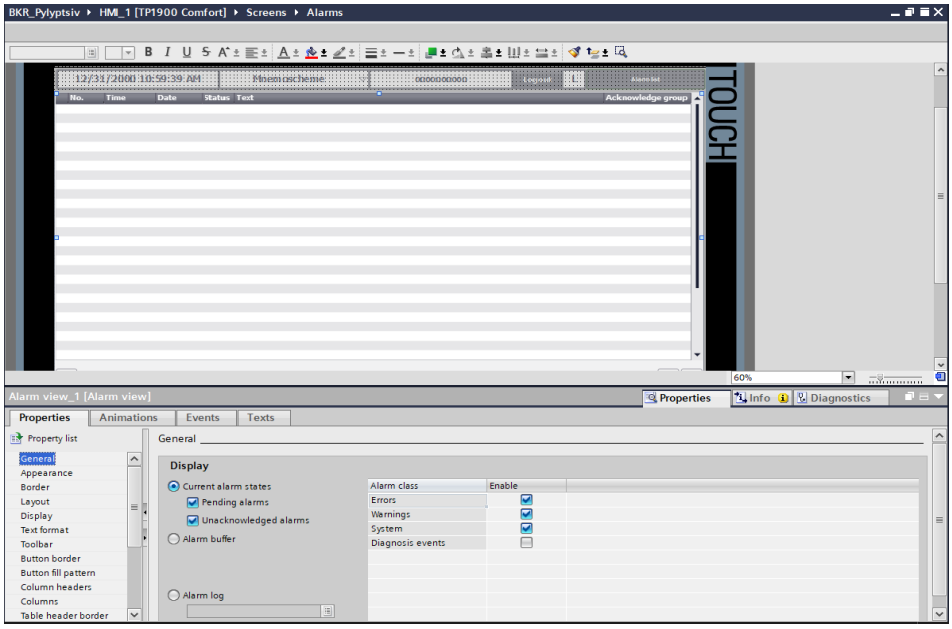


Рисунок 3.39. Графічне поле Alarms view

Для функціонування даного поля необхідно створити функцію в програмі ПЛК, яка буде записувати в змінну формату bool (trigger tag) наявність аварії (рисунок 3.40) та за допомогою меню HMI alarms в дереві проекту HMI-панелі описуємо кожну аварію і присвоюємо унікальну id та тег за якими вона буде виводитись на графічне поле (рисунок 3.41).

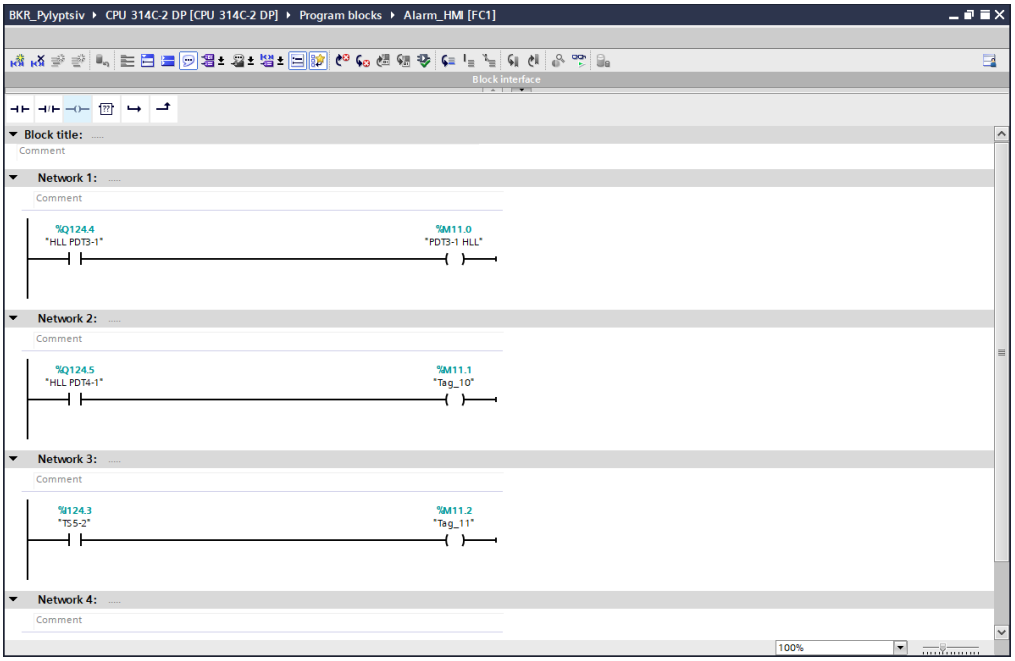


Рисунок 3.40 Визначення умов та створення trigger tag для аварій

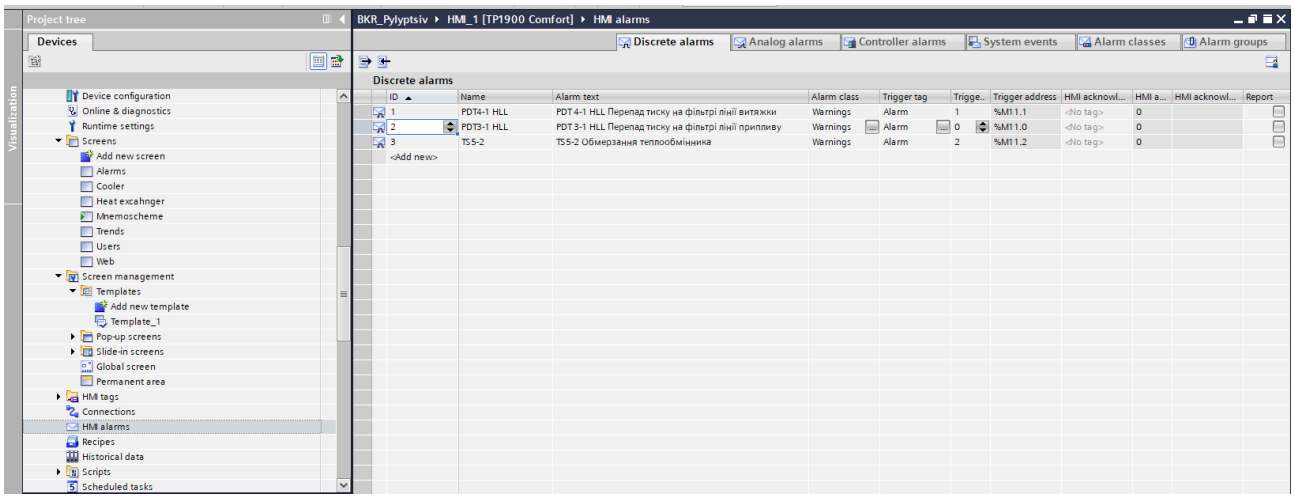


Рисунок 3.41 Меню HMI alarms з налаштованими аваріями

5. Trend view (поле перегляду трендів). Для відображення актуальних трендів, графіків на HMI-панелі використовується графічне поле Trend view зображене на рисунку 3.42. Для функціонування даного поля необхідно присвоїти колір, назву та змінну для відображення зміни параметра в реальному часі.

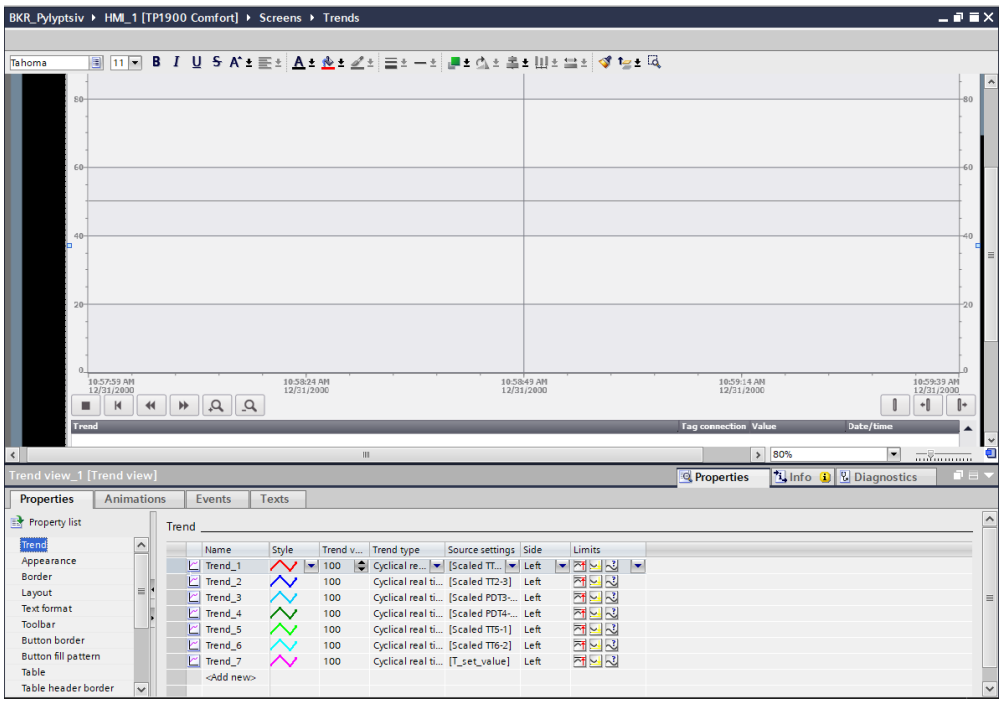


Рисунок 3.42 Графічне поле Trend view

6. User view (поле перегляду користувачів). Для можливості створення, редагування та адміністрування облікових записів для авторизації в HMI-панелі використовується графічне поле User view зображене на рисунку 3.43. Дане поле є окремим вбудованим інструментом яке допомагає оператору адмініструвати облікові записи в панелі без змін в проекті.

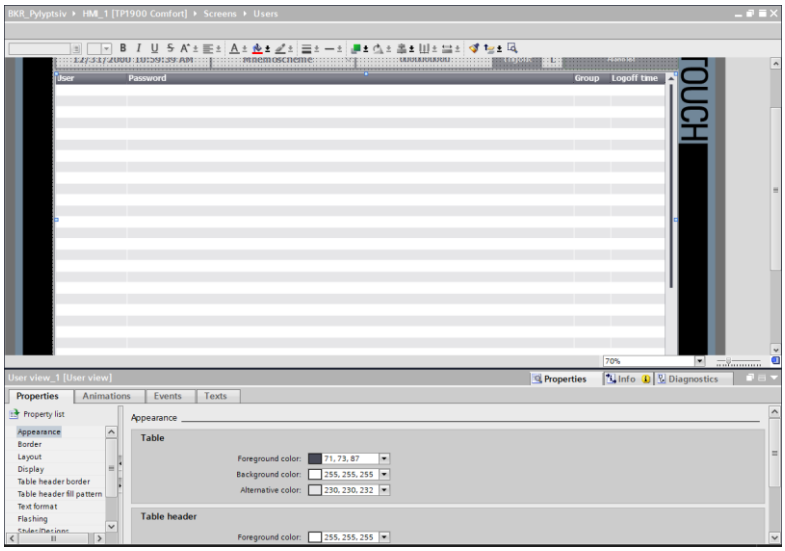


Рисунок 3.43 Графічне поле User view

7. HTML-browser (поле перегляду Web-ресурсу). За наявності підключення до інтернету з’являється можливість з використанням графічного поля HTML browser

(рисунок 3.44) відображати Web-ресурс за URL-посиланням, яке задається в полі налаштування URL.

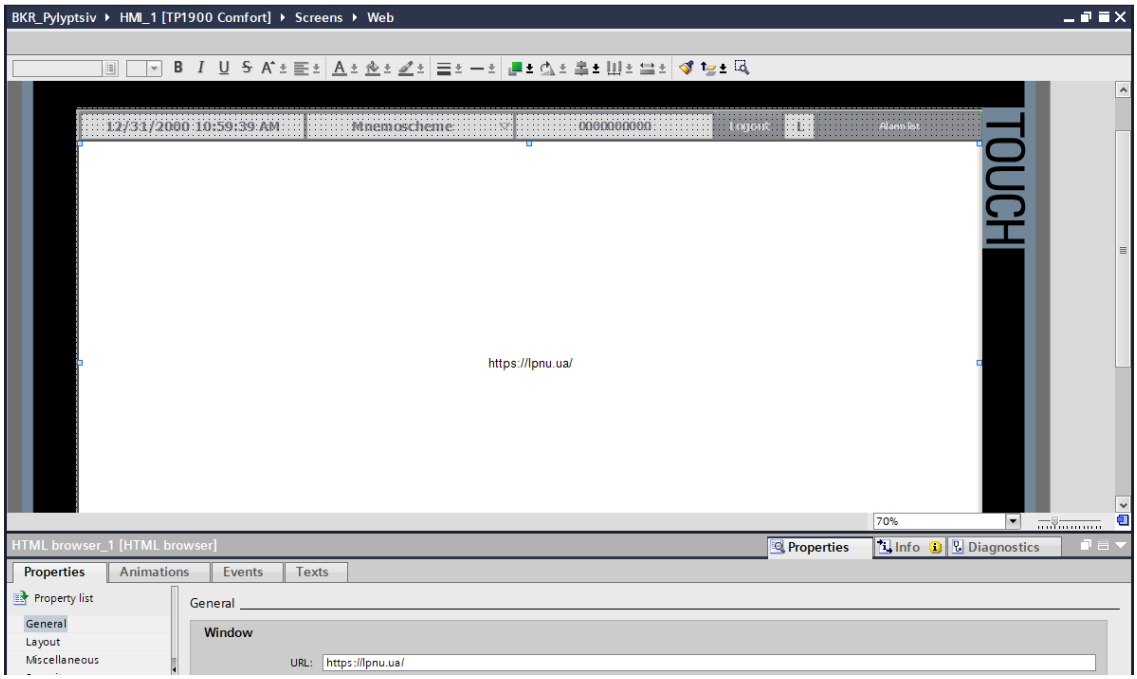


Рисунок 3.44. Графічне поле HTML browser

8. Text field (текстове поле). Для написання та редагування статичного тексту використовується текстове поле рисунок 3.45, де можна задати колір, шрифт, розмір, фон та позицію тексту.

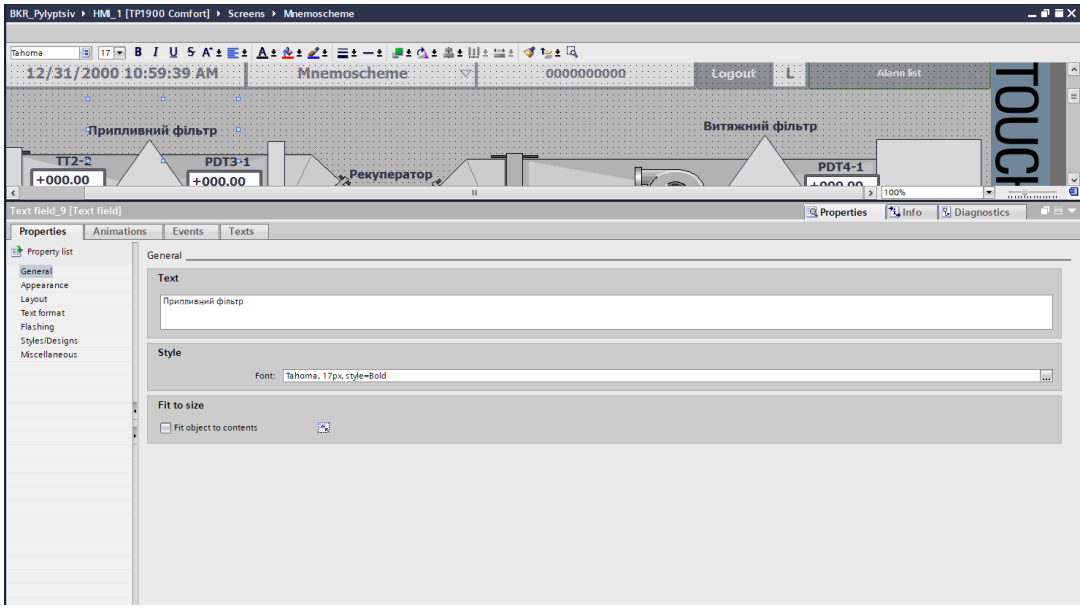


Рисунок 3.45. Текстове поле (Text field)

3.4. Специфікація технічних засобів автоматизації

Таблиця 3.2

Специфікація технічних засобів автоматизації

№ п/п	№ позиції	Назва параметра	Місце розміщення	Назва та коротка технічна характеристика приладу	Тип	К-сть
1	2	3	4	5	6	7
1.	1-1 5-1 6-1 6-2		На щиті	Перемикач “0-1” 24 В AC/DC 1 НВ та 1 НЗ	XB5AD23	4
2.	1-2 1-3 2-3 2-4		по місцю	Обертовий сервопривод NAFA Живлення 24 В AC/DC, 0,3А, потужністю 7,2 ВТ	NAFA 1-05 (S1)	4
3.	1-4 1-6		по місцю	Електромагнітний пускач ETI Номінальна робоча напруга 690 В, робочий струм 25 А, котушка 24 В DC	ETI CEM9.10-24V-DC	2
4.	5-4 6-4		по місцю	Електромагнітний пускач ETI Номінальна робоча напруга 230 В, робочий струм 20 А, котушка 24 В AC/DC	ETI RD 20-20 24V AC/DC 20A	2
5.	2-1	Температура в приміщенні	по місцю	Первинний перетворювач температури та вологості THD AUTONICS Діапазон вимірювання -90÷60°С з точністю ±0.8°С Вихідний аналоговий сигнал 4-20 мА	THD-R-C	1
6.	2-2	Температура первинного повітря	по місцю	Первинний перетворювач температури IFM Діапазон вимірювання -50÷150°С з точністю ±0.55°С Вихідний аналоговий сигнал 4-20 мА	IFM TA2437 (TA-100CLER12-A-ZVG/US)	3
	5-2	Температура після теплообмінника				
	6-3	Температура після теплообмінника				
7.	5-3	Температура теплообмінника	по місцю	Термостат захисту від замороження Діапазон налаштування -10÷15°С	01DTS-1	1

Продовження таблиці 3.2

1	2	3	4	5	6	7
8.	3-1 4-1	Перепад тиску	по місцю	Давач диференційного тиску повітря Belimo Діапазон вимірювання 0÷250 Па з точністю ±1Па Вихідний аналоговий сигнал 4-20 мА, 0-10 В	Belimo 22ADP-18Q S0	2
9.	5-6 6-6	Теплоносій Холодоносій	по місцю	Виконавчий механізм NABM Діапазон регулювання 1,2-10м^3/год Робочий тиск до 16 бар Керуючий сигнал 4-20 мА	NABM 1.2-10 (S1)	2
10.	5-7 6-7	Теплоносій Холодоносій	по місцю	Триходовий клапан NVCB Робочий тиск до 16 бар Діапазон робочої температури -10÷120 °C	NVCB 7000	2
11.	5-5 6-5	Теплоносій Холодоносій	по місцю	Циркуляційний насос Wilo-Star Робочий тиск до 10 бар Діапазон робочої температури -10÷110 °C	Wilo-Star-RS	2
12.	HL1, HL2		на щиті	Сигнальна LED лампа 24 В AC/DC	XA2EVB4 LC	2
13.			На щиті	Модуль центрального процесора Пам'ять користувача: 128 кб Дискретні входи(DI): 24 Дискретні виходи(DO): 16 Аналогові входи(AO): 5, 4-20 мА Аналогові виходи(AI): 2, 4-20 мА	CPU 314C-2 DP 6ES7 314-6CH04-0AB0	1
14.			На щиті	Модуль блоку живлення Вхідна напруга 230В AC. Вихідна напруга 24 В DC. Номінальний струм 5А.	PS 307 5A 6ES7 307-1EA01-0AA0	1
15.			На щиті	Модуль аналогових вхідних сигналів Аналогові входи(AI): 2, 4-20 мА	-SM331 AI2x12Bit 6ES7 331-7KB02-0AB0	1
16.			На щиті	Сенсорна HMI-панель Діагональ 18,5дюйма (47 см) Тип дисплею: TFT-LCD Роздільна здатність: 1366x768 пікселів (HD)	Simatic HMI TP 1900 серії Comfort 6AV2 124-0UC02-0AX	1

Висновки до розділу 3.

В ході виконання третього розділу бакалаврської кваліфікаційної роботи виконані такі завдання: підібрано технічні засоби автоматизації, обрано конфігурацію для мікропроцесорного програмного засобу автоматизації серії - Simtatc S7-300 виробництва компанії Siemens, а також описано конфігурацію сенсорної операторської HMI-панелі Simatic HMI TP 1900 серії Comfort та описано інструментарій необхідний для розробки проекту людино-машинного інтерфейсу для системи кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно-побутового комплексу.

РОЗДІЛ 4 РОЗРОБЛЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗГОРНУТИМ СПОСОБОМ ТА ЇЇ ОПИС

Розроблення схеми починається з аналізу вимог до системи автоматизації. Необхідно проаналізувати функціональні, технічні та інші вимоги замовника, а також вимоги до безпеки, ефективності та надійності системи. На основі зібраних даних розробляється концепція функціональної схеми автоматизації. Це включає в себе визначення основних функцій системи, взаємозв'язків між ними та загальної структури системи.

Контур 1. Дискретне керування пуском і зупинкою системи.

Пуск і зупинка системи відбувається за допомогою перемикача (1-1) при зміні положення якого через канал дискретного входу сигнал поступає на ПЛК, який згідно програми функціонування через канали дискретного виходу подає сигнал на обертові серводвигуни (1-2, 1-3) для відкривання/закривання жалюзі на вході та виході з системи. А також сигнал поступає на котушки електромагнітних пускачів (1-4, 1-6), які вмикають електроприводи вентиляторів (1-5, 1-7) на припливній та витяжній лініях.

Окрім цього, на HMI-панелі реалізовано функцію увімкнення та вимкнення системи, а також індикацію положення жалюзі на лініях припливу та витяжки та стану вентиляторів на цих лініях.

Контур 2. Дискретне керування роботою та захистом рекуператора.

Температура первинного повітря вимірюється за допомогою первинного перетворювача температури (2-2), а в приміщенні за допомогою первинного перетворювача температури (2-1). Виміряні значення температур через канали аналогового входу поступають на ПЛК, який згідно програми функціонування подає сигнали через канали дискретного виходу на серводвигуни (2-3, 2-4), які закривають/відкривають жалюзі перед рекуператором, водночас відкривають/закривають жалюзі на байпасній лінії.

Окрім цього, на HMI-панелі реалізовано індикацію положення жалюзі на рекуператорі та на байпасній лінії, також додано можливість відображення температури в приміщенні та на вході в систему в реальному часі.

Контур 3,4. Сигналізація перепаду тиску на фільтрах припливної та витяжної лінії.

Різниця тисків на фільтрах припливної та витяжної лінії вимірюються за допомогою давачів перепаду тиску (3-1, 4-1), сигнали з яких через канали аналогового входу поступають на ПЛК, який згідно програми функціонування подає сигнали через дискретні вихідні канали на сигнальні лампи червоного кольору (HL1, HL2).

Окрім цього, на HMI-панелі реалізовано індикацію стану фільтрів та відображення поточного значення перепаду тиску на цих фільтрах в реальному часі.

Контур 5. Регулювання температури в приміщенні в режимі зима.

Температура в приміщенні вимірюється за допомогою первинного перетворювача температури (2-1), а також на виході з теплообмінника за допомогою первинного перетворювача температури (5-2). Виміряні значення температур через канали аналогового входу поступають на ПЛК, який згідно ПІД-закону регулювання в режимі зима (режим задається перемикачем (6-1) через дискретний вхідний канал) подає сигнал через аналоговий вихідний канал на виконавчий механізм (5-6), який змінює положення триходового клапану (5-7). Контролер також подає сигнал згідно програми функціонування через дискретний вихідний канал на котушку електромагнітного пускача (5-4), який вмикає електропривід циркуляційного насосу (5-5). У цьому контурі регулювання реалізовано також переключення режиму керування ПІД-закону регулювання з автоматичного в ручний за допомогою перемикача (5-1), який через дискретний вхідний канал подає сигнал на ПЛК.

Також передбачений захист теплообмінника від замерзання. При спрацюванні термостата захисту від замороження (5-3), сигнал з якого через дискретний вхідний

канал поступає на ПЛК, контролер згідно програми функціонування подає дискретний вихідний сигнал на котушку електромагнітного пускача (5-4), який вмикає електропривід циркуляційного насосу (5-5).

Окрім цього на операторській HMI-панелі реалізовано відображення стану циркуляційного насосу, індикацію спрацювання термостату, відображення температури на виході з теплообмінника в реальному часі, а також реалізовано можливість зміни параметрів налаштування ПІД-регулятора.

Контур 6. Регулювання температури в приміщенні в режимі літо.

Температура в приміщенні вимірюється за допомогою первинного перетворювача температури (2-1), а також на виході з охолоджувача за допомогою первинного перетворювача температури (6-3). Виміряні значення температур через канали аналогового входу поступають на ПЛК, який згідно ПІД-закону регулювання в режимі літо (режим задається перемикачем (6-1) через дискретний вхідний канал) подає сигнал через аналоговий вихідний канал на виконавчий механізм (6-6), який змінює положення триходового клапану (6-7). Контролер подає дискретний вихідний сигнал на котушку електромагнітного пускача (6-4), який вмикає електропривід циркуляційного насосу (6-5). У цьому контурі регулювання реалізовано також переключення режиму керування ПІД-закону регулювання з автоматичного в ручний за допомогою перемикача (6-2), який через дискретний вхідний канал подає сигнал на ПЛК.

Окрім цього на операторській HMI-панелі реалізовано відображення стану циркуляційного насосу, відображення температури на виході з охолоджувача в реальному часі, а також реалізовано можливість зміни параметрів налаштування ПІД-регулятора.

Розгорнута функціональна схема автоматизації системи кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно-побутового комплексу представлена на аркуші №1 графічної частини.

Висновки до розділу 4.

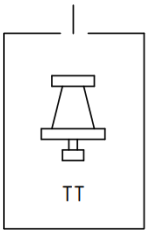
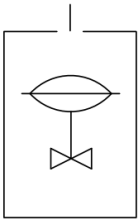
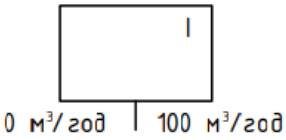
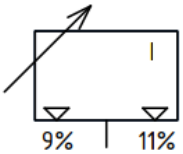
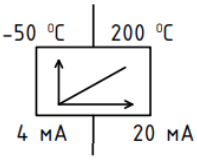
В ході виконання четвертого розділу бакалаврської кваліфікаційної роботи виконані такі завдання: з урахуванням підібраних засобів автоматизації розроблено функціональну схему автоматизації розгорнутим способом, яка представлена на графічному плакаті №1, описано контури функціонування системи автоматизації.

РОЗДІЛ 5 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

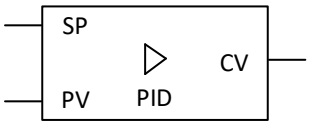
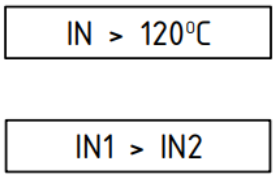
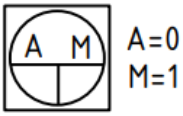
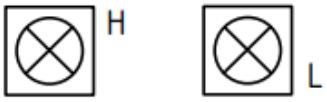
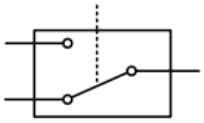
5.1 Алгоритми функціонування контурів системи автоматизації

Для побудови алгоритмів функціонування контурів регулювання, індикації, сигналізації та вимірювання системи кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно-побутового комплексу у відповідності до функціональної схеми автоматизації, спрощений вигляд якої представлено на рисунку 2.1 використано графічні елементи (блоки), які представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Зовнішній вигляд елементу	Опис елементу
	- первинний вимірювальний перетворювач, давач, периферійний пристрій для відстежування величини технологічного параметра.
	- виконавчий механізм з аналоговим керуючим сигналом в комплекті з регулюючий органом.
	- аналоговий індикатор технологічного параметру.
	- задавач аналогового сигналу з обмеженням діапазону по двох значеннях.
	- лінійне перетворення (масштабування) аналогового сигналу.

Продовження таблиці 5.1

	- ПІД-регулятор.
	- електро-магнітне реле, контактор.
	- елементи порівняння аналогового сигналу та заданого значення, або двох аналогових сигналів на більше / менше / рівність.
	- кнопка «пуск» (увімкнення).
	- кнопка «стоп» (вимкнення).
	- перемикач режимів роботи регулятора або схеми керування.
	- світло-сигнальний індикатор сигналізації по верхній, нижній межі технологічного параметру.
	- селектор (перемикач) аналогових або дискретних сигналів.

Контур 1. Дискретне керування пуском і зупинкою системи.

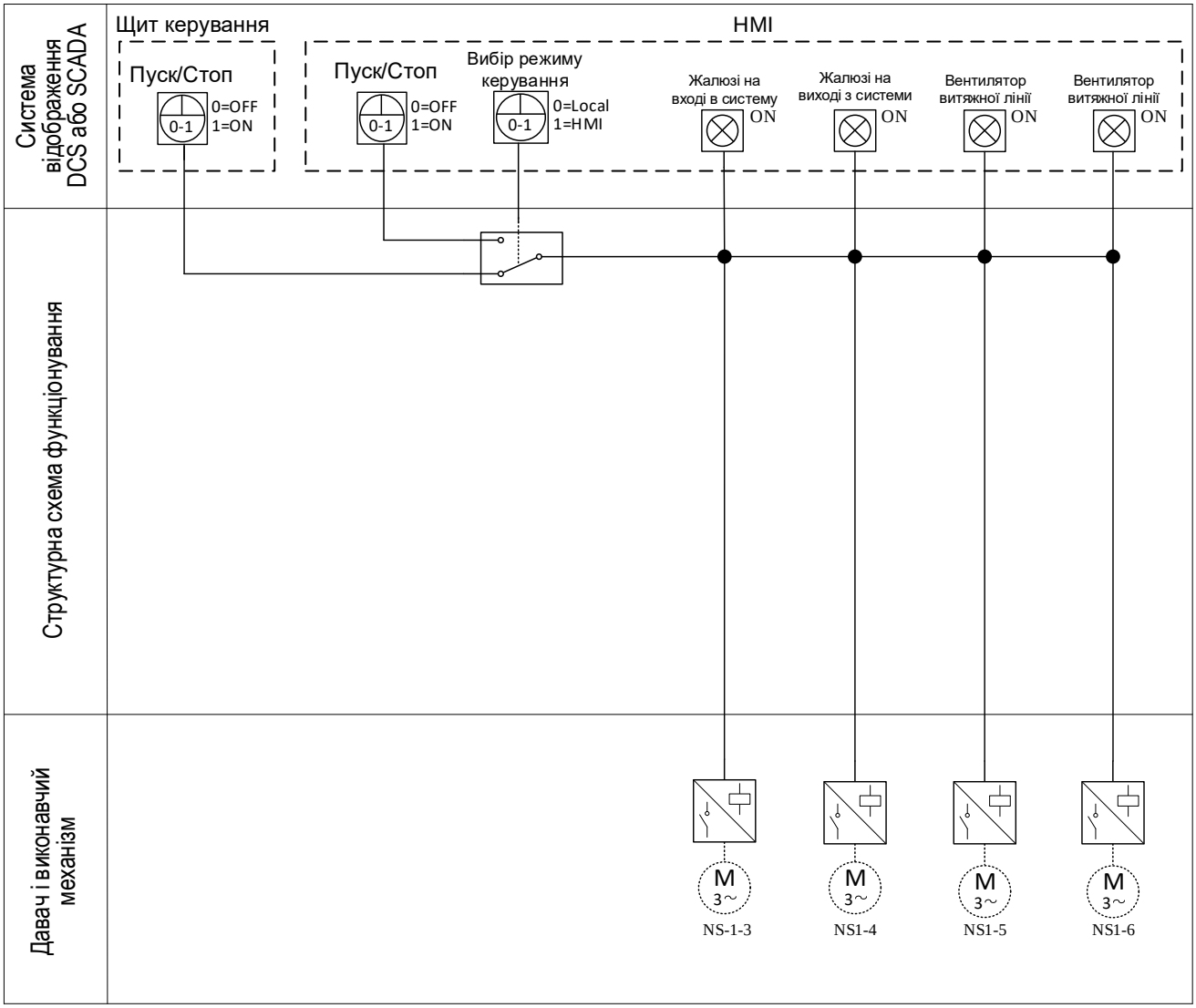


Рисунок 5.1. Алгоритм функціонування контуру №1 «Дискретне керування пуском і зупинкою системи»;

Контур 2. Дискретне керування роботою та захистом рекуператора.

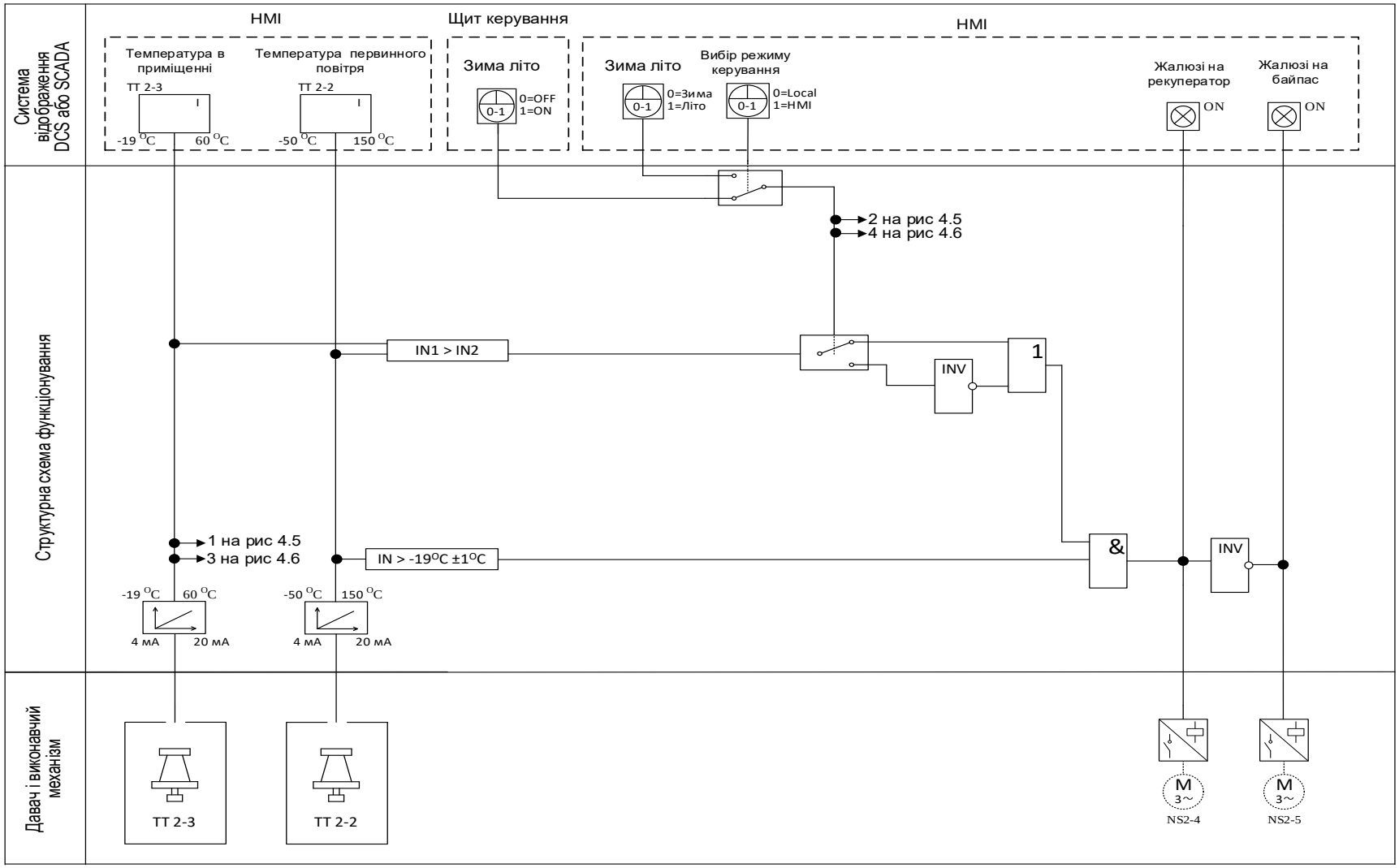


Рисунок 5.2. Алгоритм функціонування контуру №2 «Дискретне керування роботою та захистом рекуператора»;

Контур 3. Сигналізація перепаду тиску на фільтрі припливної лінії.

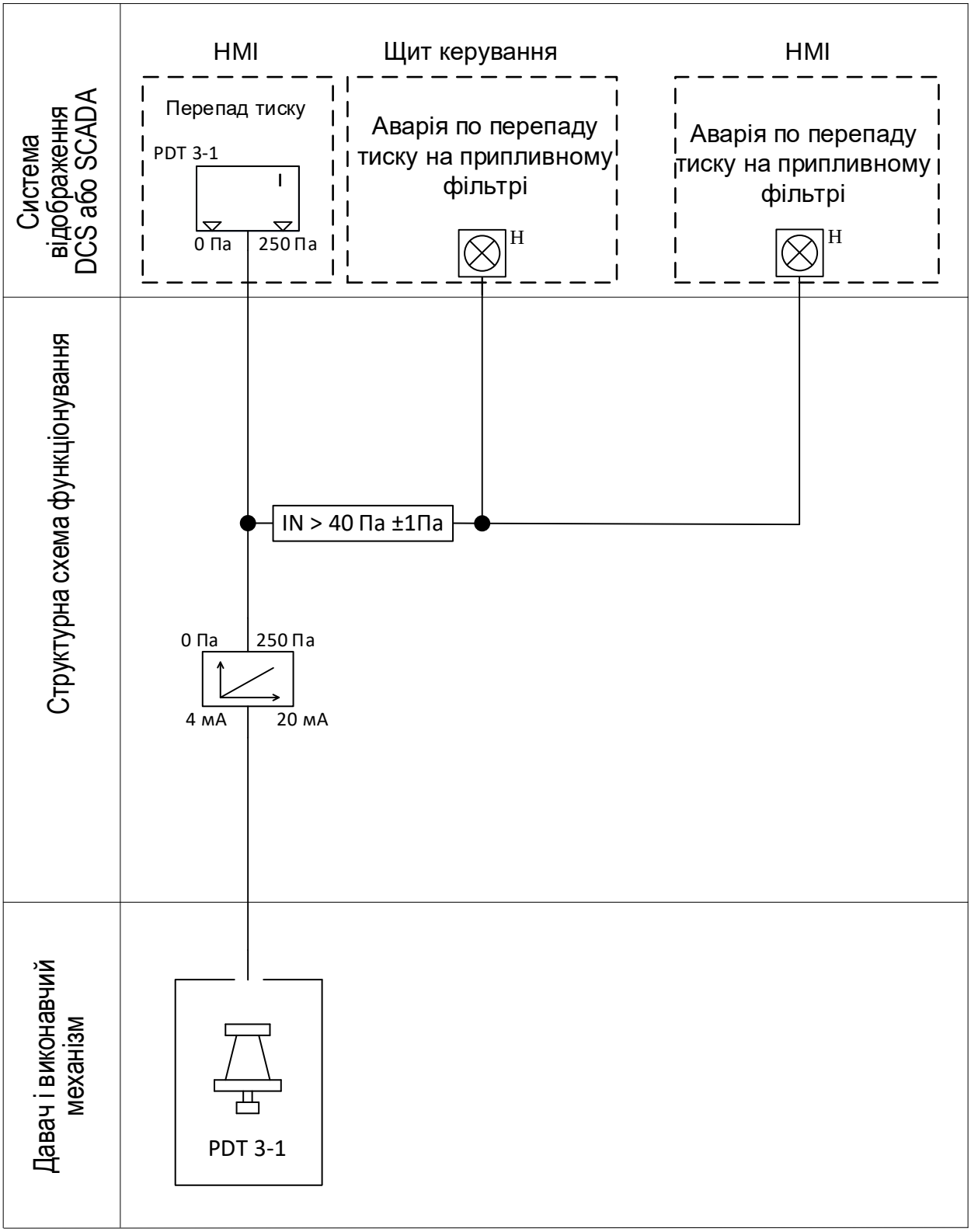


Рисунок 5.3. Алгоритм функціонування контуру №3 «Сигналізація перепаду тиску на фільтрі припливної лінії»;

Контур 4. Сигналізація перепаду тиску на фільтрі витяжної лінії.

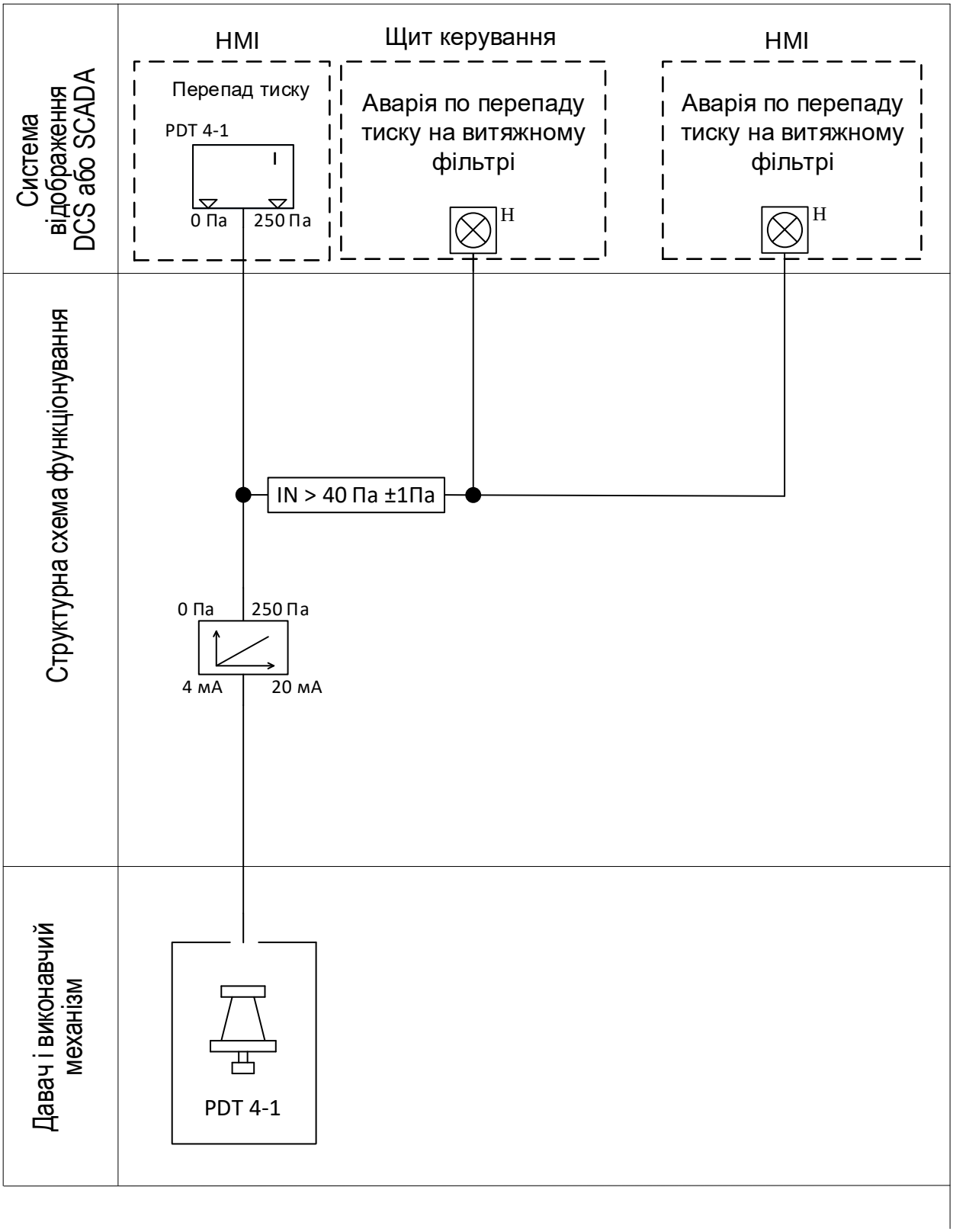


Рисунок 5.4. Алгоритм функціонування контуру №4 «Сигналізація перепаду тиску на фільтрі витяжної лінії»;

Контур 5. Регулювання температури в приміщенні в режимі зима.

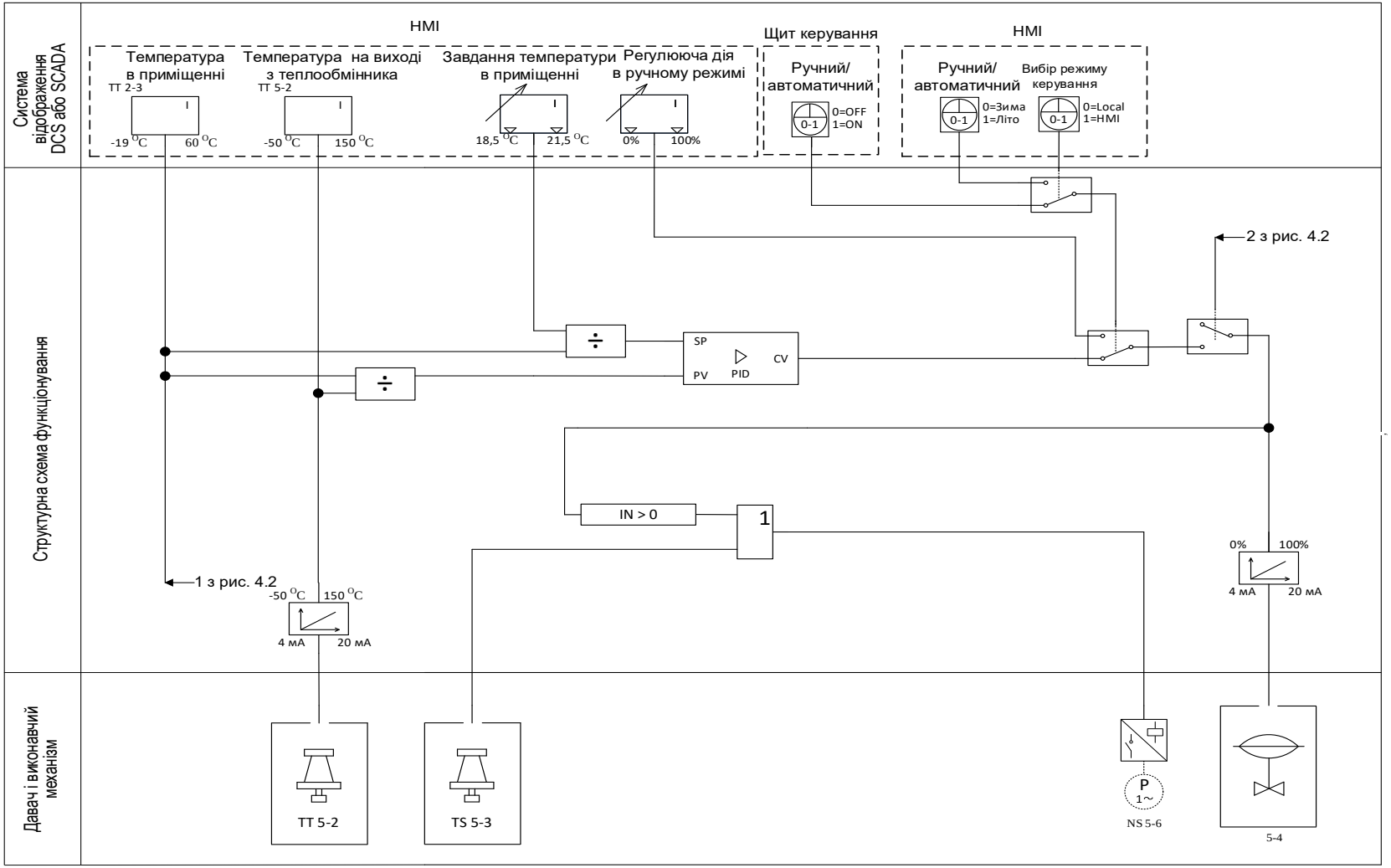


Рисунок 5.5. Алгоритм функціонування контуру №5 «Регулювання температури в приміщенні в режимі зима»;

Контур 6. Регулювання температури в приміщенні в режимі літо.

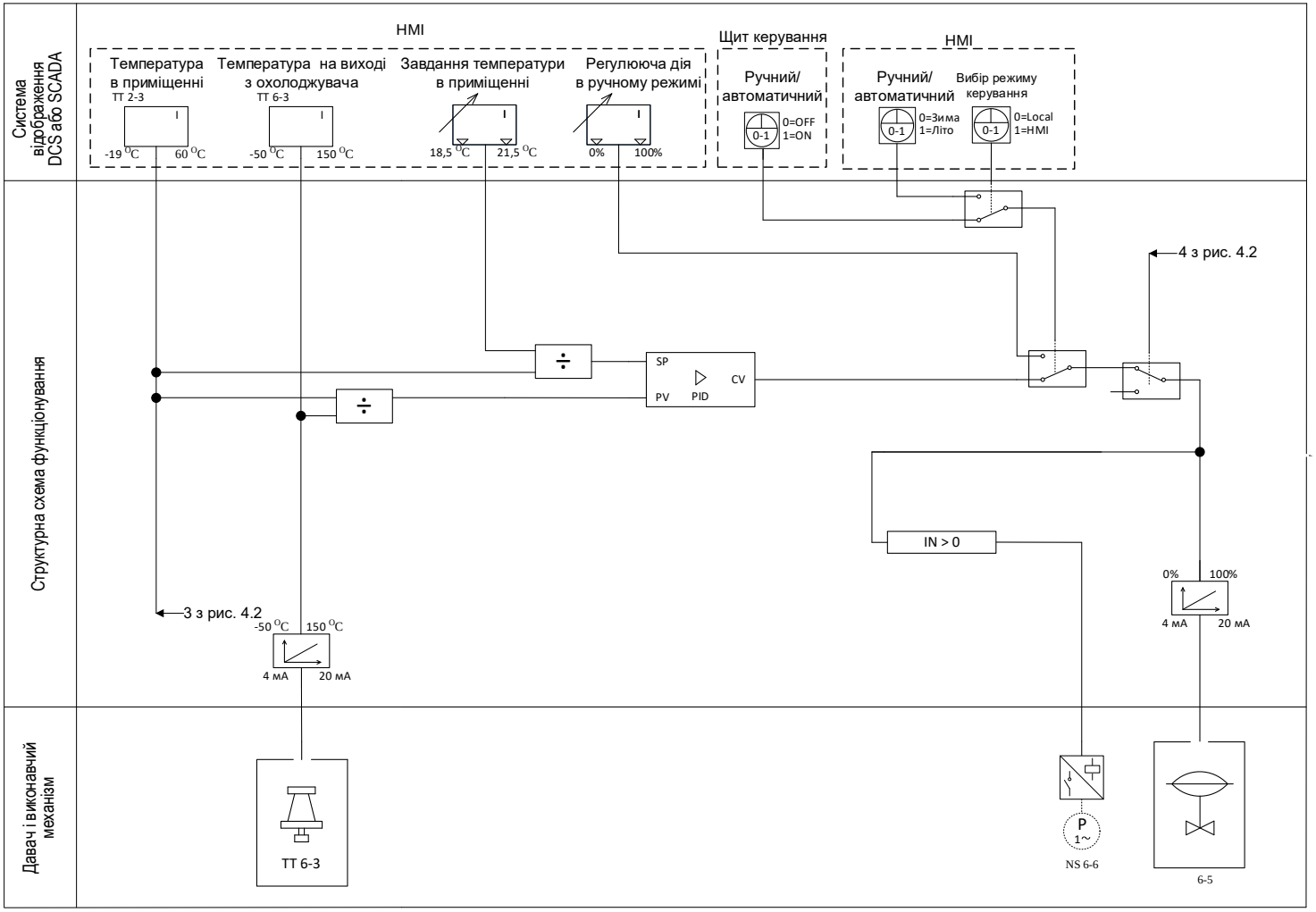


Рисунок 5.6. Алгоритм функціонування контуру №6 «Регулювання температури в приміщенні в режимі літо»;

5.2 Програма функціонування мікропроцесорного програмованого засобу автоматизації

На підставі розроблених алгоритмів функціонування комп'ютерно інтегрованої системи керування кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно-побутового комплексу, що представлені в підрозділі 5.1, здійснюю розробку програми роботи мікропроцесорного програмного засобу автоматизації серії Simatic S7-300.

Загалом програма складається з типового набору стандартних підпрограм (процедур), зокрема:

1. Процедура обробки та масштабування вхідного аналогового сигналу, яка полягає в перетворені числового значення з формату Integer (INT) в формат REAL та приведення цього значення до діапазону вимірювання первинного вимірювального перетворювача. Цю процедуру можна виконати за допомогою функції перетворення (функціонального блоку) SCALE (рисунок 5.7) [16], [18].

Основними параметрами, які потрібно налаштувати є:

IN – вхідний аналоговий сигнал в форматі INT;

HI_LIM – верхня межа масштабованого сигналу;

LO_LIM – нижня межа масштабованого сигналу;

BIPOLAR – зміна діапазону значень (0 – 27648, 1 - -27648 : +27648);

RET_VAL - повернення коду статусу виконання функції.

OUT – промасштабований вихідний сигнал в форматі REAL;

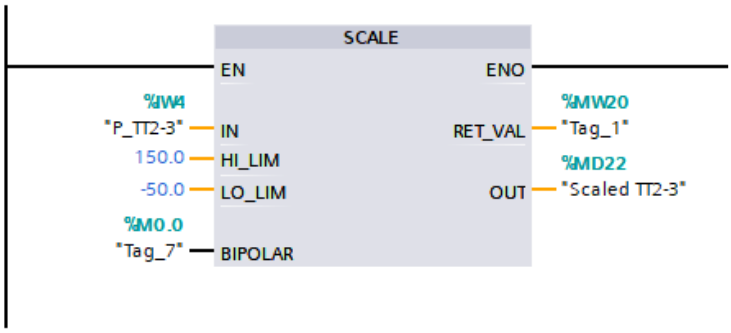


Рисунок 5.7. Уривок програми процедури обробки та маштабування вхідного аналогового сигналу за допомогою функціонального блоку (Scale)

2. Для формування завдання ПІД-регулятора використовується функція ділення (функціонального блоку) DIV який представлений на рисунку 5.8. Перш ніж налаштувати блок при його створенні потрібно обрати формат даних з яким буде працювати даний блок (в даному випадку використовується числове значення в форматі REAL) [16], [18].

Основними параметрами, які потрібно налаштувати є:

IN1 – значення чисельника в форматі REAL;

IN2 – значення знаменника в форматі REAL;

OUT – вихідне значення блоку в форматі REAL;

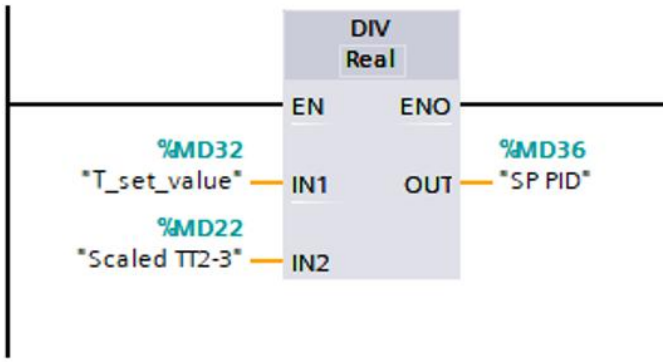


Рисунок 5.8. Реалізація формування завдання ПІД-регулятора за допомогою функціонального блоку (DIV)

3. Процедура формування ПІД-закону регулювання із використанням функціонального блоку CONT-C, який реалізовує аналогове керування.

Загальний вигляд функціонального блоку представлений на рисунку 5.9 [16], [18].

Основними параметрами, які потрібно налаштувати є:

MAN_ON задання режиму керування (0 – автоматичне, 1 – ручне);

SP_INT – числове значення завдання в форматі REAL;

PV_IN – оброблене значення вхідного аналогового сигналу в форматі REAL;

MAN – числове значення керуючої дії в ручному режимі в форматі REAL;

GAIN – коефіцієнт підсилення (пропорційна складова ПІД-регулятора в форматі REAL);

TI – час інтегрування (інтегральна складова ПІД-регулятора в с);

TD – час диференціювання (диференційна складова ПІД-регулятора в с);

LMN – регулююча дія в форматі REAL;

LMN_PER – регулююча дія в форматі INT в межах від 0 до 27648, яку безпосередньо можна адресувати на фізичні канали аналогового виходу ПЛК.

ER – числове значення розузгодження між числовими значеннями виміряного параметра по контуру регулювання.

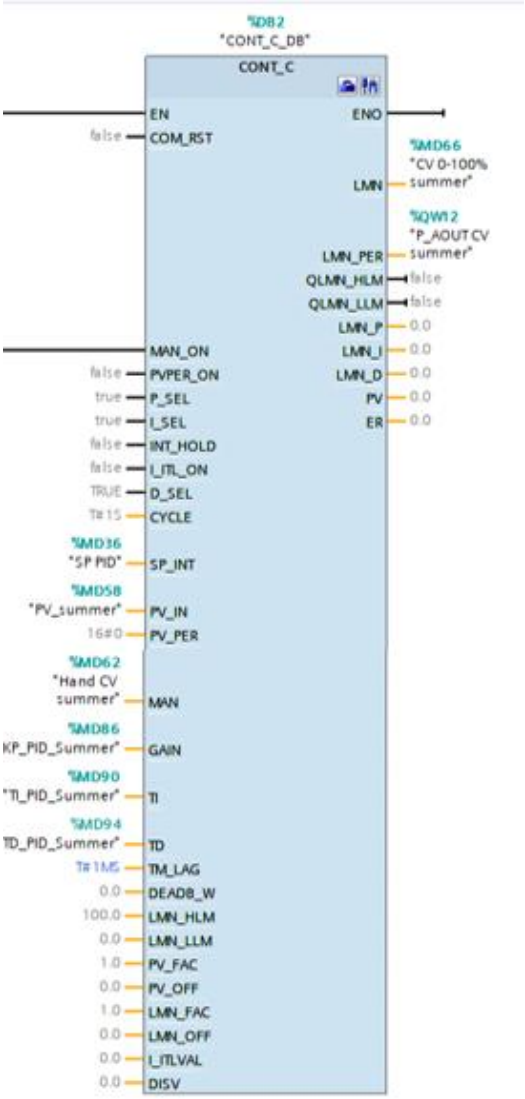


Рисунок 5.9. Функціональний блок CONT-C для реалізації аналогового ПІД-закону регулювання

4. Реалізація уривку програми для безударного переходу з автоматичного режиму в ручний. Приклад такої програми представлено на рисунку 5.10 і реалізується за допомогою функціонального елемента переміщення даних MOVE.

Зокрема в автоматичному режимі роботи значення регулюючої дії з комірки MD44 перезаписується у комірку пам'яті ручного керування MD48 і при переході з автоматичного режиму керування в ручний в початковий момент часу ми забезпечуємо наявність в комірці ручного режиму керування останнього значення автоматичного керування [16], [18].

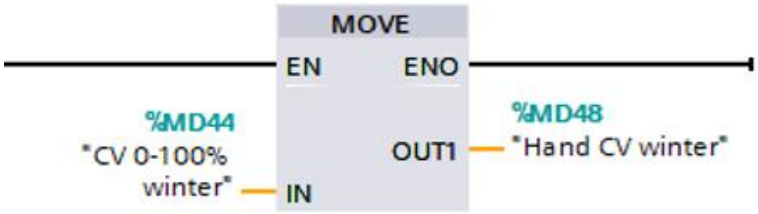


Рисунок 5.10. Реалізація уривку програми для безударного переходу з автоматичного режиму в ручний

5. Світлова сигналізація аварійного стану. Для реалізації світлової сигналізації використовуються елементи порівняння CMP, при створенні даного елементу потрібно обрати необхідний формат даних в даному випадку використовується числове значення в форматі REAL. За цих елементів можна встановити межі критичних значень технологічного параметру. Приклад реалізації такого фрагменту програми представлено на рисунку 5.11 [16], [18].

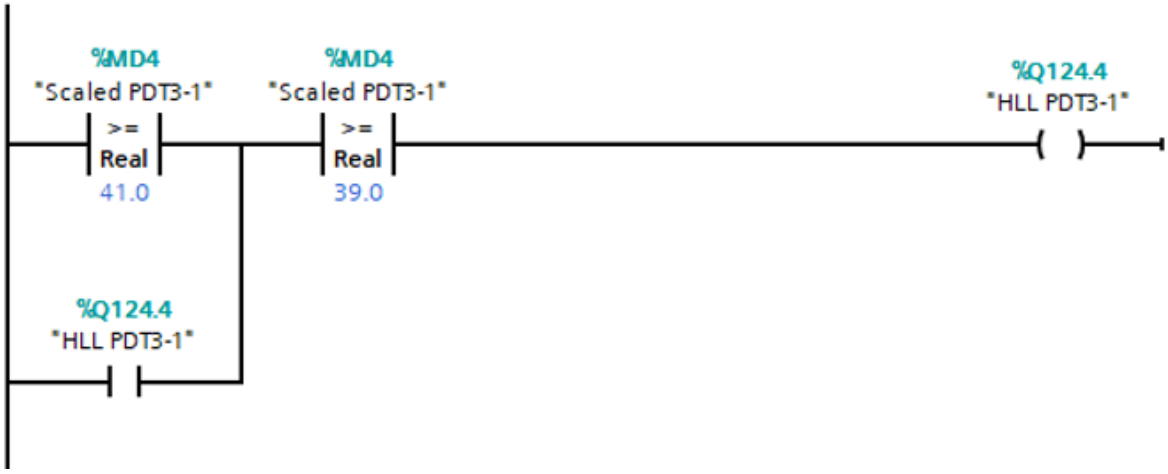


Рисунок 5.11. Уривок програми для реалізації світлової сигналізації по верхньому значенню технологічного параметра.

5.3 Розроблення людино-машинного інтерфейсу

Людино-машинний інтерфейс системи кондиціонування повітря адміністративно-побутового комплексу представлений у вигляді екранів на операторській HMI-панелі. Проект містить наступні екрани: Mnemoscheme (екран керування системою кондиціонування повітря), Heat exchanger (екран керування теплообмінником), Cooler (екран керування охолоджувачем), Alarms (екран перегляду аварійних повідомлень), Users (екран адміністрування та редагування облікових записів користувачів), Web (екран перегляду Web-ресурсу), Trends (екран перегляду трендів (графіків).

Розглянемо вище описані вікна:

1. Екран керування системою

На цьому екрані використано шаблон (template), який відображає час та дату, поточний екран, ім’я актуального користувача, режим керування системою та дозволяє переходити між екранами за допомогою об’єкту випадаючого списку, дозволяє перейти на екран Alarms, де можна переглянути актуальні аварії, а також за допомогою кнопки Logout можна вийти з обікового запису.

Зображено головну мнемосхему системи за допомогою графічного поля Symbol library. На ній відображено повітряпроводи, насоси, вентилятори, рекуператор, фільтри, теплообмінник та охолоджувач, клапани та трубопроводи.

За допомогою графічного об’єкту switch реалізовю перемикач пуску та зупинки системи, зміни режиму керування з локального на дистанційне, зміна режиму роботи системи зима/літо, а також реалізовую перемикачі автоматичного/ручного керування роботи теплообмінника та охолоджувача.

За допомогою поля введення/виведення (I/O field) реалізовую вивдення промасштабованих значень температур, ступення відкриття регулюючого органу (РО) на трубопроводі теплообмінника та охолоджувача, введення значення завдання температури в приміщенні та введення ступеня відкриття РО в ручному режимі на трубопроводах теплообмінника та охолоджувача.

За допомогою кнопок Trend, Alarm list, Users з використанням макросу ActiveScreen в меню Events реалізовано перехід на одноіменні екрани.

За допомогою текстового поля (Text field) реалізовано статичні текстові написи. Загальний вигляд екрану керування системою представлено на рисунку 5.12

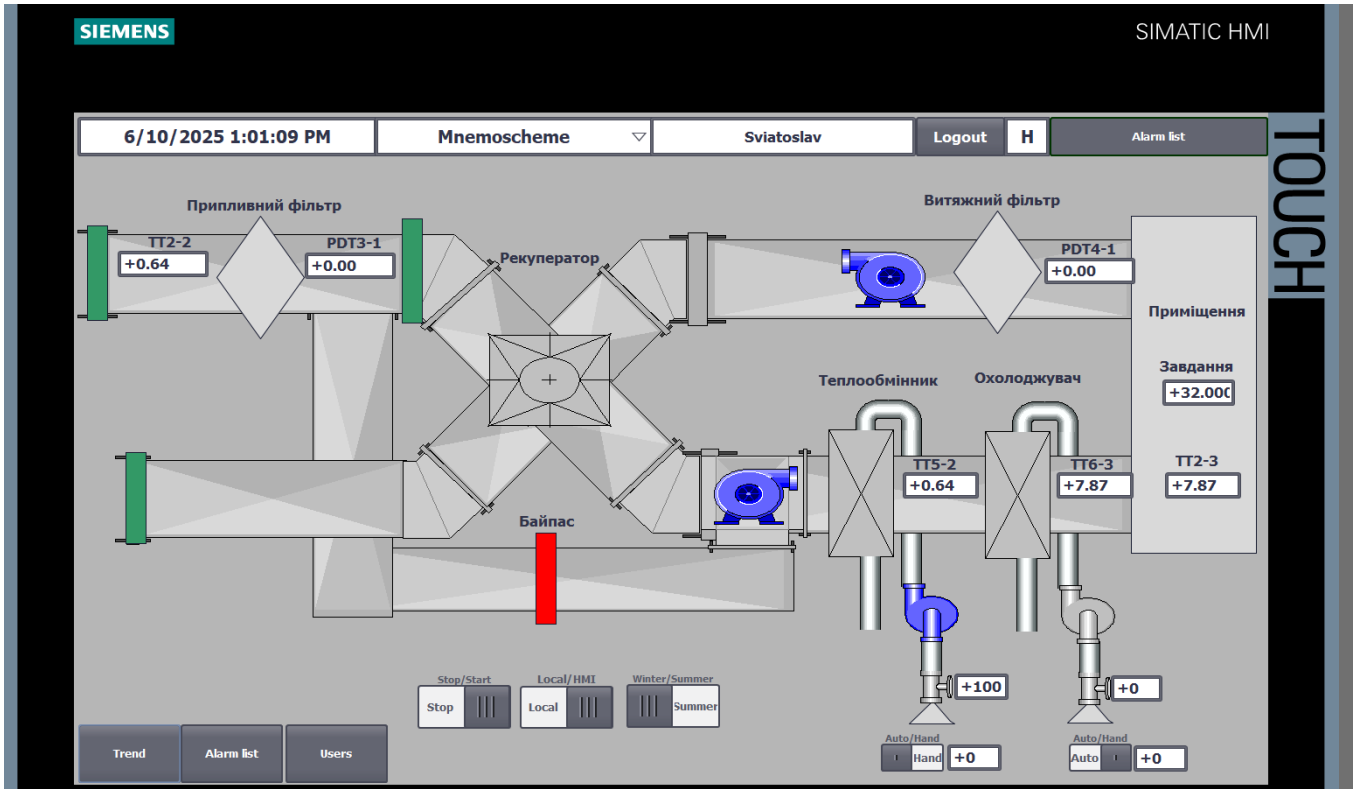


Рисунок 5.12. Загальний вигляд екрану керування системою

2. Екран перегляду трендів (графіків)

На цьому екрані за допомогою поля Trend view відображається в реальному часі зміна параметрів системи (температури, перепад тисків, завдання температури в приміщенні). Також як і на екрані з головною мнемосхемою застосовується шаблон, який реалізовує на цьому екрані вище згаданий функціонал.

За допомогою кнопок Home, Web з використанням макросу ActiveScreen в меню Events реалізовано перехід між екранами. Загальний вигляд екрану перегляду трендів представлено на рисунку 5.13

Рисунок 5.13. Загальний вигляд екрану перегляду трендів

3. Екран перегляду Web-ресурсу

На цьому екрані за допомогою поля HTML browser реалізовна перехід за заданим URL-посиланням на web-сторінку.Також як і на екрані з головною мнемосхемою застосовується шаблон, який реалізовує на цьому екрані вище згаданий функціонал.

За допомогою кнопки Trend з використанням макросу ActiveScreen в меню Events реалізовано перехід між екранами. Загальний вигляд екрану перегляду WEB-ресурсу представлено на рисунку 5.14

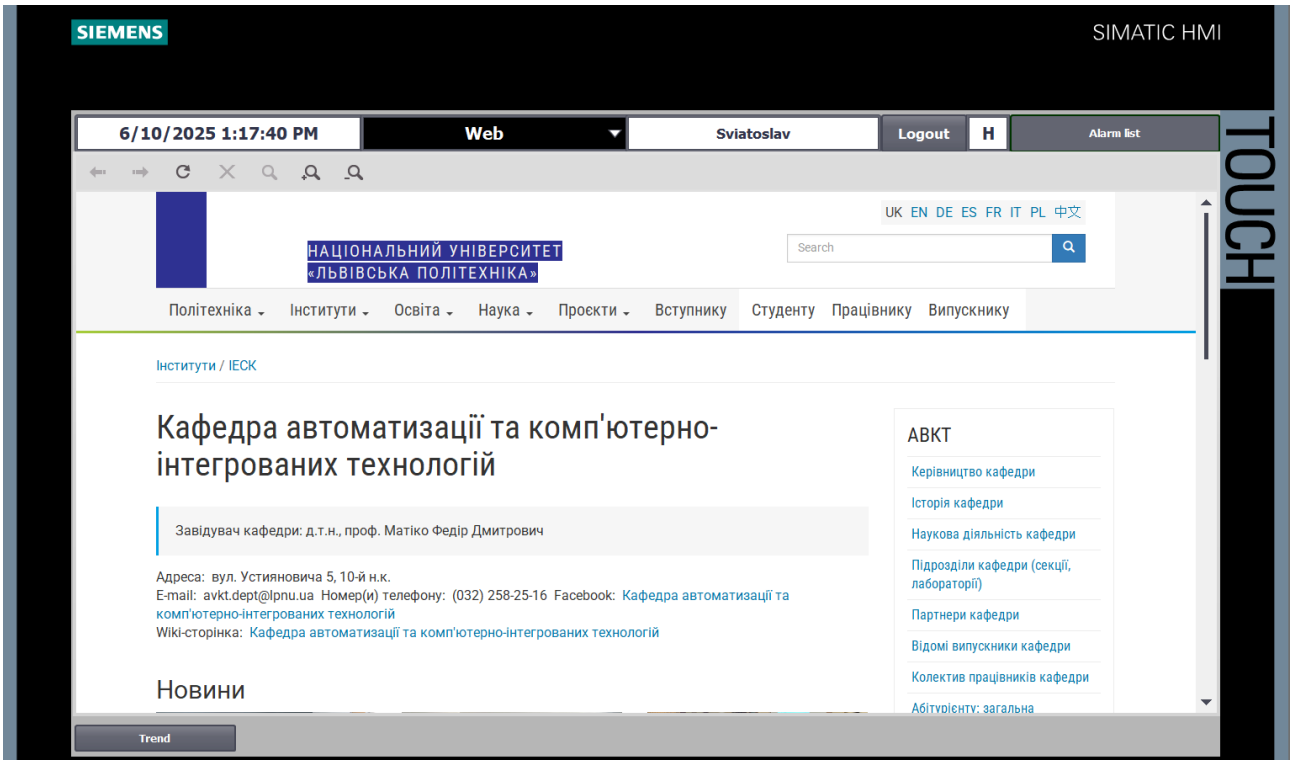


Рисунок 5.14. Загальний вигляд екрану перегляду Web-ресурсу

4. Екран відображення аварійних повідомлень

На цьому екрані за допомогою поля Alarm view реалізовна відображення актуальних аварійних повідомлень .Також як і на екрані з головною мнемосхемою застосовується шаблон, який реалізовує на цьому екрані вище згаданий функціонал, але варто уточнити, що за наявності хоч одного аварійного повідомлення за допомогою меню Animations реалізовано індикацію червоним кольором кнопки Alarm list.

За допомогою кнопоки Home з використанням макросу ActiveScreen в меню Events реалізовано перехід на початковий екран (головну мнесхему).

Загальний вигляд екрану відображення аварійних повідомлень представлено на рисунку 5.15

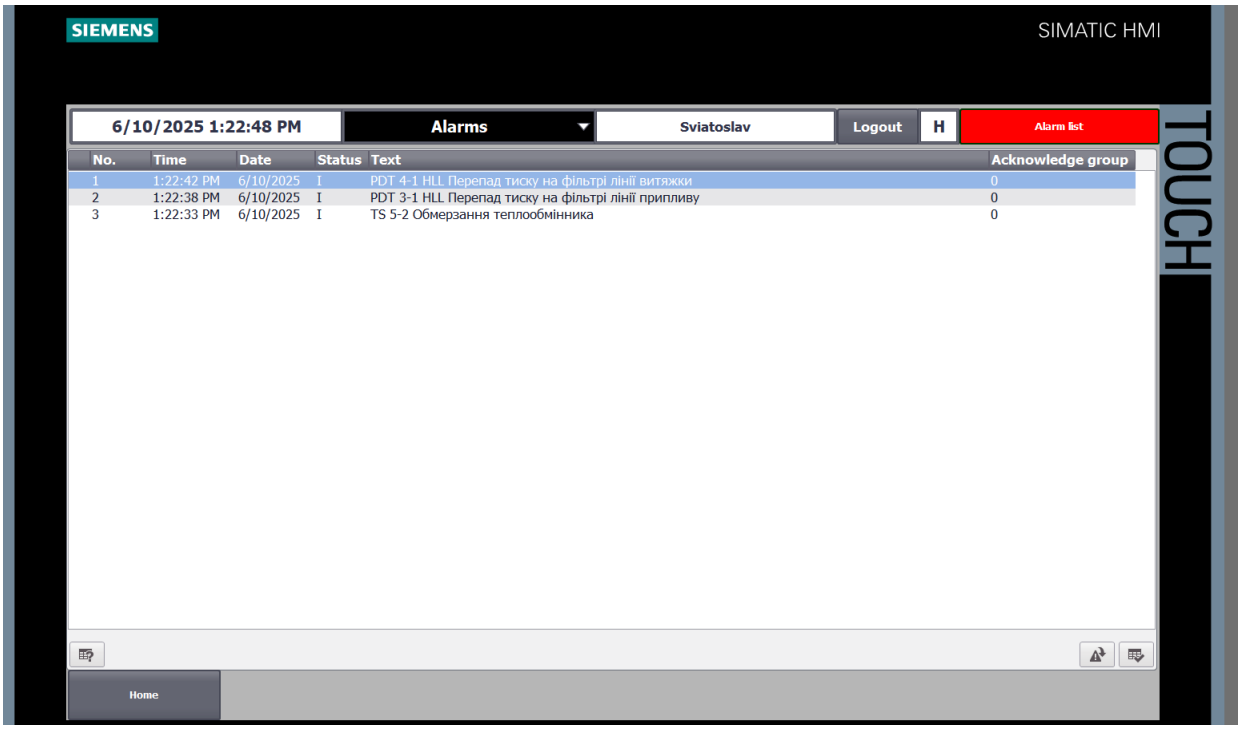


Рисунок 5.15. Загальний вигляд екрану відображення аварійних повідомлень

5. Екран керування теплообмінником

Для переходу на цей екран використовується графічне поле Symbol library на головній мнемосхемі, в даному випадку поле, яке відображає теплообмінник з використанням макросу ActiveScreen в меню Events реалізовано перехід між екранами. Окрім цього як і на екрані з головною мнемосхемою застосовується шаблон, який реалізовує на цьому екрані вище згаданий функціонал.

На цьому екрані за допомогою графічних полів Symbol library відображено схему теплообмінника, трубопроводи, насос та клапан.

За допомогою графічного об’єкту switch реалізовю перемикач автоматичного/ручного керування роботою теплообмінника.

За допомогою поля введення/виведення (I/O field) реалізовую вивдення промасштабованих значень температур, ступення відкриття регулюючого органу (РО) на трубопроводі теплообмінника, введення ступеня відкриття РО в ручному режимі на трубопроводі та введення параметрів налаштування ПІД-регулятора режимі зима. За допомогою кнопок Mnemoscheme з використанням макросу ActiveScreen в меню Events реалізовано перехід на екран з головною мнемосхемою.

Загальний вигляд екрану керування теплообмінником представлено на рисунку 5.16

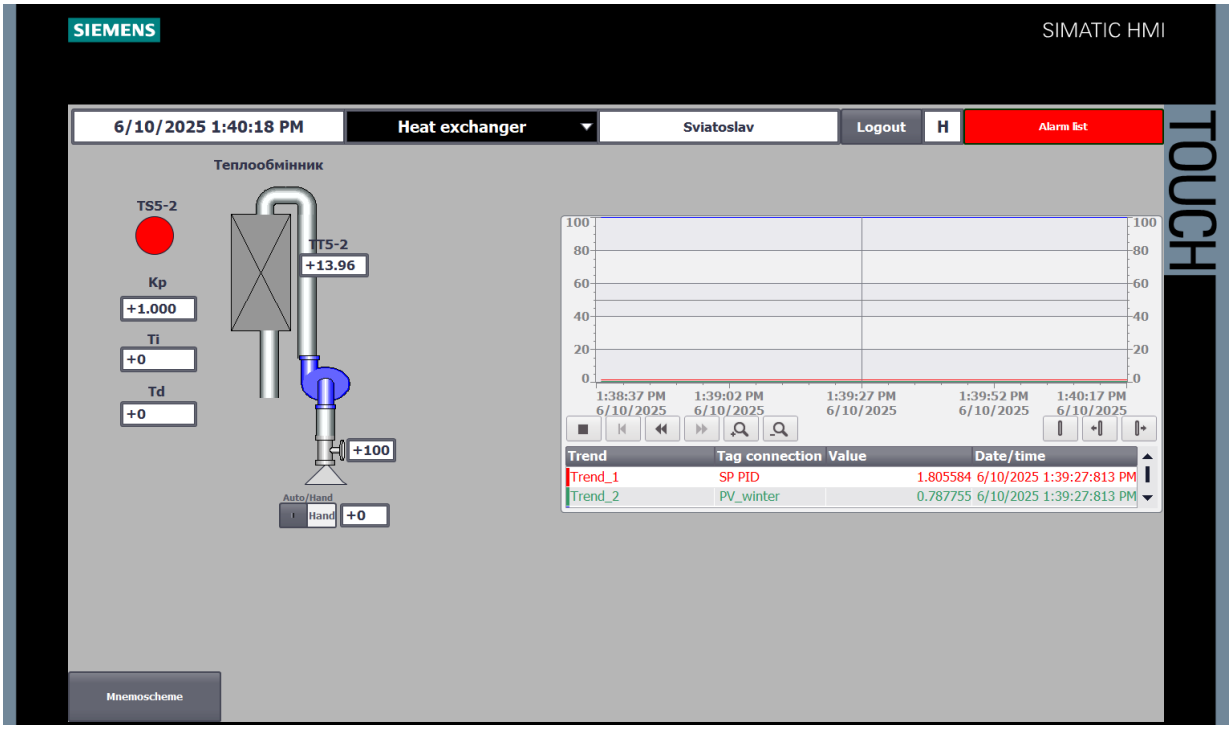


Рисунок 5.16. Загальний вигляд екрану керування теплообмінником

6. Екран керування охолоджувачем

Для переходу на цей екран використовується графічне поле Symbol library на головній мнемосхемі, в даному випадку поле яке відображає охолоджувач з використанням макросу ActiveScreen в меню Events реалізовано перехід між екранами. Також як і на екрані з головною мнемосхемою застосовується шаблон, який реалізовує на цьому екрані вище згаданий функціонал.

На цьому екрані за допомогою графічних полів Symbol library відображено схему охолоджувача, трубопроводи, насос та клапан.

За допомогою графічного об’єкту switch реалізовю перемикач автоматичного/ручного керування роботою охолоджувача.

За допомогою поля введення/виведення (I/O field) реалізовую вивдення промасштабованих значень температур, ступення відкриття регулюючого органу (РО) на трубопроводі охолоджувача, введення ступеня відкриття РО в ручному режимі на трубопроводі та введення параметрів налаштування ПІД-регулятора

режимі літо. За допомогою кнопок Mnemoscheme з використанням макросу ActiveScreen в меню Events реалізовано перехід на екран з головною мнемосхемою. Загальний вигляд екрану керування охолоджувачем представлено на рисунку 5.17

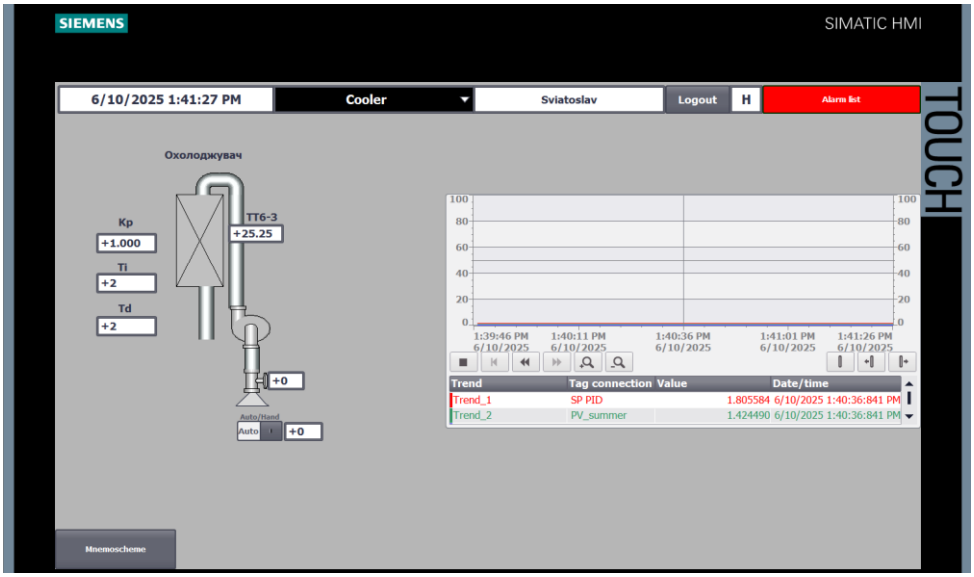


Рисунок 5.17. Загальний вигляд екрану керування охолоджувачем

7. Екран адміністрування та редагування облікових записів користувачів

На цьому екрані за допомогою поля User view реалізовано можливість редагування, адміністрування облікових записів для авторизації в HMI-панелі. Також як і на екрані з головною мнемосхемою застосовується шаблон, який реалізовує на цьому екрані вище згаданий функціонал.

За допомогою кнопки Home з використанням макросу ActiveScreen в меню Events реалізовано перехід на початковий екран з головною мнемосхемою Загальний вигляд екрану адміністрування облікових записів користувачів представлено на рисунку 5.18

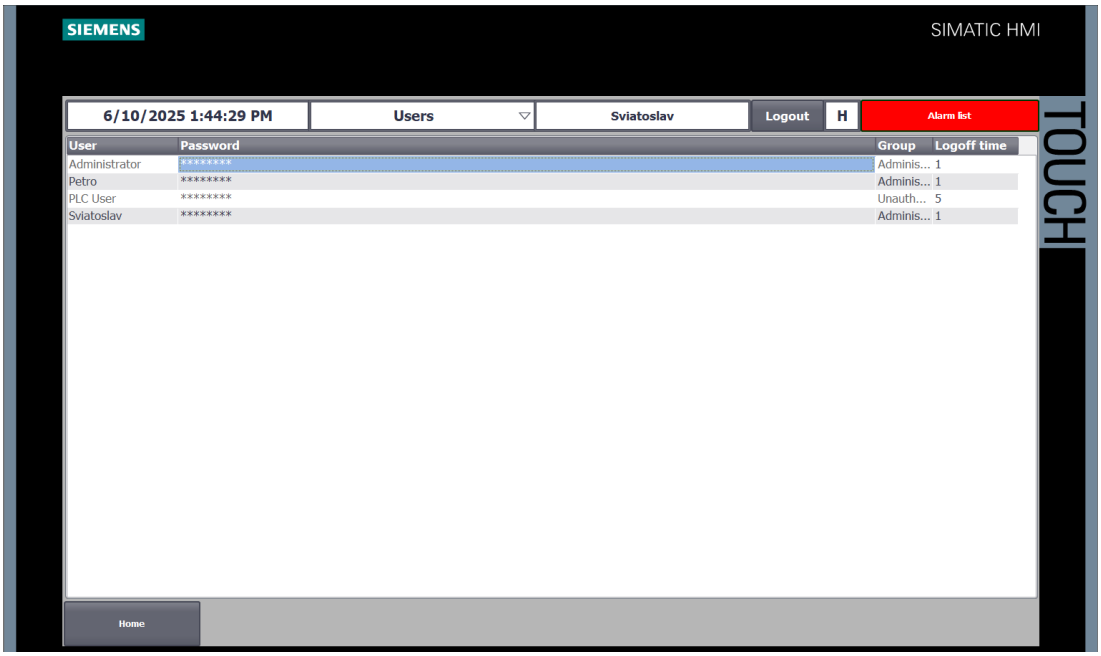


Рисунок 5.18. Загальний вигляд екрану адміністрування облікових записів користувачів

Висновки до розділу 5:

В ході виконання п’ятого розділу бакалаврської кваліфікаційної роботи виконані такі завдання: розроблено алгоритми функціонування програми та саму програму для мікропроцесорного програмованого засобу автоматизації серії Simatic S7-300 виробництва компанії Siemens, для реалізації системи автоматизації кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно побутового комплексу. А також, за допомогою функціоналу та інструментарію, який був описаний в розділі 3 розроблено людино-машинний інтерфейс на базі операторської HMI-панелі Simatic HMI TP 1900 серії Comfort виробництва компанії Siemens для даної системи.

РОЗДІЛ 6 ПРИНЦИПОВІ ЕЛЕКТРИЧНІ СХЕМИ З'ЄДНАНЬ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

У відповідності до розробленої функціональної схеми автоматизації комп’ютерно-інтегрованої системи кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно-побутового комплексу та з урахуванням програми функціонування програмованого логічного контролера серії Simatic S7-300 та експлуатаційних вимог до технічних засобів автоматизації розроблено принципову схему електричних з’єднань периферійних пристроїв з мікропроцесорним програмованим засобом автоматизації (ПЛК).

Електрична схема з’єднань складається з:

1) електричної схеми живлення модулів ПЛК та технічних засобів автоматизації (рисунок 6.1);

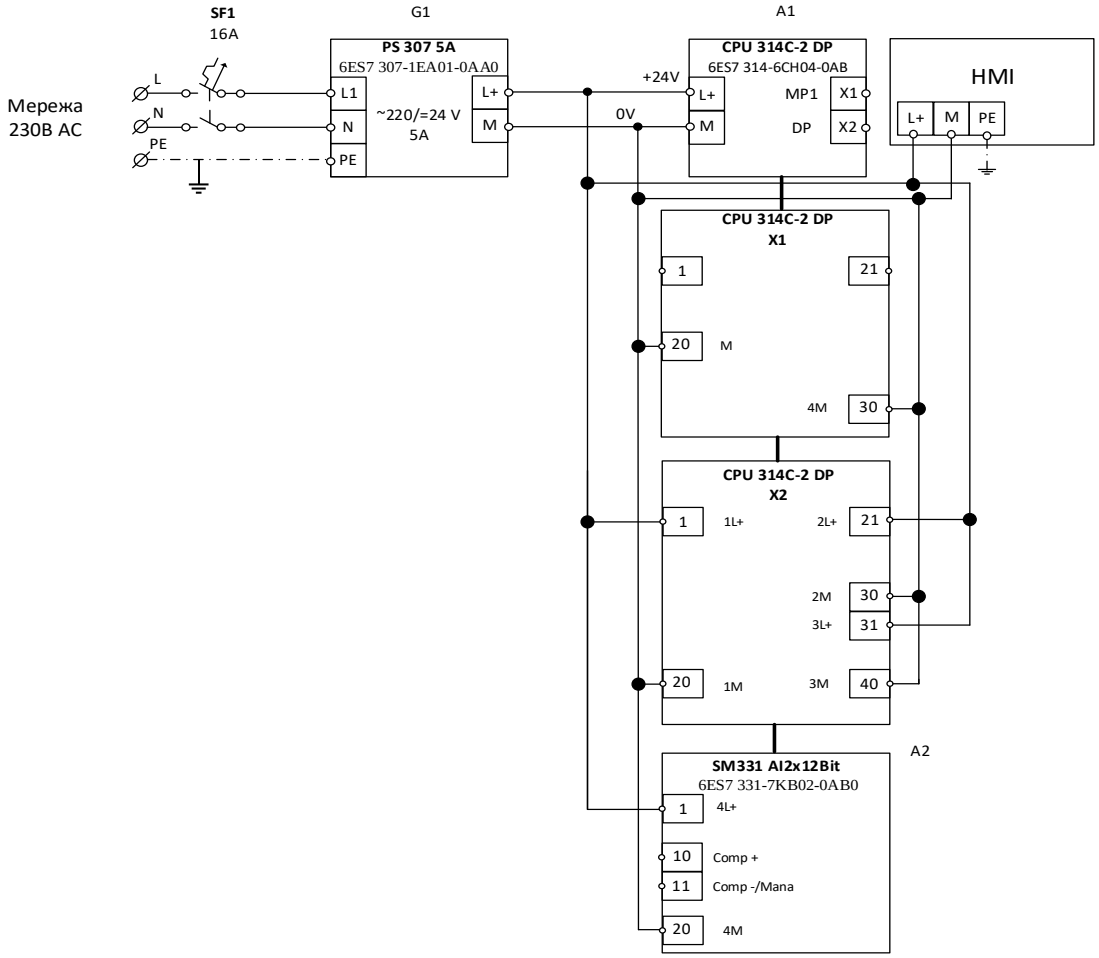


Рисунок 6.1. Принципова електрична схема живлення модулів мікропроцесорного -програмованого засобу автоматизації серії SIMATIC S7-300

2) схеми приєднання первинних вимірювальних перетворювачів та реле захисту до каналів аналогового та дискретного вводу ПЛК (рисунок 6.2), зокрема:

- первинного вимірювального перетворювача температури IFM TA2437;
- первинного вимірювального перетворювача температури та вологості THD-R-C AUTONICS;
- давача диференційного тиску повітря Belimo 22ADP-18Q S0;
- термостата захисту (термореле) від замороження Belimo 01DTS-1;

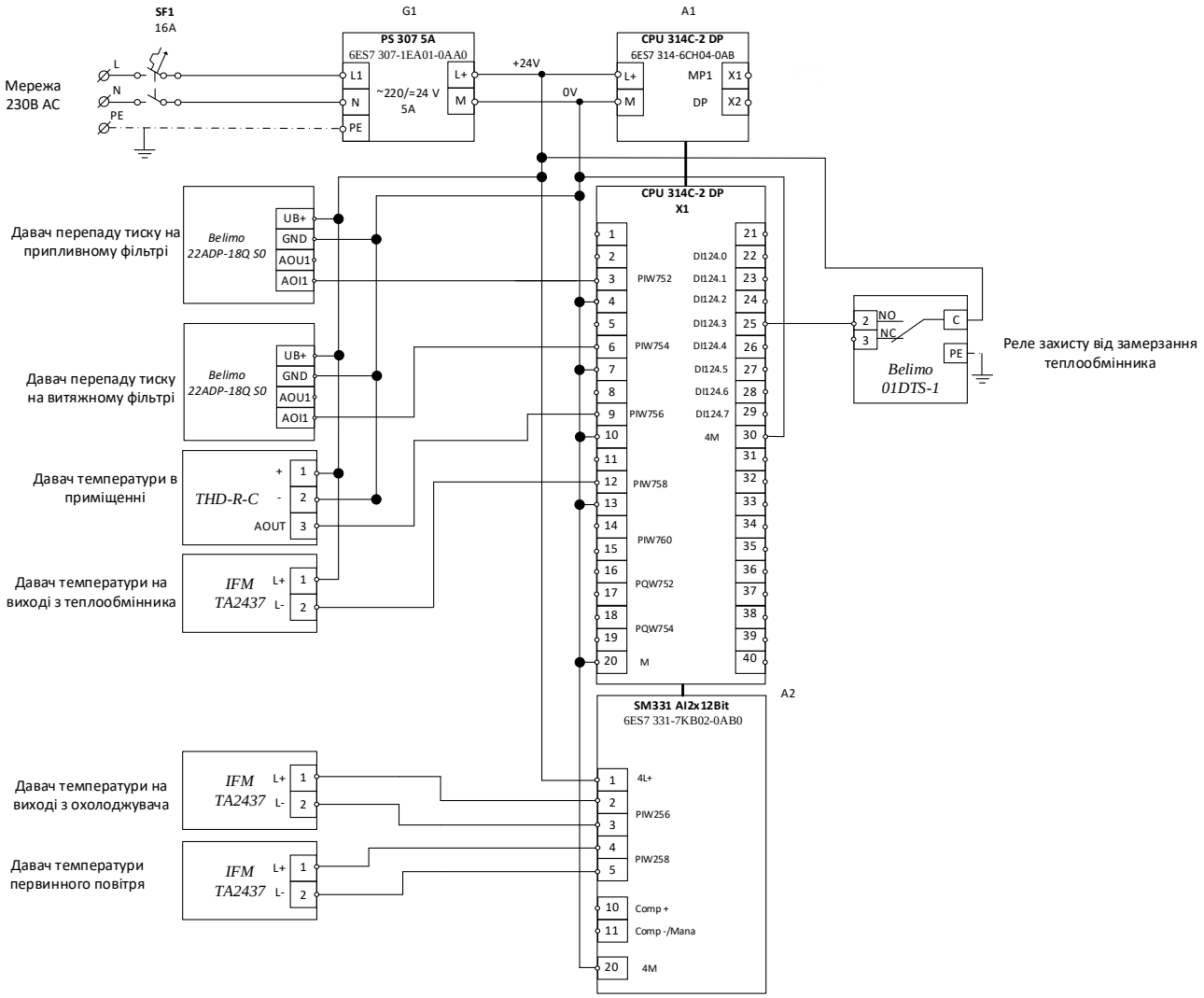


Рисунок 6.2. Принципова електрична схема приєднання первинних вимірювальних перетворювачі до каналів аналогового вводу модуля CPU 314C-2 DP та модуля типу SM331 AI2x12Bit

3) схеми приєднання виконавчих пристроїв (рисунок 6.3), зокрема:

- обертового сервоприводу NAFA 1-05 (S1);
- виконавчого механізму NABM 1.2-10 (S1);
- електроприводів вентиляторів та насосів;

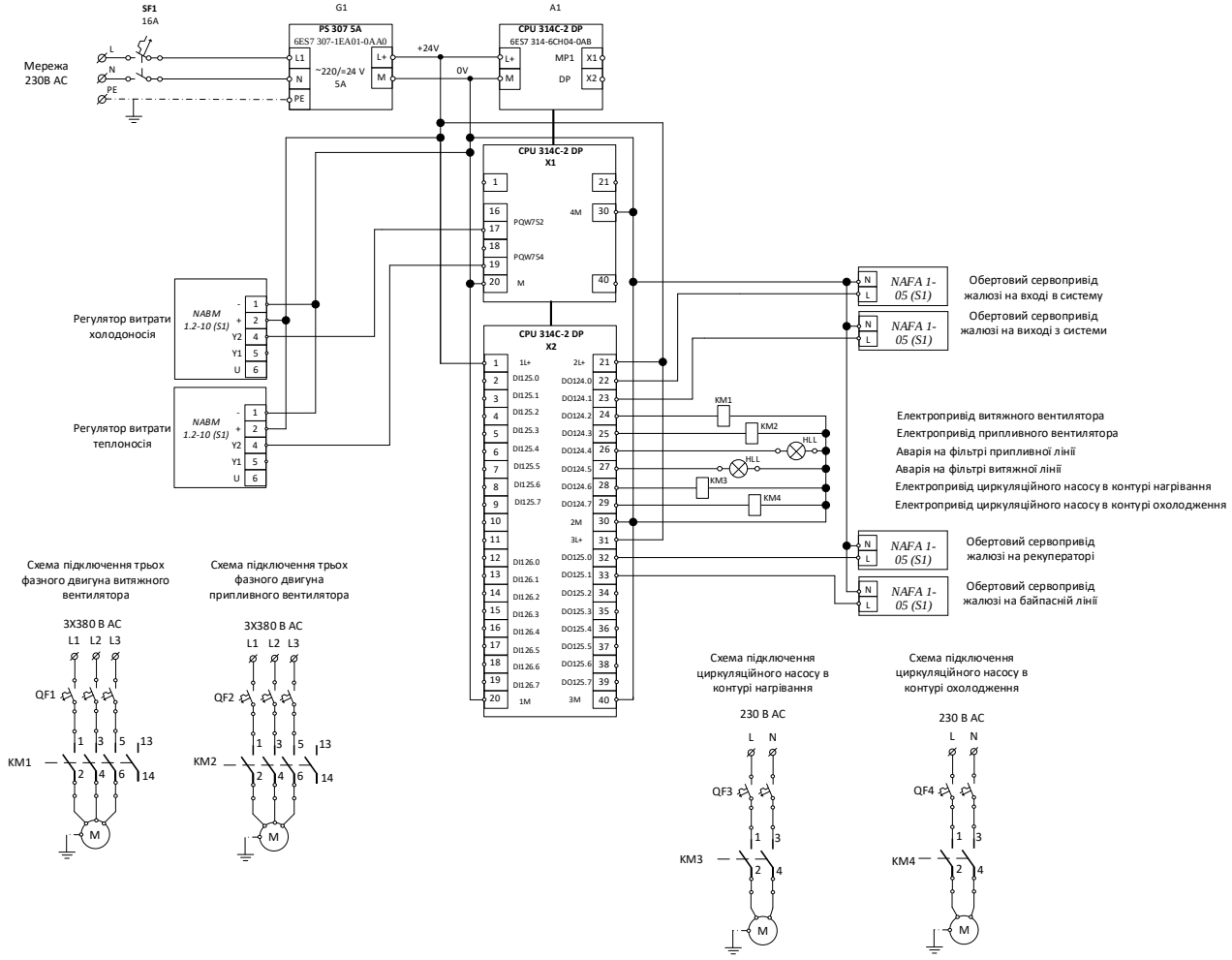


Рисунок 6.3. Принципова електрична схема приєднання виконавчих механізмів до каналів аналогового та дискретного виводу модуля CPU 314C-2 DP

4) схема приєднання операторської HMI панелі Simatic HMI TP 1900 серії Comfort виробництва корпорації Siemens за допомогою мережевого каналу MPI_1 до модуля центрального процесора CPU 314C-2 DP (рисунок 6.4).

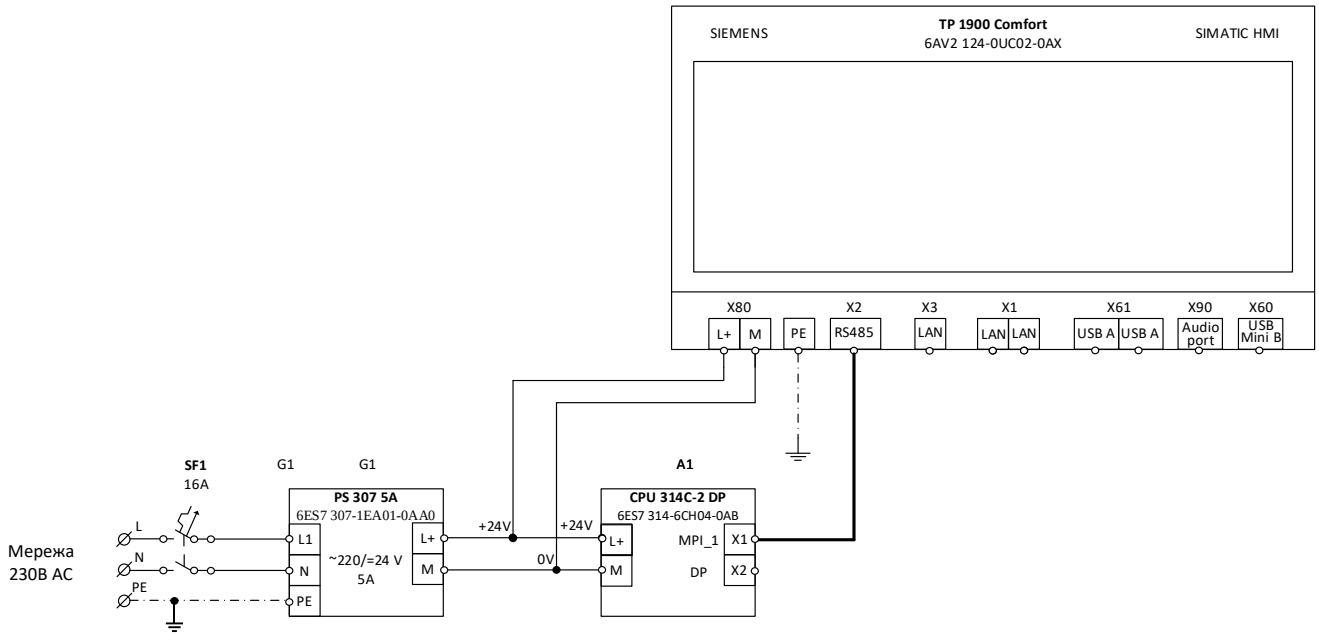


Рисунок 6.4. Принципова електрична схема приєднання операторської HMI-панелі Simatic HMI TP 1900 серії Comfort виробництва корпорації Siemens

Загальна принципова електрична схема з’єднань засобів автоматизації системи кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно-побутового комплексу представлена на графічному плакаті №4.

Висновки до розділу 6:

В ході виконання шостого розділу бакалаврської кваліфікаційної роботи виконані такі завдання: розроблено принципову схему живлення модулів ПЛК, принципові електричні схеми з’єднань периферійних засобів автоматизація, принципову електричну схему приєднання людино-машинного інтерфейсу (операторської HMI-панелі).

РОЗДІЛ 7 ОХОРОНА ПРАЦІ ПРИ ВПРОВАДЖЕНІ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

У сучасному промисловому та побутовому середовищі широко застосовуються сиситеми автоматизації. Впровадження автоматизованих рішень сприяє зростанню продуктивності та ефективності, підвищує якість та зменшує витрати ресурсів, однак виникають нові виклики повянзані з безпекою персоналу, тому охорона праці відіграє головну роль в створені безпечних умов праці, як для персоналу, так і для споживача.

При розробці та введені в експлуатацію автоматизованої системи кондиціонування повітря необхідно врахувати усі аспекти з охорони праці. Оскільки дана система взаємодіє, як з обладанням, так і з людьми – зокрема така система впливає на температуру, відносну вологість, вміст CO_2 в повітрі, якість і чистоту повітря, ці параметри впливають на організм людей та стан обладнання, які знаходяться в приміщенні.

В цьому розділі буде визначено технічні і організаційні заходи, що дозволять безпечно експлуатувати автоматизовану систему кондиціонуванн повітря в приміщенях адміністративно-побутового комплексу.

Впровадження рішень у сфері охорони праці дозволить мінімізувати та попередити ризики і забезпечити безпечне та комфортне робоче середовище.

7.1 Технічні рішення щодо безпечної експлуатації системи кондиціонування повітря

Забезпечення безпечної експлуатації автоматизованої системи кондиціонування повітря вимагає впровадження ряду технічних засобів, спрямованих на запобігання небезпечних ситуацій та захисту персоналу та користувачів.

При розробці даної системи слід використовувати сертифіковане обладнання від надійних виробників. Вибір виробника, відповідність обладнання технічним стандартам і вимогам з безпеки – критично важливі фактори при розробці проекту. Надійні електроприводи насосів та вентиляторів, давачі тиску, температури, якість

та цілісність трубопроводів та повітропроводів зменшують можливість відмови системи, перегріву обладнання чи витоку теплоносія та холодоносія.

Для забезпечення безпеки доцільно розробити та впровадити системи автоматичного контролю та аварійного відключення та сигналізації при виникненні аварійних ситуацій. Така система повинна негайно припиняти роботу при перевищенні допустимих значень параметрів (температури, тиску). Окремо в контурах теплообмінника та охолоджувача необхідно передбачити давачі наявності протоку та відповідну сигналізацію за його відсутності.

Також перед введенням системи в експлуатацію необхідно розробити інструкцію для персоналу та встановити правила безпеки при використанні та обслуговуванні системи. Мають бути встановлені правила пуску, зупинки, обслуговування системи, а також перелік дій у разі виникнення пожежної небезпеки.

Перед допуском до роботи персонал повинен пройти навчання. Співробітники мають бути ознайомлені особливостями системи, її небезпечними аспектами, правилами та режимами роботи, а також повинні вміти використовувати ЗІЗ – засоби індивідуального захисту.

7.2 Технічні рішення з гігєни прац та виробничої санітарії

Важливою складовою безпечної експлуатації системи кондиціонування є забезпечення гігієнічних умов праці у приміщенні. Це досягається за допомогою регулювання мікроклімату, вентиляції, вологості, швидкості руху повітря, шуму та освітлення. Для забезпечення оптимальної вологості система кондиціонування повинна додатково бути обладнаною датчиками вологості та мати можливість зволожувати або осушувати повітря. Потоки повітря не повинні мати надмірної швидкості, оскільки надмірна циркуляція повітря може викликати протяги, тепловий дискомфорт, переохолодження.

Особливу увагу слід приділити рівню шуму та вібрації, які створює система. Надмірний рівень шуму та тривалий його вплив негативно впливає на самопочуття

людини. Вібрація в свою чергу шкідлива для обладнання та будівлі, вона ослаблює з’єднання, пошкоджує трубопроводи та опірні конструкції.

Також слід забезпечити достатній рівень освітлення в приміщенні. Встановлення локального та загального освітлення сприятиме зменшенню втомлюваності працівників та підвищенню безпеки при виконанні робіт.

Таким чином, технічні рішення у сфері виробничої санітарії мають забезпечити стабільні параметри мікроклімату, комфорті та безпечні умови праці, що сприятимуть збереженню здоров’я працівників та підвищенню продуктивності.

7.2.1 Технічні рішення з гігєни прац та виробничої санітарії

Мікроклімат виробничих приміщень має суттєвий вплив на здоров’я працівників, їхню працездатність і загальну безпеку під час перебування у приміщенні. Згідно з державними санітарними нормами ДСН 3.3.6.042-99 «Державні санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень» [3], основним параметрами мікроклімату є:

Нормовані параметрим мікроклімату в приміщенні (категорія робіт 1б)

Таблиця 7.1

Період року	Параметр	Оптимальне значення	Допустиме значення
1	2	3	4
Холодний	Температура повітря, °С	20-22	19-23
	Відносна вологість,%	40-60	до 75
	Швидкість руху повітря, м/с	до 0,1	до 0,2

Продовження таблиці 7.1

1	2	3	4
Теплий	Температура повітря, °С	22-24	21-25
	Відносна вологість, %	40-60	до 75
	Швидкість руху повітря, м/с	до 0,2	до 0,3

Для забезпечення необхідних параметрів мікроклімату в приміщенні адміністративно-побутового комплексу, відповідно до ДСН 3.3.6.042-99 [3] розроблені наступні технічні рішення:

- Система регулювання температури в режимі зима: Автоматичний контур підігріву повітря в режимі зима, за допомогою давачів контролює, температуру в приміщенні, а також температуру навколишнього середовища. На основі заданого значення температури обраховується необхідна температура припливу та за допомогою алгоритму функціонування програми регулюється нагрів повітря, яке проходить через теплообмінник.

- Система регулювання температури в режимі літо: Автоматичний контур охолодження повітря в режимі літо, за допомогою давачів контролює, температуру в приміщенні, а також температура навколишнього середовища. На основі заданого значення температури обраховується необхідна температура припливу та за допомогою алгоритму функціонування програми, регулюється охолодження повітря, яке проходить через охолоджувач.

- Припливно-витяжна вентиляційна система: Для забезпечення оптимальної вологості, чистоти та якості повітря використовується комплекс вентиляційних систем. Для забезпечення подачі свіжого припливного повітря та видалення надлишків тепла, пилу, вологи використовується припливно-витяжна секція вентиляторів.

7.2.2 Склад повітря робочої зони

Склад повітря в робочій зоні має важливе значення для забезпечення безпечних та комфортних умов праці. Для систем кондиціонування повітря, що обслуговують адміністративно-побутові приміщення, необхідно забезпечити подачу повітря якість якого буде відповідати встановленим санітарно-гігієнічним нормам.

Згідно з вимогами ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 “Система стандартів безпеки праці“ [20] та ДСН 3.3.6.042-99[3], повітря в робочій зоні має відповідати наступним параметрам:

- концентрація вуглекислого газу (CO_2) не повинна перевищувати 1000 мг/м^3 (приблизно 0,1% об’єму) або ж максимальний допустимий рівень – 900 ppm;

- вміст чадного газу (CO) – небільше 5 мг/м^3;

- вміст пилу – не більше 4 мг/м^{3}для непатогенних аерозолів;

У адміністративно-побутових приміщеннях основними джерелами забруднення повітря є присутність людей (викиди CO_2, вологи, неприємних запахів), офісне обладнання, будівельні матеріали, меблі все це з часом виділяє формальдегіди та інші леткі сполуки, які починають накопичуватись в повітрі.

Тому для дотримання чистоти повітря необхідна ефективна система кондиціонування повітря з встановленими системами для фільтрування повітря, які забезпечать його очищення від пилу та шкідливих речовин.

7.2.3 Виробниче освітлення

Виробниче освітлення – важливий фактор з охорони праці, без належного рівня освітлення в приміщенні зростає небезпека та падає ефективність праці робітників. Для забезпечення необхідного рівня освітленості повітря варто врахувати наступні фактори:

- Інтенсивність освітлення: В приміщенні необхідно забезпечити достатній рівень освітлення, на кожному робочому місці потрібно забезпечити достатню

кількість світла для проведення робіт. Залежно від розташування робочого місця, класу та характеру робіт застосовуються різні рівні освітлення, від місцевого до загального.

- Рівномірність розподілу світла: Світловий потік повинен рівномірно розподілятись по всій площі приміщення для уникнення появи тіней, недостатньо освітлених ділянок, яскравих плям. Цього досягають шляхом розміщення освітлювальних приладів з урахуванням геометрії приміщення та робочих зон, а також застосування розсіювачів та концентраторів для спрямування освітлення.

- Кольорова температура та світлопередача: Для забезпечення точності та зорового комфорту доцільно використовувати освітлювальні прилади з кольоровою температурою 4000-5000 К (нейтральне або ж холодне світло) та високим індексом кольоропередачі Ra > 80. Це дозволяє зменшити зорове навантаження та покращити сприйняття кольорів [21].

- Аварійне та евакуаційне освітлення: Відповідно до вимог безпеки, у приміщеннях повинно бути передбачено системи резервного (аварійного) освітлення, які забезпечують мінімальний необхідний рівень освітлення для евакуації працівників у разі відключення основного живлення. Такі системи живляться від автономного джерела живлення.

- Енергоефективність: При виборі обладнання слід надавати перевагу енергоощадним світлодіодним світильникам з довгим строком служби та низьким споживанням електроенергії. Доцільно впроваджувати системи керування освітленням, які дозволять регулювати інтенсивність світла в залежності від рівня природного освітлення та присутності людей у приміщенні.

- Розряд зорової роботи: Згідно з класифікацією зорових робіт (ДБН В.2.5-28:2018 “Природне і штучне освітлення” [21]), обслуговування системи вентиляції та кондиціонування належить до розряду 4а зорової роботи – робота середньої точності. Розміри об’єкта з яким проводиться робота від 0.5 мм до 1,0 мм (електричні плати, маркування на кабелях, перемикачі тощо).

- Норми штучного освітлення: Для розряду зорових робіт 4а відповідно до таблиці Ж.1 ДБН В.2.5-28:2018 [21] встановлені такі вимоги до штучного освітлення:

1) Рівень освітленості робочої поверхні – не менше 300лк (люкс).

2) Коефіцієнт пульсації світлового потоку – не більше 10%.

3) Індекс передачі (Ra) – не менше 80.

4) Джерело світла не повинно викликати осліплення та зоровий дискомфорт.

5) Освітлення має бути рівномірним, без значних перепадів освітленості в робочій зоні.

- Тип світильників для машинного відділення: З урахуванням технічних умов експлуатації (наявності пилу, підвищеної вологості, вібрацій, зміни температур) для освітлення машинного відділення рекомендовано встановлювати:

Світлодіодні пило та вологозахищені світильники з ступнем захисту IP65 або вище – наприклад панельні світильники тип LED panel. Корпус яких виконаний з ударостійкого матеріалу з термостійким покриттям, температура світла 4000-5000 К (нейтральне біле світло), що не викликає втоми очей і зорового дискомфорту.

7.2.4 Виробничий шум та вібрації

У цьому підрозділі проведено розрахунок рівня шуму на вентиляторах припливно-витяжної секції вентиляторів та вибір глушника для зменшення шуму.

Зменшення рівня шуму необхідне для комфортного перебування людей в приміщенні за умови роботи системи кондиціонування. Норми та вимоги захисту будівель та приміщень від шуму встновлені в ДБН В.1.2-10:2021 Захист від шуму та вібрації [22].

Основним джерелом шуму в системі кондиціонуванн є вентилятори з потужністю 2,5 кВт, витратою повітря 1815 $м^3$/год та швидкістю обертання 2485 об/хв.

Розрахунок рівня шуму:

Попередній розрахунок рівня звукового тиску виконується за емпіричною формулою:

$$L_A = 10 \times \log_{10} \times (\frac{P}{P_0}) \tag{7.1}$$

Для вентиляційних установок розрахунок проводиться за спрощеною формулою:

$$L_A = 10 \times \log_{10}(Q) + 20 \times \log_{10}(n) - 20 \tag{7.2}$$

де:

Q = 1815 $м^3/год$ = 0,504 $м^3/с$

n = 2485 об/хв

Підставивши ці з значення в формулу:

$$L_A = 10 \times \log_{10}(0{,}504) + 20 \times \log_{10}(2485) - 20 = -3{,}0 + 67{,}9 - 20 = 44{,}9 \text{ дБА} \tag{7.3}$$

Фактично рівень шуму вентилятора з такими характеристиками буде у межах 45-55 дБА (за умови наявності шумозаглушення на його корпусі), що нижче нормативного значення 65 дБА ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми виробничого шуму та вібрації [3].

Підбір шумоглушника:

Згідно з рекомендаціями, для вентилятора з витратою близько 1800 $м^3/год$ доцільно встановити пластинчатий шумоглушник типу ШГ-П-500-900, що забезпечує зниження шуму до 30-35 в діапазоні частот 125-1000 Гц. Це дозволить зменшити рівень шуму до комфортного значення 25-35 дБА на відстані 1,5-2 м від джерела.

Технічні заходи для зменшення шуму:

- Ізоляція та глушники - монтаж шумопоглинаючих кожухів і матеріалів на вентиляційне обладнання та повітропроводи суттєво зменшує шум при роботі системи.

- Обслуговування - профілактика та заміна зношених елементів вентиляторів, зокрема підшипників, лопатей та ременів, які можуть створювати додатковий шум.

- Заміна обладнання на вироби спеціального виконання – доцільно розглянути малошумні вентилятори.

- Засоби ЗІЗ – працівникам, що перебувають в приміщеннях із джерелами шуму понад 80 дБА необхідно надати шумозахисні навушники або вкладиші.

Одним з шкідливих факторів експлуатації системи кондиціонування повітря є вібрація, яка негативно впливає на обладнання та будівлю.

Основними методами зниження вібрації є:

- Амортизація – встановлення демпферів, гумових або пружинних амортизаторів під корпуси вентиляторів.

- Технічний огляд – діагностика з’єднань, зношених кріплень, балансування ротора вентилятора для зменшення осьових та радіальних вібрацій.

7.3 Пожежна безпека

У процесі експлуатації системи кондиціонування повітря можливі ризики, пов’язані з виникненням пожежонебезпечної ситуацій. Забезпечення пожежної безпеки при впровадженні та використання такої системи автоматизації кондиціонування повітря є важливою складовою безпеки виробничого середовища.

Відповідно до вимог ДБН В.1.1.-7:2016 Пожежна безпека об’єктів будівництва [23], машинне відділення, де встановлене вентиляційне та електротехнічне обладнання, зазвичай відноситься до категорії В (приміщення, у яких знаходиться або використовуються горючі та важкогорючі речовин, вибухонебезпечне середовище при нормальних умовах експлуатації відсутнє). У приміщенні відсутні легкозаймисті речовини та гази, основні горючі матеріали – це ізоляція проводів, пластикові елементи обладнання та будівельні матеріали. У разі замикання або перегріву обладнання можливе займання твердих горючих речовин.

7.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі

Для запобіганню виникнення пожежі в приміщенні, яке обслуговує система кондиціонування повітря передбачено наступні технічні засоби:

- Використання негорючих або важкозаймистих матеріалів при виготовленні корпусів повітропроводів, ізоляції та електричних мереж.

- Забезпечення термічного захисту двигунів вентиляторів за допомогою вбудованих давачів температури, що попереджають перегрів і аварійно зупиняють обладнання.

- Захист електромережі автоматичними вимикачами з тепловими і струмовими характеристиками, що відповідають споживаній потужності вентиляційного обладнання.

- Правильне прокладання кабельних ліній у металевих лотках з закріпленням кабелів для унеможливлення механічного пошкодження ізоляції.

7.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

У разі виникнення пожежі передбачено наступні засоби:

- Автоматична система пожежної сигналізації у приміщені та вентиляційній камері. Сигналізація спрацьовує від теплових давачів та газоаналізаторів, які передають інформацію про наявність пожежі на централізований пульт оператора.

Для машинного залу необхідно застосовувати адресно-аналогову автоматичну пожежну сигналізацію:

1) Теплові пожежні сповіщувачі ІП 101, ІП 103, які реагують на підвищення температури (60-75°С).

2) Димові пожежні сповіщувачі ІП 212-3С, ІП 212-141 та інші аналоги.

- Інтеграція системи пожежної сигналізації з системою автоматизації, при виникненні пожежі автоматично зупиняється робота вентиляторів, закриваються вогнезатримувальні заслінки та відключається живлення системи.

- Використання вогнезатримувальних заслінок на повітропроводах, які автоматично закриваються при досягнені температури 72°С. Це запобігає поширенню полум’я та продуктів горіння через вентиляційні канали.

- Сигнальне оповіщення персоналу про пожежу за допомогою світлозвукової сигналізації.

- У машинному залі повинні бути встановлені:

1) Вогнегасники порошкові ВП-5 або ВП-6, які розраховані на гасіння пожеж класу А, В, С (тверді, рідкі речовини та гази).

2) Вуглекислотний вогнегасник ВВК-5 – безпечний для гасіння електрообладнання під напругою до 1000 В.

3) Пожежний щит типу ЩП-А або переносні засоби у разі наявності кількох відділень або великої відстанні між обладнанням.

- Розроблення плану евакуації та проведення навчання персоналу, включаючи інструктажі з використання ЗІЗ, вогнегасного приладдя.

Висновки до розділу 7:

В ході виконання сьомого розділу бакалаврської кваліфікаційної роботи виконані такі завдання: визначено небезпечні фактори в ході впровадження та експлуатації системи, проведено розрахунок рівня шуму на припливно-витяжній секції вентиляторів. А також описані технічні рішення та засоби протипожежного захисту.

РОЗДЛІ 8 ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

8.1 Розрахунок і обґрунтування витрат на здійснення заходів для автоматизації

Метою впровадження будь якої системи кондиціонування є збільшення економічної вигоди або зменшення витрат на виготовлення продукції та підвищення її якості:

1. Підвищується ефективність використання ресурсів: за рахунок автоматизації оптимізується використання енергоресурсів та інших розхідників, зменшуються втрати.

2. Зменшуються витрати на обслуговування обладнання: системи автоматизації в автоматичному режимі можуть прогнозувати, попереджати та запобігати аварійним ситуаціям, які за собою несуть витрати на аварійний ремонт.

3. За рахунок системи автоматизації оптимізуються режими роботи окремих агрегатів та цілого об’єкту, що за собою веде зменшення економічних витрат які виникають через недоліки в апаратах.

Для розрахунку кошторису необхідного для реалізації розробленої системи кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно-побутового комплексу, додаю розрахунок витрат в який входить вартість придбання та встановлення приладів, з урахуванням актуальної ринкової ситуації, необхідних для функціонування системи автоматизації [. Кошторис затрат на засоби автоматизації зображений в таблиці 8.1.

Кошторис витрат для автоматизації

Таблиця 8.1

№ п/п	Назва приладу	Тип приладу	К-ть (ШТ.)	Вартість одиниці, грн.	Повна вартість грн.
1	2	3	4	5	6
1.	Модуль CPU ПЛК	CPU 314C- 2DP 6ES7 314-6CH04-0AB0	1	85000	85000
2.	Модуль блоку живлення ПЛК	PS 307 A 6ES7 307-1EA01-0AA0	1	6000	6000
3.	Модуль аналогових вхідних сигналів ПЛК	SM 331 AI2x12Bit 6ES7 331-7KB0-0AB0	1	25000	25000
4.	Первинний перетворювач температури	IFM TA2437	3	12000	36000
5.	Первинний перетворювач температури та вологості	Autonics THD-R-C	1	4100	4100
6.	Електромагнітний пускач ETI RD	ETI RD 20-20 24V AC/DC 20A 2464005	2	900	1800
7.	Електромагнітний пускач ETI CEM9.10	ETI CEM9.10-24V-DC 4642220	2	1200	2400
8.	Термостат захисту від замороження	Belimo 01DTS-1	1	4000	4000
9.	Давач диференційного тиску повітря	Belimo 22ADP-18Q S0	2	12500	25000
10.	Триходовий клапан	NVCB 7000	2	1700	3400

Продовження таблиця 8.1

1	2	3	4	5	6
11.	Виконавчий механізм	NABM 1.2-10 (S1)	2	5000	10000
12.	Циркуляційний насос	Wilo-Star-RS	2	6000	12000
13.	Обертовий сервопривод	NAFA 1-05 (S1)	4	6500	26000
14.	Сигнальна LED лампа	XA2EVB4LC	2	300	600
15.	Перемикач “0-1”	XB5AD23	4	300	1200
16.	Сенсорна HMI-панель	Simatic HMI TP 1900 серії Comfort	1	132000	132000
Всього:					420700

Розрахунок витрат на монтажних роботи:

$$420700 \times 0{,}45 = 189315 \text{ грн} \tag{8.1}$$

Розрахунок витрат на транспортування:

$$420700 \times 0{,}25 = 105175 \text{ грн} \tag{8.2}$$

Кошторис витрат на автоматизацію для системи кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно-побутового комплексу буде становити:

$$420700 + 189315 + 105175 = 715190 \text{ грн.} \tag{8.3}$$

8.2 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизаційні відрахування – невелика частка від загальної вартості засобів та апаратів, яка вноситься у вартість продукту або виконаних робіт. За рахунок цих відрахувань проводиться планове обслуговування обладнання та його ремонт у випадку поломки. Згідно з нормами амортизація складає 40% від рахунку на вартості введення системи в експлуатацію, отже річна сума амортизації становить:

$$715190 \times 0{,}4 = 286076 \text{ грн.} \tag{8.4}$$

8.3 Розрахунок впливу амортизації на техніко-економічні показники

Впровадження системи автоматизації веде до змін техніко-економічних показників. Необхідно визначити основні напрямки економії від впровадження автоматизації, які впливають на економічну ефективність даної системи. За рахунок зниження витратних коефіцієнтів сировини, матеріалів, палива та енергоресурсів, збільшення продуктивності, зниження трудоємності обслуговування.

Загальні витрати електроенергії до впровадження системи кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно-побутового комплексу, використовуючи технічні засоби автоматизації:

1. Дані для розрахунку

- Потужність вентиляторів ($P_{\text{в}}$): 7 кВт
- Потужність насосів ($P_{\text{н}}$): 2 кВт
- Потужність обігрівача ($P_{\text{наг}}$): 8 кВт
- Потужність охолоджувача ($P_{\text{охол}}$): 14 кВт
- Кількість годин роботи на день(t): 24 години
- Кількість днів роботи на рік (d): 320

2. Розрахунок споживання електроенергії за рік:

Споживання вентиляторів:

$$E_{в}=P_{в} \times t \times d \quad (8.5)$$

$$E_{в}=7 \times 24 \times 320 = 53760 \text{ кВт/рік} \quad (8.6)$$

Споживання насосів:

$$E_{в}=P_{в} \times t \times d \quad (8.7)$$

$$E_{в}=2 \times 24 \times 320 = 15360 \text{ кВт/рік} \quad (8.8)$$

Споживання обігрівача:

$$E_{в}=P_{наг} \times t \times d \quad (8.9)$$

$$E_{в}=8 \times 24 \times 320 = 61440 \text{ кВт/рік} \quad (8.10)$$

Споживання охолоджувача:

$$E_{в}=P_{охол} \times t \times d \quad (8.11)$$

$$E_{в}=14 \times 24 \times 320 = 107520 \text{ кВт/рік} \quad (8.12)$$

3. Розрахунок споживання електроенергії за рік:

Споживання насосів:

$$E_{заг}=E_{к} \times E_{н} \times E_{в} \quad (8.13)$$

$$E_{заг}= 53760 + 15360 + 61440 + 107520 = 230880 \text{ кВт/рік} \quad (8.14)$$

4. Вартість електроенергії

Вартість 1 кВт/год електроенергії складає 4,32 грн.

Загальна вартість споживаної електроенергії за рік:

$$C_{заг}=E_{заг} \times \text{Вартість 1 кВт} \quad (8.15)$$

$$C_{заг}=230880 * 4{,}32 = 997401{,}6 \text{ грн} \quad (8.16)$$

Отже, вартість використаної електроенергії за рік становитиме 997401 грн.

Після введення в експлуатацію системи автоматизації кондиціонування повітря, споживання електроенергії знизиться на 40% завдяки оптимізації роботи системи і відмові від окремих апаратів. Нова сумарна потужність обладнання зменшиться на 40%. Вартість за спожиту електроенергію після впровадження засобів автоматизації буде становити:

$$C_{ек}=C_{заг} \times 0{,}4 \quad (8.17)$$

$$C_{ек}=997401 * 0{,}4 = 398360{,}4 \text{ грн/рік} \quad (8.18)$$

Отже, впровадження системи автоматизації зменшує вартість вжитої електроенергії на 398360 грн.

Розрахуємо час окупності після впровадження розробленої системи автоматизації кондиціонування повітря адміністративно-побутового комплексу:

$$\frac{(715190 + 286076)}{398360} = 2{,}5 \text{ роки} \quad (8.19)$$

Висновки до розділу 8:

На основі вище описаних розрахунків, термін окупності після впровадження автоматизації системи кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно-побутового комплексу становить 2,5 роки.

ВИСНОВКИ

Під час виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи було розроблено систему автоматизації кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно-побутового комплексу на базі ПЛК серії Simatic S7-300 та операторської HMI-панелі Simatic HMI TP 1900 серії Comfort.

У першому розділі проведено збір і аналіз літературних джерел, за допомогою зібраних матеріалів виконано опис технологічного процесу. Проведено аналіз факторів, що впливають на перебіг технологічного процесу, визначено номінальні значення параметрів керування для даного об’єкта. Складено технологічну карту процесу, а також розроблено структурні схеми взаємозв’язків між технологічними параметрами.

У другому розділі проведено аналіз взаємозв’язків між параметрами об’єкта керування та розроблено функціональну схему автоматизації спрощеним способом.

У третьому розділі підібрано технічні засоби автоматизації, обрано конфігурацію для мікропроцесорного програмного засобу автоматизації серії - Simtatc S7-300 виробництва компанії Siemens, а також описано конфігурацію сенсорної операторської HMI-панелі Simatic HMI TP 1900 серії Comfort та описано інструментарій необхідний для розробки проекту людино-машинного інтерфейсу для системи кондиціонування повітря в приміщеннях адміністративно-побутового комплексу.

У четвертому розділі з урахуванням підібраних засобів автоматизації розроблено функціональну схему автоматизації розгорнутим способом, яка представлена на графічному плакаті №1, описано контури функціонування системи автоматизації.

У п’ятому розділі розроблено алгоритми для програми та саму програму функціонування мікропроцесорного програмованого засобу автоматизації серії Simatic S7-300, яка представлена на графічному плакаті №2. А також, за допомогою функціоналу та інструментарію, який був описаний в розділі 3 розроблено людино-

машинний інтерфейс на базі операторської HMI- панелі Simatic HMI TP 1900 серії Comfort виробництва компанії Siemens, який представлений на графічному плакаті №3.

У шостому розділі розроблено принципову схему живлення модулів ПЛК, принципові електричні схеми з’єднань периферійних засобів автоматизації та принципову електричну схему приєднання людино-машинного інтерфейсу (операторської HMI-панелі). Загальна принципова схема електричних з’єднань зображена на графічному плакаті №4.

У сьомому розділі визначено небезпечні фактори під час впровадження та експлуатації системи, проведено розрахунок рівня шуму на припливно-витяжній секції вентиляторів. А також описані технічні рішення та засоби протипожежного захисту та пожежної сигналізації.

У восьмому розділі складено кошторис витрат на засоби автоматизації, обчислено вартість монтажу, транспортні та амортизаційні затрати, визначено вартість споживання електроенергії до та після впровадження системи автоматизації та на основі цих розрахунків визначено термін окупності для цієї системи.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення вентиляція кондиціонування. [Чинний від 01.01.2014]. Вид. офіц. Київ : Державне підприємство “Український науково-дослідний інститут спеціальних будівельних робіт” (ДП "УкрНДІспецбуд"), 2013. 147 с.

2. Конспект лекцій з дисципліни “Тепломасообмін” для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 144 “Теплоенергетика”/ Укл. Соколовська І.Є. – Кам’янське, ДДТУ, 2021. – 114 с.

3. ДСН 3.3.6.042-99. “Державні санітарні норми шуму на робочих місцях. [Чинний від 01.12.1999]” Вид. офіц. Київ : Міністерство охорони здоров’я України, 1999. 14 с. (дата звернення: 27.05.2025)

4. Первинний вимірювальний перетворювач Ifm TA2437. URL: https://www.ifm.com/de/en/product/TA2437#details (дата звернення: 27.05.2025)

5. Первинний перетворювач температури та вологості THD-R-C AUTONICS. Електронний ресурс. URL: https://www.tme.eu/ua/ru/details/thd-r-c/preobrazovateli-temperatury/autonics/ (дата звернення: 27.05.2025)

6. Електромагнітний пускач ETI типу RD 20-20 24V AC/DC 20A. URL: https://www.eti.ua/produktsiya-ua/002464005 (дата звернення: 27.05.2025)

7. Електромагнітний пускач ETI типу CEM9.10-24V-DC. URL: https://www.eti.ua/produktsiya-ua/004642220 (дата звернення: 27.05.2025)

8. Термостат захисту від замороження Belimo 01DTS-1.0. URL: https://belimo.com.ua/katalogi/ (дата звернення: 27.05.2025)

9. Давач диференційного тиску Belimo 22ADP-18Q S0 URL: https://belimo.com.ua/katalogi/ (дата звернення: 27.05.2025)

10. Триходовий клапан NVCB 7000. URL: https://www.nenutec.ua/nvcb-7000/ (дата звернення: 27.05.2025)

11. Виконавчий механізм NABM 1.2-10 (S1). URL: https://www.nenutec.ua/wp-content/uploads/2024/04/64340f1e7413ad561a7bbec4_NABM_10.pdf (дата звернення: 27.05.2025)

12. Циркуляційний насос Wilo-Star-RS. URL: https://tetan.ua/upload/iblock/59e/59ee3d1d83b910a850a4b83eabcebe6a.pdf (дата звернення: 27.05.2025)

13. Обертовий сервопривід NAFA 1-05 (S1) URL: https://www.nenutec.ua/wp-content/uploads/2024/04/64340dba932ccaa92a1a76c7_NAFA_05.pdf (дата звернення: 27.05.2025)

14. Перемикач “0-1” типу XB5AD23. URL: https://www.se.com/ua/uk/product/XB5AD23 (дата звернення: 27.05.2025)

15. Сигнальна LED лампа XA2EVB4LC червоного кольору. URL: https://www.se.com/ua/uk/product/XA2EVB4LC/ (дата звернення: 27.05.2025)

16. Інформаційні матеріали лекційного заняття №11 з дисципліни: “Мікропроцесорні програмні засоби автоматизації” Електронний навчально методичний комплекс віртуального навчального середовища НУ “Львівська політехніка”. URL: https://vns.lpnu.ua/mod/folder/view.php?id=704043 (дата звернення: 27.05.2025)

17. Посібник з експлуатації для модулів ПЛК S7-300 URL: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/629/8859629/att_55794/v1/s7300_module_data_manual_en-US_en-US.pdf (дата звернення: 27.05.2025)

18. Інструкція користувача TIA Portal V15.1 URL: https://cache.industry.siemens.com/dl/files/202/109755202/att_940497/v1/STEP_7_WinCC_V15_1_enUS_en-US.pdf (дата звернення: 27.05.2025)

19. Посібник з експлутації HMI-панелей серії Comfort/ URL: https://support.industry.siemens.com/dl/dl-media/233/49313233/att_1069140/v3/158409845259_en-US/en-US/index.html (дата звернення: 27.05.2025)

20. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 “Система стандартів безпеки праці“. [Чинний від 01.12.2007]. Вид. офіц. Київ : Науково-дослідний інститут будівельного виробництва (НДІБВ), 2007. 35 с.

21. ДБН В.2.5-28:2018: Природне і штучне освітлення. [Чинний від 01.03.2019]. Вид. офіц. Київ : ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій» (НДІБК), 2019. 157 с .

22. ДБН В.1.2-10:2021 Захист від шуму та вібрації. [Чинний від 01.09.2022]. Вид. офіц. Київ : Державне підприємство "Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій ", 2022, 20 с.

23. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва загальні вимоги. [Чинний від 01.06.2017]. Вид. офіц. Київ : Український науково-дослідний інститут цивільного захисту УкрНДІЦЗ, 2017, 44 с.

24. Приклад виконання розділу з економіки для бакалаврів спеціальності 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології. URL: https://vns.lpnu.ua/mod/folder/view.php?id=747875