

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Бакалавр
Освітній рівень

Система автоматизованого пожежогасіння на виробництві
Назва теми

КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»
Шифр, назва

Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Шифр, назва

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Назва

Виконав:

Студент IV курсу, група АКІТ-21-1


Підпис

Максим ПИЛИПЕНКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник


Підпис, дата

Микола ФЕДУЛА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Нормоконтролер


Підпис, дата

Людмила КОРЕЦЬКА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

До захисту допускаю:

Зав. Кафедри автоматизації
Та комп'ютерно-інтегрованих
Технологій та робототехніки


Підпис, дата

Валерій МАРТИНЮК
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

«17» червня 2025 р.

Хмельницький 2025

ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інформаційних технологій

Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 15 – Автоматизація та приладобудування

Спеціальність 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АКИТтаР

Валерій МАРТИНЮК

07 лютого 2025р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Пилипенку Максиму Олеговичу

Прізвище, ім'я, по батькові студента

1 Тема роботи Система автоматизованого пожежогасіння на виробництві

Керівник роботи Федула Микола Васильович к.т.н. доцент

Прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, учене звання

Затверджено наказом ректора університету від 07.02.2025 р. №23





2 Строк подання студентом роботи на кафедру 02.06.2025р.

3 Вихідні дані до роботи Завдання на кваліфікаційну роботу

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз об'єкта автоматизації, Схематична проектування автоматизованої системи пожежогасіння, Розробка програмного забезпечення для системи

5 Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень) Презентаційні матеріали (слайди), Принципова схема підключення елементів до контролера Siemens, Структурна схема керування системою пожежогасіння, 3D-модель шафи, і компонентів системи

6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Антиплагіат	Федула М.В., доцент кафедри АКИТтаР		
Нормоконтроль	Корецька Л.О., доцент кафедри АКИТтаР		

7 Дата видачі завдання 07 лютого 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Назва розділу кваліфікаційної роботи	Строк виконання	Примітка
Вибір напряму дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	10.01.2025	виконано
Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2025	виконано
Робота над розділом 1 – Аналіз об'єкта автоматизації	01.03.2025	виконано
Робота над розділом 2 – Схематична проектування автоматизованої системи пожежогасіння	01.04.2025	виконано
Робота над розділом 3 – Розробка програмного забезпечення для системи	29.04.2025	виконано
Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	25.05.2025	виконано
Попередній захист ВКР	26.05.2025	виконано
Захист ВКР на засіданні ЕК	Червень 2025 року	

Студент


Підпис

Максим ПИЛИПЕНКО
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Керівник кваліфікаційної роботи


Підпис

Микола ФЕДУЛА
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Система автоматизованого пожежогасіння на виробництві»

Автор роботи: Максим ПИЛИПЕНКО

Керівник роботи: Микола ФЕДУЛА

Пояснювальна записка: 62с., 38 рис., 2 таб., 51 джерел.

Графічна частина: 9 презентаційних слайдів

СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ, ПОЖЕЖОГАСІННЯ, ВИРОБНИЦТВО, КОТРОЛЕРНА СИСТЕМА.

Метою роботи є розробка система автоматизованого пожежогасіння на виробництві.

У роботі була розроблена система автоматизованого пожежогасіння на виробництві. Що дає можливість автоматично або на пів-ручному режимі запускати систему пожежогасіння. Дану можливість дає програмований контролер SIMATIC S7-1200 CPU 1212C з додатковим модулем розширення SIMATIC SM 1221, компанії Siemens, який реалізує роботу 30 комбінованих датчиків диму, 2 частотних перетворювачі SINAMICS G120C фірми Siemens які керують двома насосами, автоматичне пожежогасіння при спрацюванні будь-якого датчика, підтримка заданого тиску у системі.

У роботі було наведено схеми підключення та зовнішнього вигляду шафи керування зі всіма головними компонентами і розроблено програмну частину на мовах програмування ladd і SCL, за допомогою професійного середовища TIA PORTAL.

Підпис студента



Дата 17.06.2025

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ	6
1.1 Історія розвитку систем пожежогасіння та актуальність теми сьогодні	6
1.2 Загальна характеристика автоматизованої системи пожежогасіння	7
1.3 Датчики що застосовуються в автома. системах пожежогасіння.....	14
1.4 Висновки до першого розділу	21
2. СХЕМАТИЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПОЖЕЖО ГАСІННЯ	22
2.1 Загальна будова шафи керування	22
2.2 Схематична будова системи пожежогасіння в приміщені	27
2.3 Схема загального підключення системи, створення схеми взаємодії між компонентами, опис використаних компонентів	30
2.4 Висновки до другого розділу	41
3. Проектування систем автоматичного керування.....	42
3.1 Архітектура системи автоматичного керування	42
3.2 Реалізація структури системи автоматичного керування	44
3.3 Опис основної програми автоматизації засобами мови SCL	53
3.4 Висновки до третього розділу	55
ВИСНОВКИ.....	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	59
ДОДАТОК А Принципова схема підключення елементів до контролера Siemens	63
ДОДАТОК Б Структурна схема керування системою пожежогасіння	64

					КвРАКІТ.021035.01.09.ПЗ			
Зм	Арк.	№докум.	Підпис	Дата	Система автоматизованого пожежогасіння на виробництві	Літера	Аркуш	Аркушів
Виконав		Пилипенко М.О.	<i>[Підпис]</i>	17.06.25		н	2	62
Перевір.		Федула М.В.	<i>[Підпис]</i>	17.06.25				
Н.контр.		Корецька Л.О.	<i>[Підпис]</i>	17.06.25				
Затвер.		Мартинюк В.В.	<i>[Підпис]</i>	17.06.25				
						ХНУ АКІТ-21-1		

ДОДАТОК В 3D-модель шафи, і компонентів системи	65
ДОДАТОК Г lad-діаграми керування системою.....	66

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		3

ВСТУП

У сучасному світі питання забезпечення пожежної безпеки набуває дедалі більшої актуальності. Щороку внаслідок пожеж втрачаються людські життя, знищується майно та порушуються виробничі процеси. Згідно зі статистикою Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС), лише за останні роки спостерігається стабільно високий рівень пожеж у промислових об'єктах, а також у побутовій сфері. Відповідно до Закону України «Про пожежну безпеку», одним із основних напрямів запобігання пожежам є впровадження сучасних технічних засобів і автоматизованих систем пожежогасіння.

Автоматизовані системи пожежогасіння (АСПГ) є невід'ємним елементом безпеки на промислових підприємствах, у складських приміщеннях, на об'єктах енергетики та у громадських будівлях. Однак подібні системи можуть використовуватися не лише у великомасштабному виробництві. Вони знаходять своє застосування і в побуті – у приватних будинках, офісах, торговельних залах, кафе та ресторанах, особливо там, де є ризик займання електрообладнання або використовується відкрите полум'я.

Метою цієї роботи є розробка ефективної автоматизованої системи пожежогасіння, яка забезпечує своєчасне виявлення займання та автоматичне його усунення з мінімальним втручанням людини. У роботі розглядаються технічні та функціональні характеристики об'єкта управління, типи датчиків та контролерів, що можуть бути використані, а також особливості інтеграції з промисловими контролерами, зокрема виробництва Siemens.

Для досягнення поставленої мети у кваліфікаційній роботі було визначено такі основні завдання:

1. Виконати аналіз об'єкта автоматизації, включаючи дослідження сучасних систем пожежогасіння та датчиків, що застосовуються;
2. Здійснити схематичне проектування системи пожежогасіння;
3. Розробити електротехнічну частину та пояснити принципи монтажу;

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

4. Реалізувати програмне забезпечення системи управління, з використанням програмованих логічних контролерів Siemens у середовищі TIA Portal, враховуючи вимоги надійності й швидкодії.

Об'єкт дослідження – процес функціонування автоматизованої системи пожежогасіння на виробництві. Предмет дослідження – структурна побудова, принципи проєктування та алгоритми роботи системи автоматизованого пожежогасіння з використанням ПЛК-контролера Siemens. Практичне значення роботи полягає в можливості реального впровадження розробленої системи на виробничих об'єктах для підвищення рівня пожежної безпеки. Представлена система забезпечує автономне виявлення займання, оперативне керування насосами через частотні перетворювачі та захист критично важливого електронного обладнання. Рішення є масштабованим і може бути адаптоване до різних типів об'єктів – від невеликих цехів до великих виробничих комплексів.

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1 АНАЛІЗ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Історія розвитку систем пожежогасіння та актуальність теми сьогодні

Пожежогасіння як галузь людської діяльності має багатовікову історію. Від моменту, коли людина навчилася використовувати вогонь, виникла потреба у його контролі. Перші згадки про заходи боротьби з пожежами датуються ще часами Стародавнього Єгипту, де існували елементарні правила поведінки з відкритим вогнем [1].

У Давньому Римі вперше була організована професійна пожежна охорона. Приблизно у 24 році до нашої ери імператор Август створив так звану "корпорацію вогнеборців" (Vigiles), яка складалася з 7000 осіб. Вони були озброєні відрами, гачками, сокирами та іншими засобами, які використовували для гасіння пожеж. Основним методом гасіння було доставлення води у шкіряних відрах або руйнування будівель для запобігання поширенню вогню [2].

У середньовіччі через особливості забудови міст (тісні дерев'яні будинки) пожежі набули особливо руйнівного характеру. Виникають перші обов'язкові пожежні пости та патрулі, а також накази, які регламентували будівництво та зберігання вогнебезпечних матеріалів [3].

Значний прорив у розвитку пожежогасіння стався у XVII столітті після Великої пожежі в Лондоні 1666 року, яка знищила більшу частину міста. Внаслідок катастрофи була створена перша страхова пожежна служба і розпочалося активне вдосконалення технічних засобів пожежогасіння. У 1725 році у Лондоні було розроблено першу пожежну помпу, яку обслуговували декілька осіб [4].

XIX століття ознаменувалося появою професійних пожежних бригад у багатьох країнах світу, розвитком інженерних засобів для боротьби з вогнем, таких як переносні та стаціонарні помпи, шланги, пожежні гідранти. Почали створювати перші механічні пожежні машини, які згодом були замінені паровими [5].

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

У ХХ столітті впроваджуються автоматичні системи пожежогасіння, такі як спринклери – системи розбризкування води, які активуються за температурним порогом. Водночас розвиваються і нові методи пожежогасіння: використання хімічних речовин (порошкових складів, газових агентів) для гасіння пожеж у місцях, де вода непридатна [6].

Сучасні системи пожежогасіння є невід'ємною частиною безпеки будівель та споруд. Вони забезпечують:

Раннє виявлення пожежі: Сучасні системи оснащені датчиками диму, тепла та полум'я, що дозволяє швидко реагувати на загрозу. Автоматичне гасіння: Системи можуть автоматично активуватися без участі людини, що особливо важливо у великих або безлюдних приміщеннях. Захист обладнання та даних: У приміщеннях з чутливим обладнанням використовуються системи газового пожежогасіння, які не завдають шкоди техніці. Відповідність нормативам: Встановлення сучасних систем пожежогасіння є обов'язковим згідно з будівельними та пожежними нормами багатьох країн. Згідно зі статистикою ДСНС, в Україні фіксується стабільно високий рівень пожеж на промислових об'єктах [8]. Зростання урбанізації, щільність забудови та велика кількість техніки у виробництві зумовлюють необхідність ефективного реагування на загрози [9].

Зважаючи на зростання урбанізації та складність сучасних будівель, впровадження ефективних систем пожежогасіння є критично важливим для забезпечення безпеки людей та збереження майна.

1.2 Загальна характеристика автоматизованої системи пожежогасіння

Автоматизована система пожежогасіння — це комплекс технічних засобів, призначений для виявлення осередків загоряння, оцінювання рівня загрози та ініціювання процесу гасіння пожежі без безпосередньої участі людини або з частковою участю людини (оператора) [3]. Основними складовими системи є датчики виявлення (температурні, димові, світлові), контролери, насоси, частотні

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

перетворювачі які керують насосами та система звукового та світлового оповіщення. У промисловості системи автоматичного пожежогасіння є обов'язковими об'єктами безпеки підприємства та персоналу, які дозволяють не лише зменшити ризик пошкодження обладнання, але й зберегти життя персоналу, зменшити матеріальні збитки та знизити витрати на страхування [26].

Основні функції, які виконує система:

- виявлення загрози за допомогою різноманітних датчиків (пожежі);
- передача сигналу до контролера(ПЛК);
- активація систем звукового і світлового оповіщення;
- запуск гасіння автоматично або напівавтоматичної(активація людиною).

Принципову схему взаємодії компонентів систем пожежогасіння було зображено на рисунку 1.1.

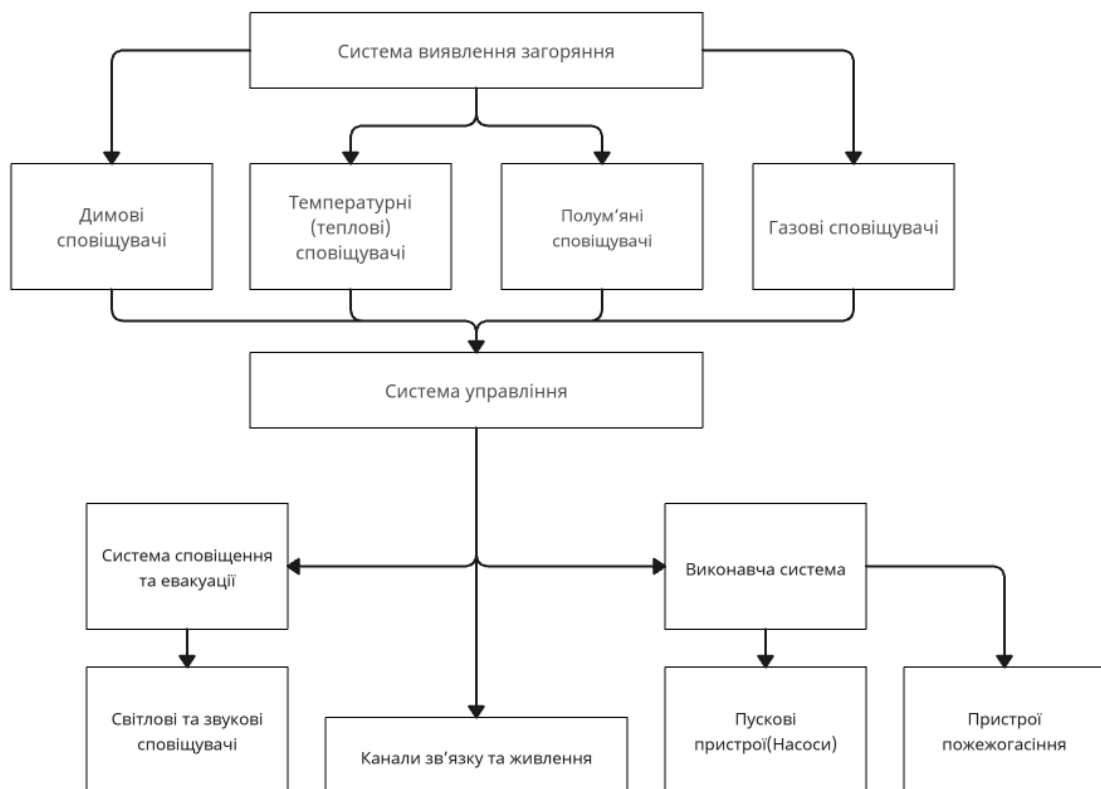


Рисунок 1.1 – Принципова схема взаємодії елементів системи пожежогасіння

Сучасні системи пожежогасіння легко інтегруються з SCADA та іншими системами управління, що забезпечує широкі можливості з контролю та моніторингу. Найбільш ефективні системи реалізують концепцію розподіленої автоматизації на базі контролерів та компонентів Siemens, що дозволяє гнучко та легко інтегрувати та адаптувати системи до різних об'єктів промисловості або до звичайних побутових підприємств, і технологічних процесів [13].

Компанія Siemens, виконала велику роботу для зручної роботи з її продукцією. Компоненти розроблюваного об'єкта повинні бути надійними та довговічними, оскільки система пожежогасіння має функціонувати в безперервному режимі протягом тривалого часу — цілодобово, щодня, без збоїв і відмов. Це особливо важливо для промислових підприємств, де безперебійність роботи є критичною. Siemens, створила продукцію, яка зарекомендована як надійна та довговічна. Через це в даній роботі було використовувано техніку Siemens.

Контролер Siemens SIMATIC S7-1200 є базовим компонентом систем автоматизації малого та середнього рівня. Він забезпечує високошвидкісну обробку сигналів, має компактний корпус і підтримує різноманітні комунікаційні протоколи, включаючи Profinet. Контролер легко програмується у середовищі TIA Portal та дозволяє масштабувати систему з мінімальними витратами. Можливість розширення за рахунок модулів вводу/виводу дозволяє адаптувати його під специфіку кожного об'єкта [10].

Частотний перетворювач Siemens SINAMICS G120C — це інтелектуальний пристрій для керування швидкістю електродвигунів. Він забезпечує енергоефективну роботу насосів і вентиляторів, плавний запуск і зупинку обладнання, а також має вбудовані функції безпеки. Завдяки компактному дизайну, він зручний у встановленні, а широкий діапазон потужностей дозволяє використовувати його в різних промислових об'єктах. Інтеграція з контролерами Siemens забезпечує узгоджену роботу всієї системи [11]. У сукупності ці компоненти забезпечують надійність, оперативність функціонування пожежної системи, забезпечуючи чітке виконання алгоритмів гасіння.

(низько-, середньо- та високократна), вибір яких залежить від умов експлуатації. Газ - Газові системи пожежогасіння використовують інертні або хімічно активні гази (наприклад, CO₂, азот, FM-200, NOVEC 1230) для витіснення кисню або хімічного гальмування реакції горіння. Газові системи забезпечують швидке реагування та мінімальний залишковий вплив на середовище. Недоліком є висока вартість і вимоги до герметичності приміщення [27].

Для пожежогасіння в автоматизованих системах, зокрема в автоматизованих шафах керування, де розміщено контролери, частотні перетворювачі, клемники та інші чутливі компоненти систем автоматизації, доцільно використовувати газові вогнегасні речовини. Це пояснюється тим, що газ, на відміну від води чи піни, не завдає шкоди електронному обладнанню, що є критично важливим для збереження працездатності системи після спрацювання пожежогасіння.

Таблиця 1.1 – Таблиця захисту IP [37]

Позначення IP	Перша цифра – Захист від твердих тіл	Друга цифра – Захист від води
0	Немає захисту	Немає захисту
1	Захист від твердих тіл > 50 мм	Захист від вертикальних крапель води
2	Захист від твердих тіл > 12,5 мм	Захист від крапель під кутом до 15°
3	Захист від твердих тіл > 2,5 мм	Захист від розпилення води
4	Захист від твердих тіл > 1 мм	Захист від бризок води з будь-якого напрямку
5	Частковий захист від пилу	Захист від водяних струменів
6	Повний захист від пилу	Захист від потужних водяних струменів
7	—	Захист при зануренні у воду на глибину до 1 метра
8	—	Захист при тривалому зануренні у воду (понад 1 метр)

У цих шафах встановлюються контролери, частотні перетворювачі та інше обладнання, яке не має достатнього ступеня захисту відповідно до класифікації IP. У зв'язку з цим, шафи повинні бути надійними та забезпечувати високий рівень захисту встановленого в них обладнання. В таких приміщеннях доцільно застосовувати систему пожежогасіння з використанням газоподібної речовини, оскільки вона не завдає шкоди електронному обладнанню, на відміну від води або піни.

Але для надійності та довговічності була створена компанія Rittal. Це німецький виробник шаф керувань для використання в промислових умовах. Компанія Rittal, світовий лідер у виробництві промислових шаф для автоматизації. Rittal тісно співпрацює з Siemens, чия продукція використовується в системах керування промисловості. Шафи Rittal, зокрема серії AE і VX забезпечують необхідний ступінь захисту (IP55 і вище) для контролерів, частотних перетворювачів та інших компонентів Siemens. Це дозволяє зберігати надійність і довговічність системи навіть в умовах запиленості або підвищеної вологості. Загальний вигляд звичайної шафи Rittal для керування систем автоматизації було зображено на рисунку 1.5 [15].



Рисунок 1.5 – Загальний вигляд шафи керування Rittal [50]

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

1.3 Датчики, що застосовуються в автоматизованих системах пожежогасіння

В автоматизованих системах пожежогасіння застосовується широкий спектр різноманітних датчиків. У таких системах датчики, що відповідають за виявлення пожежі, встановлюються практично в кожному приміщенні підприємства. Їх розташування має відповідати чинному законодавству України, а саме: Правилам пожежної безпеки в Україні (ППБУ) (Наказ МВС № 1417 від 30.12.2014), Державним будівельним нормам (ДБН В.2.5-56:2014), а також Національним стандартам України (ДСТУ) [17].

Щодо розміщення датчиків виявлення пожежі, детальні параметри встановлення наведено відповідно до вимог ДБН В.2.5-56:2014 та представлені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Вимоги до встановлення датчиків [17]

Тип датчика	Де встановлюють	Висота встановлення	Макс. площа покриття одного датчика	Макс. відстань між датчиками	Примітки
Димовий датчик	На стелі	0–30 см від стелі	~ 85 м ²	~ 9 м	Не ставити поруч із витяжками або кондиціонерами
Тепловий датчик	На стелі або під нею	0–30 см від стелі	~ 40–70 м ²	~ 7 м	Для приміщень із високою температурою чи запиленістю
Полум'яний датчик	На стінах або стелі	На напрямку видимості полум'я	Індивідуально	Індивідуально	Вибухонебезпечні об'єкти

Кінець таблиці 1.2 - Вимоги до встановлення датчиків [17]

Газовий датчик	Біля можливо витоку газу (верх або низ)	Залежить від типу газу	Індивідуальн о	Індивідуальн о	Вгорі — природни й газ, внизу — пропан
Комбіновани й датчик (дим + тепло)	На стелі	0–30 см від стелі	Середнє між димовим і тепловим	~ 8 м	Підвищує надійність виявлення

Вибір типу датчика залежить від особливостей приміщення або функціональної зони підприємства. Наприклад, для складських приміщень доцільним є використання димових датчиків завдяки їх простоті конструкції та високій надійності. У свою чергу, для шаф керування оптимальним рішенням є встановлення теплових датчиків усередині шаф та комбінованих датчиків у приміщеннях, де розташовані ці шафи.

Далі буде розглянуто основні типи датчиків, наведено їх детальний опис, принцип дії, зони застосування та зовнішній вигляд. Також буде охарактеризовано рекомендації щодо використання певних типів датчиків як на великих промислових підприємствах, так і в умовах побутового чи малого бізнесу.

Димові пожежні датчики (рисунок 1.7) працюють за принципом виявлення частинок диму в повітрі. Розрізняють іонізаційні, фотоелектричні та комбіновані димові сповіщувачі. Іонізаційні датчики краще виявляють дрібнодисперсний дим (наприклад, від паперу), тоді як фотоелектричні — густий дим (від тління деревини). Димові датчики застосовуються в офісах, житлових приміщеннях, громадських закладах, складах та адміністративних будівлях. Встановлюються на стелі у центральній частині приміщення, подалі від вентиляційних отворів [18].

Димові пожежні датчики потребують регулярного обслуговування для забезпечення чутливості до диму. Один раз на 6 місяців їх необхідно перевіряти тестовим аерозолем або вбудованою кнопкою. Щороку потрібно очищати внутрішні частини від пилу за допомогою пилососа або серветки.



Рисунок 1.7 – Загальний вигляд димового пожежного датчику [40]

Теплові пожежні датчики (рисунок 1.8) виявляють підвищення температури в приміщенні до заданого порогу або її швидке зростання. Існують порогові датчики (спрацьовують при досягненні певної температури) і диференційні (реагують на швидкість підвищення температури). Їх застосовують у приміщеннях із великим запиленням або де можливе виникнення високих температур без диму: кухні, котельні, промислові цехи. Встановлюються на стелі у місцях найвищого потенційного нагріву [17].



Рисунок 1.8 – Загальний вигляд теплового пожежного датчику [41]

Теплові пожежні датчики потребують перевірки раз на рік шляхом нагрівання спеціальним тестером або феном. Корпус очищується від пилу під час

регламентних оглядів. Кабельні термошнури додатково оглядають на механічні пошкодження.

Газові пожежні датчики (рисунок 1.9) реагують на концентрацію горючих газів або продуктів горіння у повітрі. Існують сенсори для виявлення природного газу (метану), пропану, чадного газу та інших небезпечних речовин. Використовуються у газових котельнях, машинних залах, нафтобазах, підприємствах хімічної промисловості. Встановлюються поблизу можливих джерел витоку газу або біля стелі/підлоги залежно від густини газу [17].



Рисунок 1.9 – Загальний вигляд газового пожежного датчику [39]

Газові пожежні датчики потребують перевірки чутливості кожні 6 місяців за допомогою тестового газу. Сенсори з обмеженим ресурсом замінюються через 2–5 років. Корпус очищують щорічно.

Світлові пожежні датчики (датчики полум'я) (рисунок 1.10) призначені для виявлення відкритого вогню за характерними світловими випромінюваннями у ультрафіолетовому (УФ) або інфрачервоному (ІЧ) діапазонах. Залежно від типу випромінювання, який фіксується, розрізняють ультрафіолетові, інфрачервоні та комбіновані УФ/ІЧ детектори. Світлові датчики застосовуються переважно на відкритих майданчиках, у виробничих цехах з підвищеним ризиком займання,

нафтобазах, складах паливно-мастильних матеріалів, а також у вибухонебезпечних зонах. Встановлення здійснюється таким чином, щоб забезпечити пряму видимість контрольованої зони без перешкод. Світлові датчики відзначаються високою швидкістю реагування на пожежу, однак потребують ретельного налаштування для уникнення помилкових спрацьовувань через сонячне світло або штучне освітлення.



Рисунок 1.10 – Загальний вигляд світлового пожежного датчику [42]

На великих промислових об'єктах комбіновані світлові детектори широко застосовуються для контролю зовнішніх зон і критично важливих установок. У побутових умовах та малих підприємствах вони використовуються рідко через високу вартість обладнання та специфічні вимоги до монтажу [17, 20].

Комбіновані пожежні датчики (рисунок 1.11) поєднують функції димових, теплових або газових сповіщувачів. Найпоширеніші варіанти – комбінація диму й температури або газу. Встановлюються у виробничих приміщеннях, логістичних центрах, торгових залах, де потрібен надійний контроль за різними параметрами одночасно. Монтуються на стелі або в зоні максимально ймовірного виникнення пожежі [21].



Рисунок 1.11 – Загальний вигляд комбінованого пожежного датчику [43]

Комбіновані датчики обслуговуються комплексно: перевіряється кожен сенсор окремо за допомогою відповідних тестів раз на 6 місяців. Очистка корпусу та перевірка працездатності здійснюються щорічно. При несправності одного з елементів рекомендовано замінювати весь пристрій.

Датчики тиску (рисунок 1.12) застосовуються для моніторингу тиску в трубопроводах систем пожежогасіння, особливо водяного, пінного або газового типу. Найбільш поширеним типом у промисловості є електронні датчики тиску, які

перетворюють фізичний тиск у електричний сигнал. Вони дозволяють постійно контролювати тиск у системі, виявляти витoki або падіння тиску, що може свідчити про несправність. Такі датчики є критично важливими для безперервного контролю готовності системи до спрацьовування.



Рисунок 1.12 – Загальний вигляд датчику тиску [44]

Датчики тиску зазвичай встановлюються безпосередньо в магістральних трубопроводах на ділянках перед розподільниками, запірною арматурою, резервуарами та насосними станціями. У виробничих цехах вони монтуються у технічних шафах або колекторах, де проходить пожежогасильна рідина або газ.

У сучасних автоматизованих системах пожежогасіння, окрім основних сенсорів виявлення – таких як димові, теплові, полум'яні та тискові – застосовуються також другорядні, але важливі допоміжні датчики, що забезпечують повноцінний моніторинг стану системи. До таких належать датчики

рівня, які слідкують за наявністю достатньої кількості води або піноутворювача у резервуарах, витратоміри, які підтверджують фактичну подачу рідини під час гасіння, а також датчики контролю напруги, що забезпечують безперервне живлення ключових компонентів. У системах із застосуванням газового гасіння використовуються спеціальні сенсори тиску в балонах та газоаналізатори, що слідкують за витоками. Додатково, в окремих випадках, можуть використовуватись датчики положення клапанів та засувки, температури навколишнього середовища або навіть відеоспостереження з функціями виявлення диму. Наявність таких пристроїв значно підвищує надійність, безпечність та ефективність функціонування АСПГ в цілому [22-25].

1.3 Висновки до першого розділу

У першому розділі курсового проекту має місце історичний розвиток системи пожежогасіння, а також проаналізовано актуальність їх використання в умовах сучасного суспільства. Встановлено, що з давніх часів людство шукало способи ефективного контролю та боротьби з вогнем, що зумовило постійне вдосконалення як організаційних, так і технічних засобів пожежогасіння.

Особлива увага заслуговує еволюцію від ручних способів гасіння пожежі до сучасних автоматизованих систем, здатних самостійно виявляти та оперативно реагувати на неї. Це дозволяє мінімізувати ризики для життя та здоров'я людей, а також значно скорочує матеріальні збитки. Таким чином, автоматизовані системи пожежогасіння виступають ключовим інструментом у забезпеченні пожежної безпеки як у промисловості, так і в побуті, що підтверджує високу актуальність теми дослідження.

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2 СХЕМАТИЧНЕ ПРОЕКТУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ПОЖЕЖО ГАСІННЯ

2.1 Загальна будова шафи керування

Головним елементом автоматичної системи пожежогасіння є шафа керування, у якій розміщується контролер — центральний елемент системи управління. Контролер виконує функцію координації роботи всіх підсистем і компонентів. До нього під'єднуються частотні перетворювачі через мережу ProfiNet, а також основна група датчиків.

До складу блоку датчиків входять близько десяти комбінованих датчиків пожежної безпеки, які забезпечують виявлення задимлення, підвищення температури та наявності полум'я, а також датчики тиску, що здійснюють постійний моніторинг тиску в трубопроводах системи пожежогасіння.

Другим за важливістю елементом системи є частотні перетворювачі, які відповідають за керування насосними агрегатами. Насоси у режимі очікування забезпечують підтримання постійного тиску в системі на рівні, наприклад, близько 3 атмосфер. У разі активації системи пожежогасіння частотні перетворювачі забезпечують інтенсивне нагнітання води або іншого вогнегасного середовища через трубопровідну мережу.

Таким чином, контроль за роботою насосів та підтримання необхідного рівня тиску здійснюється у режимі реального часу шляхом взаємодії контролера, частотних перетворювачів і відповідних датчиків.

Всі монтажні роботи будуть виконуватися в шафі від фірми Rittal серії VX. Загальний вигляд зібраної моделі шафи було виконано в програмному забезпеченні EPLAN, вигляд зображено на рисунку 2.1.

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
						22
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

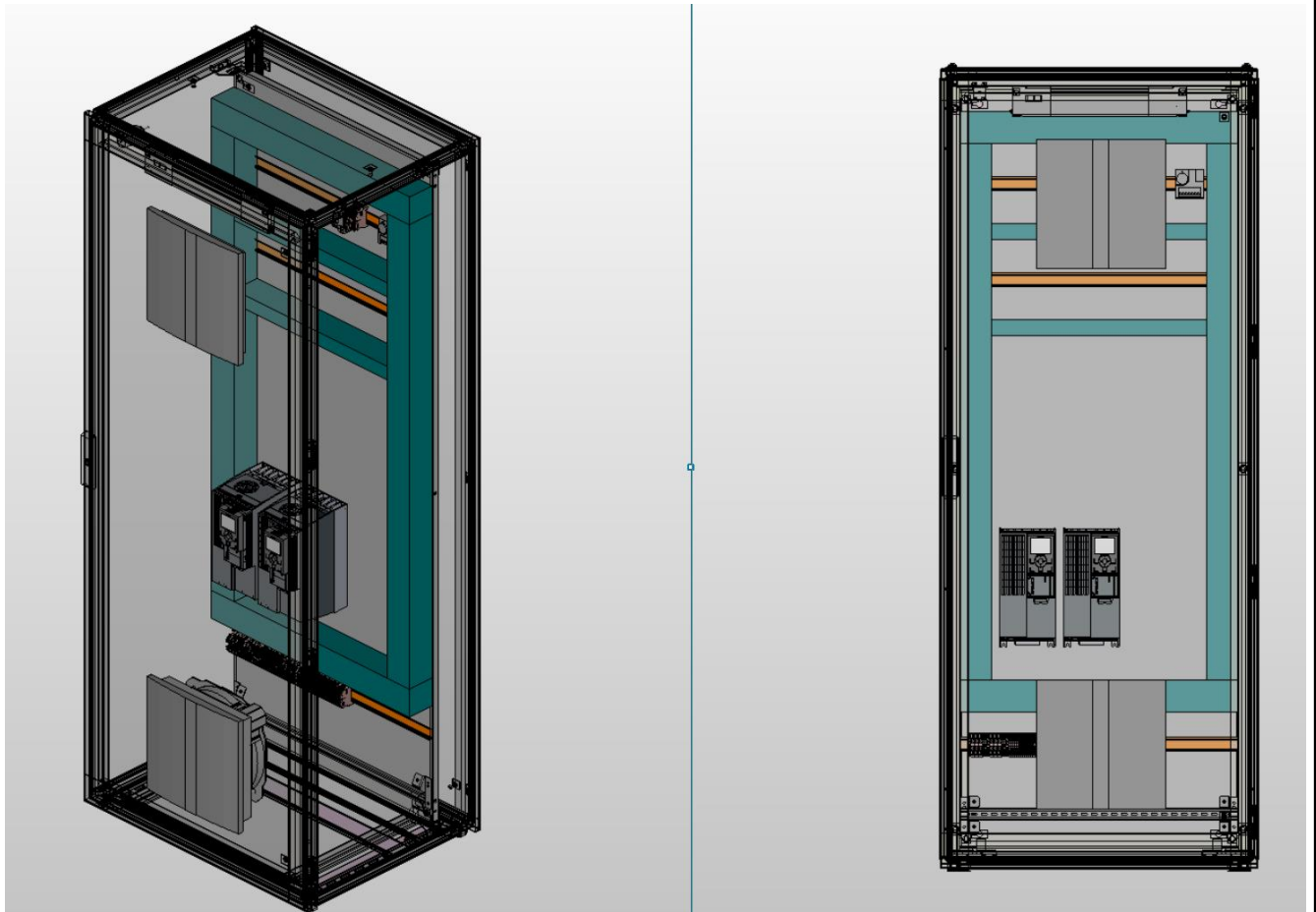


Рисунок 2.1 – Зібрана модель шафи Rittal

У даній шафі керування було встановлено три DIN-рейки, на яких здійснюється монтаж усіх компонентів системи. На нижній рейці розміщуються клемові з'єднання. На цій рейці встановлено елементи силової частини системи, а також клеми, які використовуються для подовження кабелів та забезпечення зручності подальшого монтажу шафи безпосередньо на вже діючому промисловому об'єкті. Нижня DIN-рейка виконує функцію розміщення низьковольтних клем, які служать для підключення сигналів керування, зокрема до частотних перетворювачів. Таким чином, забезпечується спрощення процесу встановлення та підключення обладнання на місці експлуатації. Варто підкреслити, що одним із важливих переваг застосування подібних шаф є можливість їх швидкої інтеграції в існуючу інфраструктуру підприємств без необхідності внесення

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк. 23
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

2.2 Схематична будова системи пожежогасіння в приміщенні

Будова всієї виконавчої системи пожежогасіння суворо регламентується законодавством України, зокрема такими нормативними документами, як ДБН В.2.5-56:2014, ДСТУ EN 12845 та Правила пожежної безпеки в Україні. Зазначені документи встановлюють чіткі вимоги щодо розташування, кількості та типу обладнання для забезпечення ефективного пожежогасіння у різних типах будівель. Відповідно до чинних нормативів, для приміщення розміром 50 × 50 метрів необхідно встановити приблизно 30 комбінованих датчиків пожежогасіння та 150 розпилювачів речовини для гасіння пожежі. Схематичне розташування датчиків буде наведено на рисунку 2.6, де також буде представлено схему підключення датчиків до контролера. Для підключення датчиків до контролера використовуються так звані шлейфи. Один шлейф об'єднує до п'яти датчиків, тобто загалом у системі передбачено використання п'яти шлейфів, які підключаються до контролера через модуль розширення дискретних входів. На схемі, представленій на рисунку 2.6, синім кольором позначені кабелі, які об'єднують п'ять датчиків у один шлейф, підключений до окремого порту модуля розширення. Червоний кабель із відповідною позначкою «До існуючого живлення 24 В» вказує на підключення до загальної шини живлення. Таке рішення обґрунтоване тим, що датчики можуть бути встановлені на об'єкті до монтажу контролера та здійснювати локальне сповіщення персоналу про можливу пожежу за умови подачі живлення на систему. Таким чином, система забезпечує гнучкість і автономність роботи датчиків, що є важливою вимогою для пожежної безпеки на об'єктах з високим рівнем ризику.

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

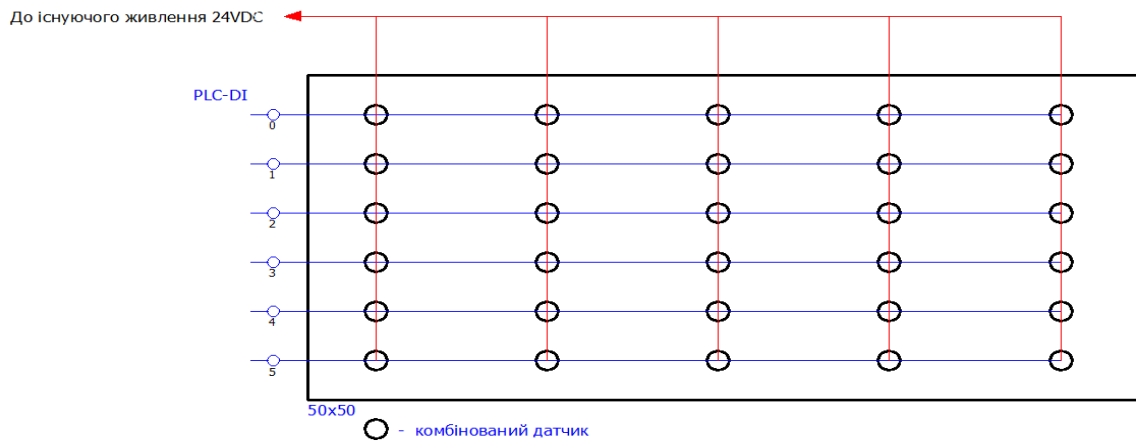


Рисунок 2.6 – Схема розміщення комбінованих датчиків, та підключення до контролера.

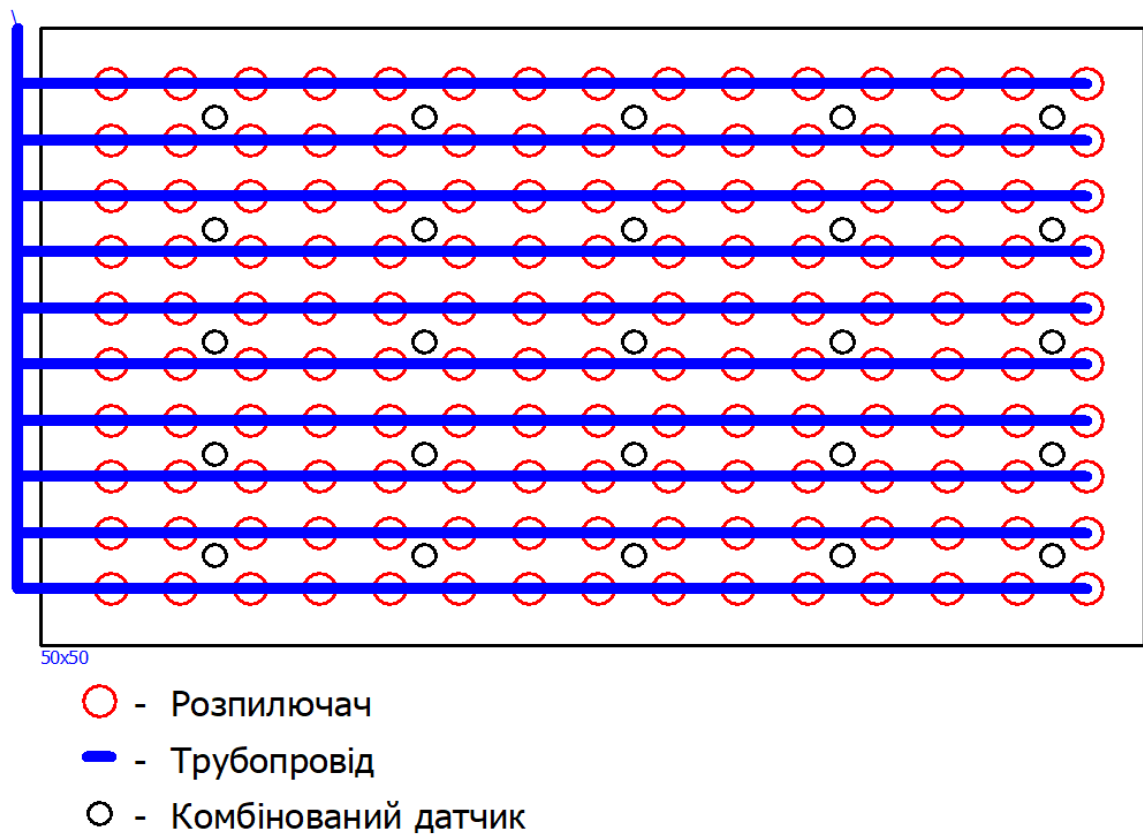


Рисунок 2.7 – Схематичне зображення системи встановленій в приміщені

Розташування датчиків та форсунок у системі пожежогасіння суворо регламентується ДБН В.2.5-56:2014, ДСТУ EN 12845 та «Правилами пожежної

безпеки в Україні», які передбачають, що розпилювачі (форсунки) слід встановлювати в плані з кроком 3–4 м при мінімальній відстані до стін або інших огорожувальних конструкцій не менше 0,5 м, комбіновані датчики сповіщення — із максимальним інтервалом між приладами 7,5 м та не далі ніж 0,5 м від лінії стику стіни й стелі, а датчики тиску монтуються у місцях зміни напрямку трубопроводу й розміщуються не рідше ніж через 30 м вздовж магістралі. На рисунку 2.7 подано схематичне розташування 30 комбінованих датчиків і 150 форсунок у приміщенні площею 50×50 м із дотриманням зазначених нормативних відстаней.

У системі було використано датчик тиску компанії Siemens. Даний датчик ідеально підходить для використання в трубопроводі для пожежогасіння. Його особливість що він може вимірювати тиск різних речовин, це актуально для системи автоматизованого пожежогасіння, тому що речовина для гасіння може бути у вигляді води, піни і газу. Загальний вигляд датчика тиску Siemens було зображено на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Загальний вигляд датчика тиску Siemens [45]

2.3 Схема загального підключення системи, створення схеми взаємодії між компонентами, опис використаних компонентів

Після завершення монтажу шафи керування та встановлення всіх її складових елементів, наступним етапом є підключення та зв'язування компонентів між собою. Як зазначалося у попередніх підрозділах, головною складовою системи виступає програмований логічний контролер SIEMENS SIMATIC S7-1200 (6ES7212-1AE40-0XB0), який забезпечує керування усією системою. Контролер з'єднується за допомогою інтерфейсу ProfiNet із частотними перетворювачами Siemens SINAMICS G120C потужністю 15 кВт, що відповідають за керування насосними агрегатами. Інші елементи, зокрема датчики диму та тиску, підключаються до контролера через модуль розширення дискретного введення SIMATIC SM 1221, який забезпечує додаткові входи у випадку недостатньої кількості вбудованих портів у базовому контролері.

На рисунку 2.9 представлена принципова схема підключення частотного перетворювача до контролера та клемових з'єднань. Відповідність між елементами забезпечується завдяки нумерації: номер клеми на DIN-рейці збігається з номером відповідного входу або виходу на схемі з'єднань частотного

перетворювача, що зображено на рисунку 2.2. Таким чином, наприклад, клема №1 у шафі з'єднується з контактом №1 на схемі. Підключення інших перетворювачів здійснюється аналогічно, з тією різницею, що перший частотний перетворювач з'єднується з другим за допомогою лінії ProfiNet, а вже другий перетворювач — безпосередньо з контролером.

Як показано на рисунку 2.9, до кожного частотного перетворювача підводиться силова частина у вигляді трифазного живлення напругою 400 В, а також низьковольтне живлення 24 В, необхідне для функціонування допоміжних ланцюгів. Послідовні входи та виходи перетворювача становлять елементи керування. Наприклад, входи з 5 по 17 використовуються для реалізації функцій керування частотним перетворювачем із зовнішніх пристроїв — таких як кнопки,

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк. 30
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

інтерфейсу з'єднання. До відповідних входів модуля підключаються сигнальні кабелі від датчиків диму, тиску та інших елементів системи.

На рисунку 2.10 представлено схему, яка ілюструє, як блок живлення забезпечує електроживлення контролера шляхом перетворення змінної напруги 220 В у постійну напругу 24 В, необхідну для роботи низьковольтного обладнання. Живлення 220 В подається на блок живлення, причому ця ж лінія також заживлює клемники охолодження, зображені на рисунку 2.2 під номером 5. Виходи блока живлення (полярності +/-) підключаються проводами до відповідних клем контролера: L+ (фаза або плюс) і M (нейтраль або мінус). Таким чином, забезпечується надійне живлення основного модуля SIMATIC S7-1200.

До порту PN3 контролера підключаються частотні перетворювачі Siemens SINAMICS G120C за допомогою інтерфейсу ProfiNet, що забезпечує швидкий обмін даними та стабільну взаємодію між пристроями. Входи 0–5 контролера використовуються для підключення зовнішніх елементів керування – кнопок та індикаторів, які розташовані в іншому місці, наприклад, на пульті оператора.

Порти 0–5 модуля розширення дискретного введення використовуються для підключення шлейфів комбінованих датчиків пожежогасіння, що забезпечують сигналізацію про загрозу займання. До порту 6 підключені датчики тиску, які встановлюються безпосередньо на трубопроводній частині системи й відповідають за контроль робочого тиску в системі пожежогасіння.

Далі буде створено схему взаємодії всієї системи, яка ілюструватиме послідовність і логіку роботи всіх компонентів. На схемі буде відображено, в якій черговості відбувається передача сигналів, як здійснюється керування системою та які елементи взаємодіють між собою для забезпечення ефективного функціонування автоматизованої системи пожежогасіння. Результат буде показано на рисунку 2.11.

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

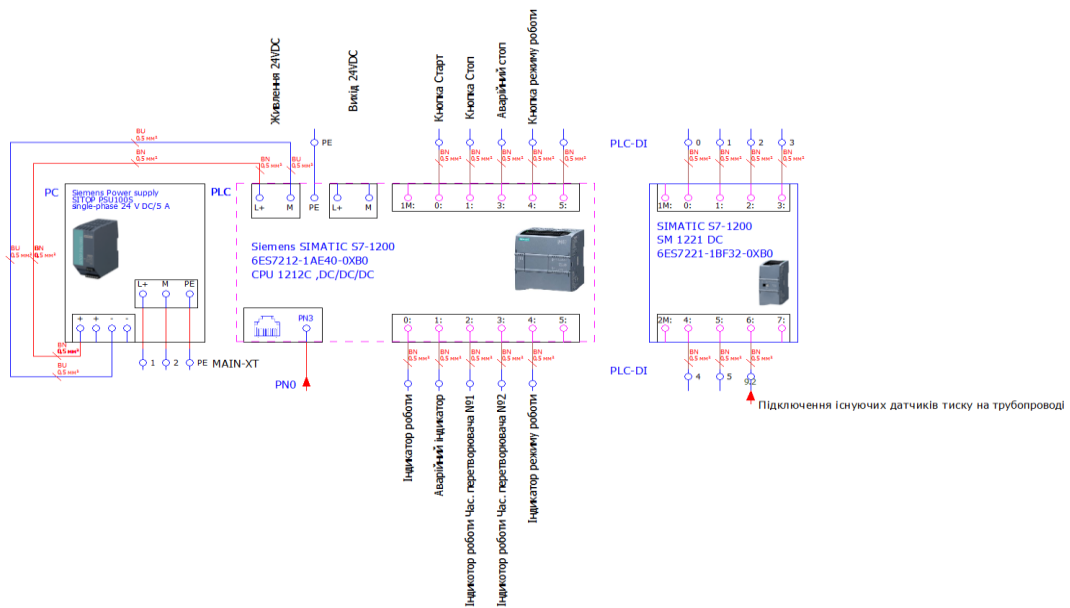


Рисунок 2.10 – Схема підключення контролера зі компонентами системи

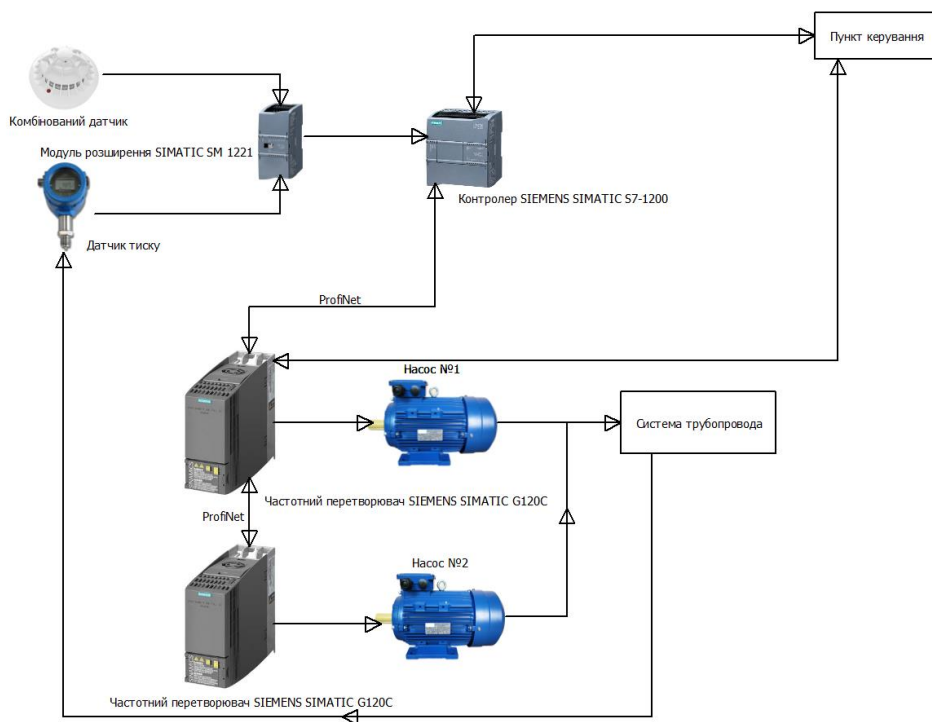


Рисунок 2.11 – Схему взаємодії всієї системи

У шафі керування також передбачено охолодження, яке забезпечує стабільну роботу обладнання, запобігаючи його перегріванню. На рисунку 2.12 та рисунку 2.13 зображено DIN-рейку з модулем керування охолодженням та його живленням,

і схему підключення охолодження. Охолоджувальна система буде отримувати живлення через п'ятий клемник, як показано на рисунку 2.2.

У нижній частині дверцят шафи буде встановлено вентилятор, а зверху – пиловий фільтр. Така конструкція охолодження необхідна, оскільки шафа буде експлуатуватися на підприємстві з великим рівнем пилу в повітрі. Вентилятор забезпечує циркуляцію повітря, а пиловий фільтр очищає вхідне повітря від забруднень, що дозволяє запобігти пошкодженню внутрішніх компонентів шафи. Також в шафі буде встановлено освітлення у вигляді світильника Rittal LED 900 100-220 вольт.

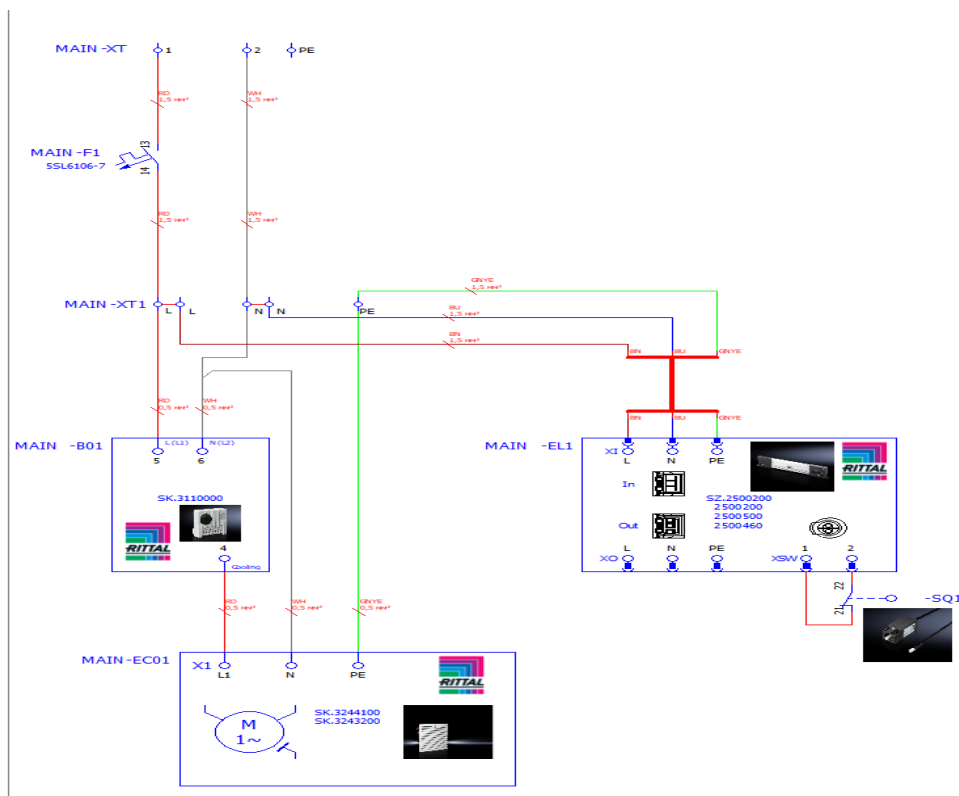


Рисунок 2.13 – Схема підключення охолодження і освітлення шафи

Алгоритм роботи схеми, зображеної на рисунку 2.11:

1. Зчитування інформації;
2. Контроль тиску;
3. Виявлення пожежі та активація системи;

Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата

4. Керування з пункту управління.

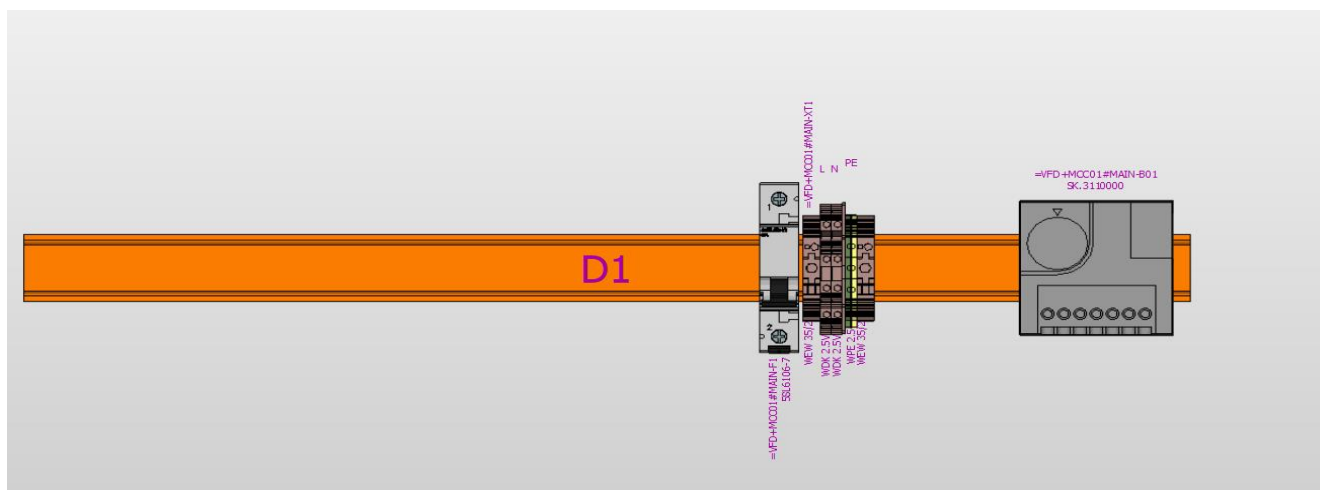


Рисунок 2.12 – DIN-рейка з модулем керування охолодженням

Контролер SIEMENS SIMATIC S7-1200 за допомогою модуля дискретного введення SIMATIC SM 1221, до якого підключено всі датчики системи, зчитує інформацію про стан об'єкта. На основі отриманих даних він формує відповідні керуючі сигнали для частотних перетворювачів.

У разі, якщо контролер отримує сигнал від датчика тиску про те, що тиск у системі становить, наприклад, 2 атмосфери замість необхідних 3 атмосфери, він подає команду на запуск частотних перетворювачів для підвищення тиску. Після досягнення заданого рівня тиску (3 атмосфери) контролер надсилає команду на зупинку частотних перетворювачів і переводить систему у режим очікування.

У разі виявлення пожежі, комбінований датчик передає тривожний сигнал на контролер. Контролер, у свою чергу, подає команду на частотні перетворювачі для запуску системи пожежогасіння на повній потужності. Система продовжує роботу до повного припинення горіння, після чого частотні перетворювачі знову переходять у режим очікування та забезпечують лише підтримання необхідного тиску.

Усі перераховані дії можуть дублюватися та контролюватися через пункт керування, де встановлені відповідні засоби моніторингу. Ці засоби отримують

сигнали від контролера, який забезпечує загальний контроль за роботою всієї системи та обробляє дані від усіх підключених датчиків.

Нижче було наведено основні технічні параметри ключових компонентів автоматизованої системи пожежогашіння. Зокрема, представлено характеристики програмованого логічного контролера Siemens SIMATIC S7-1200, частотного перетворювача Siemens SINAMICS G120C, модуля дискретного введення SM 1221, Датчика тиску Siemens QBE2003-P10, а також шафи керування типу Rittal. Дані таблиці містять інформацію про типи пристроїв, технічні характеристики (напругу живлення, кількість входів/виходів, інтерфейси, габаритні розміри тощо).

Контролер Siemens S7-1200 CPU 1212C (рисунок 2.14) (артикул 6ES7212-1AE40-0XB0) є програмованим логічним контролером (PLC), що живиться від джерела постійного струму з напругою 24 В. Він має вбудовані 8 дискретних входів типу Sink/Source (24 В DC) та 6 дискретних виходів. Обсяг пам'яті контролера становить 75 КБ для програми та 2 МБ для даних. Пристрій оснащено одним портом Ethernet (ProfiNet), який використовується для програмування, підключення до НМІ та взаємодії з іншими пристроями. Підтримуються протоколи обміну даними Modbus TCP/IP, S7 та ISO on TCP. Контролер дозволяє підключати до трьох модулів розширення сигналів вводу/виводу та одного комунікаційного модуля. Робочий температурний діапазон пристрою становить від -20 до $+60$ °С. Ступінь захисту корпусу відповідає IP20. Габаритні розміри контролера – $90 \times 100 \times 75$ мм, маса — близько 215 г.

Частотний перетворювач Siemens SINAMICS G120C (рисунок 2.14) (артикул 6SL3210-1KE23-8AC2) призначений для керування електричними моторами та забезпечує потужність до 15 кВт. Він працює від трифазного джерела змінного струму з напругою $400 \text{ В} \pm 10\%$ та підтримує частотний діапазон від 0 до 500 Гц. Пристрій оснащений інтерфейсом ProfiNet, який використовується для інтеграції в промислову мережу та зв'язку з програмованими логічними контролерами. Також можливе підключення додаткових модулів вводу/виводу через протокол Modbus TCP/IP. Робочий температурний діапазон перетворювача

становить від -10 до $+50^{\circ}\text{C}$. Ступінь захисту корпусу відповідає IP20, при цьому передбачений вбудований захист від короткого замикання та перевантаження. Габаритні розміри пристрою — $130 \times 230 \times 180$ мм, маса — приблизно 3,3 кг.



Рисунок 2.14 – Контролер SIMATIC S7-1200 [47]

Модуль SIMATIC SM 1221 (рисунок 2.16) є дискретним модулем введення, призначеним для розширення кількості входних портів у системі на базі контролера SIMATIC S7-1200. Модуль забезпечує 8 дискретних входів типу Sink/Source з напругою 24 В DC. Підключення до контролера здійснюється через інтерфейс ProfiNet, що дозволяє інтегрувати його у загальну архітектуру автоматизованої системи. Живлення модуля здійснюється від джерела постійного струму 24 В, максимальна потужність споживання — до 2 Вт. Робочий температурний діапазон становить від -20 до $+60^{\circ}\text{C}$. Габаритні розміри пристрою — $38 \times 100 \times 75$ мм, маса — близько 150 г.



Рисунок 2.15 – Частотний перетворювач SINAMICS G120C [48]

Модуль SIMATIC SM 1221 (рисунок 2.16) є дискретним модулем введення, призначеним для розширення кількості входних портів у системі на базі контролера SIMATIC S7-1200. Модуль забезпечує 8 дискретних входів типу Sink/Source з напругою 24 В DC. Підключення до контролера здійснюється через інтерфейс ProfiNet, що дозволяє інтегрувати його у загальну архітектуру автоматизованої системи. Живлення модуля здійснюється від джерела постійного струму 24 В, максимальна потужність споживання — до 2 Вт. Робочий температурний діапазон становить від -20 до $+60^{\circ}\text{C}$. Габаритні розміри пристрою — $38 \times 100 \times 75$ мм, маса — близько 150 г.

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.16 – Модуль розширення SIMATIC SM 1221 [49]

Шафа Rittal серії VX (рисунок 2.17) призначена для встановлення електричних і електронних компонентів у системах автоматизації. Виготовлена зі сталі з порошковим покриттям, вона забезпечує надійний захист обладнання від зовнішніх впливів. Ступінь захисту шафи відповідає класу IP55, що гарантує повну захищеність від пилу та водяних струменів. Конструкція є окремою, з міцною знімною рамою, що дозволяє зручно монтувати устаткування. Розміри шафи становлять 800 × 1800 × 400 мм (ширина × висота × глибина). Двері обладнані ущільнювачем і замком із чотириточковим замиканням для підвищеної безпеки. Робочий температурний діапазон складає від –20 до +40°С. Маса шафи — близько 65 кг. У середині передбачено достатньо місця для монтажу модулів керування, частотних перетворювачів, реле, розподільних панелей і контактних блоків, що забезпечує зручну та безпечну організацію простору для розміщення обладнання.



Рисунок 2.17 – Шафа керування Rittal VX [50]

Датчик тиску Siemens QBE2103-P10 (рисунок 2.18) призначений для вимірювання надлишкового тиску (gauge pressure) у промислових та інженерних системах. Він має діапазон вимірювання від 0 до 10 бар і видає аналоговий вихідний сигнал у межах 0...10 В постійного струму, що дозволяє легко інтегрувати його з контролерами та системами автоматизації. Пристрій працює від джерела живлення з напругою 15...24 В DC. Завдяки класу захисту IP65, датчик може надійно функціонувати у вологих та запилених умовах, характерних для виробничого середовища. З'єднання з трубопроводом виконується через стандартне зовнішнє різьбове підключення типу G 1/4". Точність вимірювання становить менше ± 1 % від повної шкали, що забезпечує достатню точність для технічних і технологічних задач. Робочий температурний діапазон становить від –

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

15 °С до +80 °С, що дозволяє використовувати пристрій у широкому спектрі умов експлуатації.



Рисунок 2.18 – Датчика тиску Siemens QBE2103-P10 [51]

2.4 Висновки до другого розділу

У другому розділі було детально розглянуто процес проектування автоматизованої системи пожежогасіння з урахуванням вимог нормативних документів України. Визначено основні компоненти системи, зокрема шафу керування, контролер Siemens S7-1200, частотні перетворювачі SINAMICS G120C, модуль дискретного введення SM1221. Розроблено принципову схему взаємодії між пристроями, алгоритм роботи системи та надано приклади підключення елементів. Система побудована з використанням обладнання, яке забезпечує надійну та безперебійну роботу в умовах промислових об'єктів. Результати аналізу підтверджують доцільність застосування запропонованої структури для реалізації ефективної, масштабованої та зручної в обслуговуванні системи пожежогасіння.

3 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

3.1 Огляд середовища TIA PORTAL

Розділ присвячено програмному забезпеченню систем автоматизованого пожежогасіння. Усі маніпуляції, розробки, зміни та моніторинг будуть використовуватись у середовищі TIA Portal. У цьому підрозділі будуть представлені основні особливості та можливості спеціалізованої середовища для програмування виробів компанії Siemens.

TIA Portal V17 (Totally Integrated Automation Portal) є головним інструментом для розробки, налаштування та обслуговування систем автоматизації на виробництвах, створених на базових компонентах Siemens. Дана програмна среда, спеціально розроблена компанією Siemens, дозволяє створювати складні автоматизовані системи, охоплюючи всі етапи проектування, від програмування програмованих логічних контролерів до налаштування людино-машинних інтерфейсів. Основною особливістю TIA Portal є його здатність інтегрувати різні компоненти системи в єдину среду, що значно полегшує процес розробки та налагодження.

Завдяки TIA Portal V17 користувач отримує можливість працювати з іншими типами програмованих логічних контролерів серії SIMATIC, зокрема з новітніми S7-1200, S7-1500 та більш застарілими S7-300 та S7-400. Вибір програмування мов залежить від конкретних завдань: для створення логіки управління вибір таких мов, як Ladder Logic (LD), Function Block Diagram (FBD), Structured Text (ST), Statement List (STL) та Sequential Function Chart (SFC). Це дозволяє розробникам вибрати найбільш підходящий підхід залежно від складності завдання. Також TIA Portal забезпечує можливість налаштування додаткових функцій безпеки за допомогою інструментів, що підтримують стандарти SIL та PL, що є особливим місцем для реалізації критичних до безпеки систем.

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк. 42
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

Інтеграція з пристроями НМІ є однією з важливих можливостей цієї платформи. Використовуючи TIA Portal, створюють користувальні інтерфейси для моніторингу та управління технологічними процесами, що включають відображення стану обладнання, параметрів. Інтерфейси можуть бути налаштовані для різних типів панелей — від простих пристроїв до більш складних рішень із багатьма функціональними екранами та графічними зображеннями. Важливим перевагою є безшовна інтеграція між контролером та панеллю НМІ через протокол PROFINET, що дозволяє забезпечити високу швидкість та надійність зв'язку.

TIA Portal V17 включає потужні інструменти для налаштування та керування приводами, зокрема серією SINAMICS. Це дозволяє легко інтегрувати приводи (двигуни) до системи автоматизації та забезпечити ефективне управління через єдину платформу. Використання TIA Portal для налаштування приводів не тільки спрощує конфігурацію, але й дозволяє контролювати та коригувати параметри в реальному часі, що є кількістю для багатьох технологічних процесів.

Одним із головних переваг TIA Portal є можливість онлайн-моніторингу та діагностики. Система надає потужні інструменти для налагодження програм та аналізу роботи ПЛК та НМІ. За допомогою таких функцій, як точки зупину, таблиці перегляду, трасування та примусові змінні, розробники можуть призвести до накладення своїх проектів. Завдяки інтегрованому моделюванню (PLCSIM Advanced), можна протестувати програму без необхідності підключення до фізичних пристроїв, що скорочує годину на розробку та тестування.

У версії TIA Portal V17 було значно покращено багатокористувальне середовище, що дозволяє кільком користувачам одночасно працювати над одним проектом. Завдяки цьому можна значно підвищити ефективність командної роботи, особливо у великих проектах, де кількість учасників може бути великою. Також покращена підтримка нових процесорів S7-1500, що дозволяє забезпечити високу надійність та продуктивність системи.

Інтеграція з сучасними технологіями, такими як OPC UA, MQTT, а також можливість зв'язку з хмарними сервісами та застосування принципів Індустрії 4.0,

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк. 43
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

робить TIA Portal не єдиним надійним інструментом для традиційної автоматизації, але є елементом для впровадження рішень у рамках цифрових трансформацій в промисловості.

Загалом, TIA Portal V17 є інструментом для розробки та налаштування автоматизованої системи, що дозволяє значно скоротити годину на розробку та підвищити ефективність роботи за рахунок інтеграції різноманітних компонентів у єдину платформу. Це дозволяє створювати високоякісні та надійні автоматизовані системи, що відповідають сучасним вимогам промисловості.

3.2 Розробка програмного забезпечення

Першим етапом проектування є додавання необхідних елементів системи у вигляді контролера SIMATIC S7-1200, дискретного модуля розширення SIMATIC SM 1221, а також частотних перетворювачів SINAMICS G120C. Середовище TIA Portal надає широкі можливості для конфігурації систем автоматизації, оскільки містить повну базу даних моделей контролерів та іншого обладнання виробництва Siemens.

Для додавання елементів до проекту спочатку створюється стандартний проект у середовищі TIA Portal. Наступним кроком є вибір апаратного забезпечення. Як основний контролер обирається S7-1200 CPU 1212C. Далі, у відповідних категоріях, додаються модуль розширення SM 1221 і частотний перетворювач SINAMICS G120C.

Після конфігурації обладнання створюється таблиця тегів, яка відіграє важливу роль у програмуванні. Теги слугують зв'язком між фізичними входами/виходами системи та програмним кодом. На основі створених тегів реалізується програмна логіка у вигляді ladder-діаграм (LAD) та програмних блоків, написаних мовою SCL (Structured Control Language). Усі теги прив'язуються до відповідних входів та виходів доданих апаратних компонентів.

На першому етапі програмування створюється ladder-діаграма, яка виконує зчитування сигналів з датчиків диму та записує отримані дані у відповідні біти пам'яті контролера. Завдяки збереженню даних у регістрах пам'яті забезпечується спрощене опрацювання інформації в наступних етапах керування. На рисунку 3.1 подано приклад реалізації такої ladder-діаграми.

Для прикладу, теги Loop1_input1–Loop5_input1 відповідають п'яти шлейфам сигналізації, кожен з яких підключений до входів модуля розширення за адресами %I8.0–%I8.4. Зчитані дані з входів записуються до бітів пам'яті контролера з адресацією %M1.0–%M1.4. Використання внутрішньої пам'яті контролера полегшує логічну обробку сигналів та подальше керування системою.



Рисунок 3.1 – lad-діаграма зчитування сигналів з датчиків диму

Наступним кроком є створення ladder-діаграми, яка забезпечує подальше зчитування сигналів від пожежних датчиків з метою ініціації процесу пожежогасіння.

Принцип дії полягає в наступному: після отримання сигналів тривоги, які були сформовані на попередньому етапі (див. рисунок 3.1), відбувається аналіз відповідних бітів пам'яті %M1.0–%M1.4, що відповідають п'яти вхідним каналам пожежних шлейфів. У разі виявлення пожежонебезпечної ситуації один або декілька з цих бітів приймають логічне значення "1", що свідчить про спрацювання відповідного датчика.

На основі цієї інформації формується сигнал активації пожежної тривоги – %M10.0 з тегом FireDetected. Цей біт пам'яті служить індикатором виявлення загрози та використовується для подальших логічних операцій у програмному коді, зокрема – для запуску алгоритму автоматичного пожежогасіння.

Використання внутрішніх бітів пам'яті дозволяє спростити структуру програмного коду та забезпечує зручність при масштабуванні системи.

Схема логіки активації пожежогасіння реалізована за допомогою ladder-діаграми, яка наведена на рисунку 3.2.



Рисунок 3.2 – lad-діаграма зчитування сигналів з датчиків диму

Далі була розроблена схема призначена для керування пуску контролера, і індикації роботи його, дана схема побудована на основі входів %I0.0

("Start_CPU1200") та %I0.1 ("Stop_CPU1200"). Коли кнопка "Пуск" натиснута, а кнопка "Стоп" не натиснута, на виході %Q0.1 активується сигнал, який вмикає індикатор, позначений як "Work_light". Контакт цього виходу підключений паралельно до кнопки запуску, що реалізує ефект самопідхоплення, тобто після короткочасного натискання кнопки система підтримує ввімкнений стан індикатора роботи до моменту натискання кнопки зупинки. Такий принцип широко застосовується в промисловості, оскільки забезпечує надійність роботи освітлювального обладнання без необхідності утримувати кнопку у натиснутому стані (рисунок 3.3).

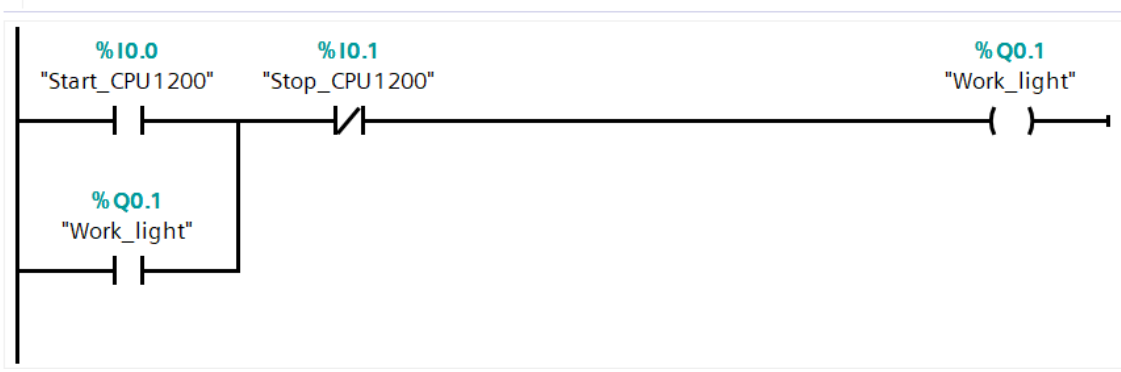


Рисунок 3.3 – lad-діаграма запуску контролера

Наступна діаграма відповідає за керування першим частотним перетворювачем типу G120C і функціонує за аналогічним принципом. Вхід %I1.0 слугує для запуску пристрою ("Start_G120C_1"), тоді як %I1.1 – для його зупинки ("Stop_G120C_1"). Після активації кнопки запуску і при відсутності сигналу з кнопки зупинки, вихід %Q0.2 переходить в активний стан, включаючи перетворювач (у програмі він позначений як "g120c1"). Завдяки використанню контакту виходу %Q0.2 у паралель із кнопкою запуску, логіка забезпечує підтримку роботи перетворювача до моменту подачі команди зупинки. Це дозволяє оператору запускати двигун, підключений до перетворювача, одним коротким натисканням, що є ефективним способом керування у системах автоматизації (рисунок 3.4).

тригера аварійної зупинки. Його спрацювання негайно впливає на низку виконавчих пристроїв, забезпечуючи зупинку критичних елементів системи та одночасно подаючи сигнал на аварійну індикацію. Такий підхід забезпечує швидке реагування системи у разі позаштатної ситуації, що відповідає вимогам до безпеки в автоматизованих об'єктах.

У першому рядку наведено реалізацію самопідхоплення аварійного світлового індикатора %Q0.0 з міткою "Emergency_light". Це означає, що при спрацюванні кнопки аварійної зупинки аварійна лампа вмикається і залишається активною навіть після короткочасного натискання кнопки. Для цього використано паралельне підключення контакту %Q0.0 до головної лінії – це дозволяє утримувати вихід у стані логічної "1" до моменту зовнішнього скидання. Таким чином, оператор отримує візуальне повідомлення про аварійну ситуацію доти, доки вона не буде вирішена.

У наступних трьох рядках використано той самий сигнал %I0.2, щоб вимкнути виходи %Q0.2, %Q0.3 та %Q0.1. Виходи %Q0.2 і %Q0.3 керують частотними перетворювачами G120C, відповідно першою та другою установкою. Їх вимкнення при аварійній зупинці гарантує, що приводи негайно перестануть працювати, що критично важливо в умовах промислової безпеки. Останній вихід %Q0.1, який позначений як "Work_light", є індикатором роботи контролера. Його вимкнення слугує візуальним сигналом того, що контролер перебуває в стані аварійної зупинки, і управління процесом призупинено (рисунок 3.6).

Далі було реалізовано перемикання між автоматичним і ручним режимами керування. Основою для цього слугує сигнал з входу %I0.3, який позначено як "Mode". Натискання на відповідну кнопку активує один з двох внутрішніх маркерів – %M2.0 або %M2.1, що відповідно відповідають автоматичному та ручному режиму роботи. Логіка реалізована у вигляді двох паралельних гілок, які працюють за принципом взаємовиключення: при активному сигналі на вході замкнений контакт %I0.3 дозволяє встановити автоматичний режим, тоді як при відсутності сигналу (розімкнений контакт) активується ручний.

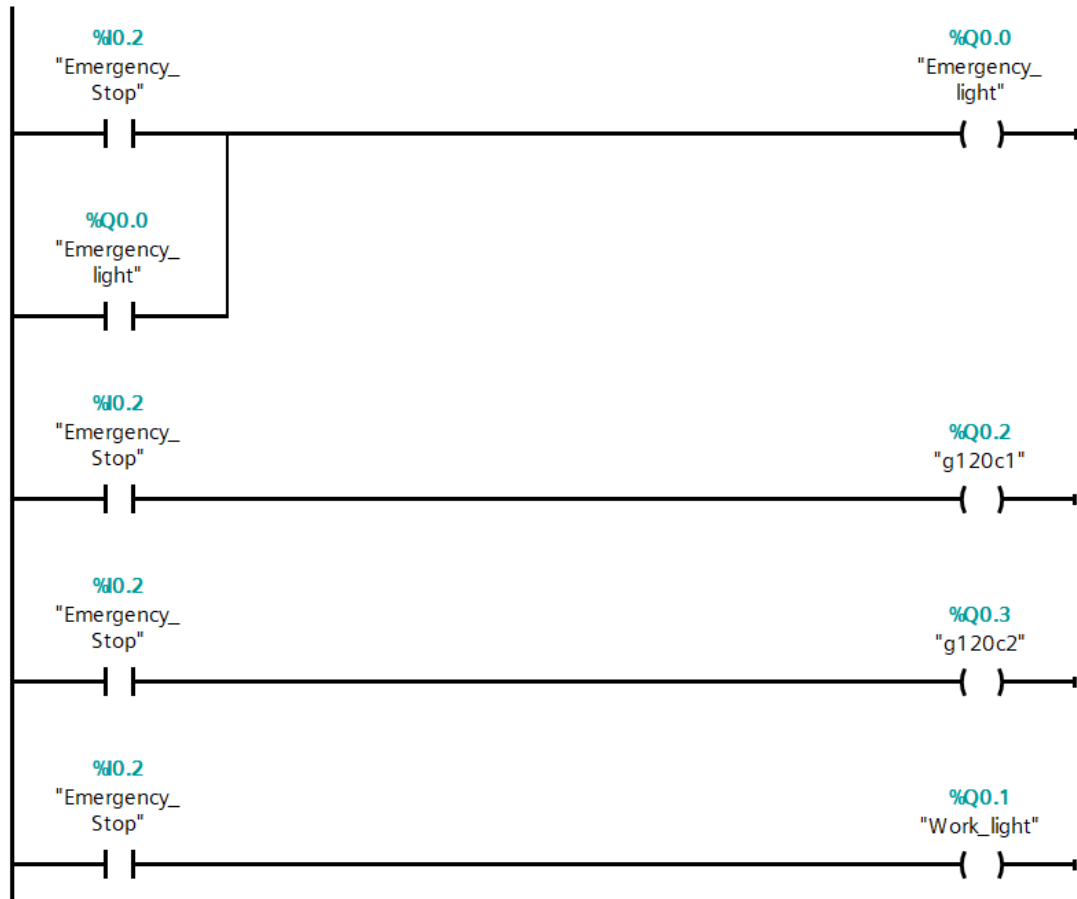


Рисунок 3.6 – lad-діаграма аварійного вимкнення

У першому рядку використовується нормально відкритий контакт %I0.3, який активує маркер %M2.0 ("Auto"). Це означає, що при подачі сигналу з кнопки "Mode" контролер переходить у автоматичний режим роботи. У другому рядку, навпаки, використано інверсний контакт того самого входу – нормально закритий контакт %I0.3. При відсутності сигналу цей контакт замкнутий, що дозволяє активувати маркер %M2.1 ("Manual") і тим самим перейти в ручний режим.

Після створення всіх попередніх ladder-діаграм у нас сформувалася невелика, але функціонально насичена таблиця тегів, яка відповідає за зчитування вхідних сигналів, керування вихідними пристроями, а також реалізацію внутрішньої логіки системи. Ці теги є ключовими змінними, що забезпечують взаємозв'язок між апаратною частиною контролера (його фізичними входами й виходами) та програмною реалізацією логічних алгоритмів. Усі теги мають чітке адресне

позначення згідно з прийнятими стандартами програмування в середовищі TIA Portal, а також тип даних, що визначає спосіб їх використання в логічних умовах. Загальна структура цієї таблиці була зображена на рисунку 3.7.



Рисунок 3.6 – lad-діаграма перемикання режимів

	Name	Data type	Address	Retain
1	Loop1_Input1	Bool	%I8.0	<input type="checkbox"/>
2	Loop2_Input1	Bool	%I8.1	<input type="checkbox"/>
3	Loop3_Input1	Bool	%I8.2	<input type="checkbox"/>
4	Loop4_Input1	Bool	%I8.3	<input type="checkbox"/>
5	Loop5_Input1	Bool	%I8.4	<input type="checkbox"/>
6	Pressure_Sensor	Bool	%I8.5	<input type="checkbox"/>
7	FireDetected	Bool	%M10.0	<input type="checkbox"/>
8	Start_CPU1200	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>
9	Stop_CPU1200	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>
10	Start_G120C_1	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>
11	Stop_G120C_1	Bool	%I1.1	<input type="checkbox"/>
12	Start_G120C_2	Bool	%I1.2	<input type="checkbox"/>
13	Stop_G120C_2	Bool	%I1.3	<input type="checkbox"/>
14	Emergency_Stop	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>
15	Mode	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>
16	Emergency_light	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>
17	Work_light	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>
18	g120c1	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>
19	g120c2	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>
20	mode_light	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>
21	Loop1_Active	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>
22	Loop2_Active	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>
23	Loop3_Active	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>
24	Loop4_Active	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>
25	Loop5_Active	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>
26	Auto	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>
27	Manual	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>
28	StartPump1	Bool	%M4.0	<input type="checkbox"/>
29	StartPump2	Bool	%M4.1	<input type="checkbox"/>
30	HoldPressure	Bool	%M5.0	<input type="checkbox"/>
31	PressureOk	Bool	%M6.0	<input type="checkbox"/>
32	PressureInput	Real	%ID64	<input type="checkbox"/>

Рисунок 3.7 – Загальна структура тег-таблиці

У загальному випадку теги класифікуються за трьома основними категоріями: вхідні (%I), вихідні (%Q) та внутрішні (%M), які називаються також маркерами. Вхідні теги відповідають за зчитування сигналів із зовнішніх пристроїв, таких як перемикачі режимів, датчики рівня, кнопки керування тощо. Наприклад, такі змінні, як Loop1_Input1 чи AutoMode, напряду прив'язані до відповідних фізичних входів контролера та відіграють роль умов активації певних процесів у системі. Вихідні теги, у свою чергу, визначають сигнали, які контролер подає на виконавчі механізми: це можуть бути лампи індикації, електромагнітні клапани, реле або сигнали запуску насосів. Типовим прикладом є тег Work_light, що подає сигнал на індикатор стану роботи системи.

Окрему категорію становлять маркерні теги — внутрішні змінні пам'яті з адресами типу %M. Вони не мають фізичного відповідника у вигляді обладнання, проте відіграють критично важливу роль у логіці роботи програми. Саме з допомогою таких тегів реалізуються проміжні логічні операції, фіксується стан тривоги (FireDetected), активується автозапуск, відслідковується зміна режимів або зберігаються тимчасові стани. Наприклад, тег FireDetected з адресою %M10.0 є внутрішнім індикатором, який вмикається при виявленні загрози і активує подальший сценарій пожежогасіння. Такі змінні є зручними для розгалуження логіки програми без необхідності додаткових фізичних з'єднань або складних апаратних рішень.

Ще одним важливим аспектом таблиці тегів є чітке визначення типів даних. У даному проєкті переважають булеві змінні (тип Bool), що дозволяють представляти стан сигналу у вигляді «0» або «1», тобто увімкнено/вимкнено, правда/неправда. Це обумовлено специфікою більшості вхідних і вихідних сигналів у системах автоматизації, де переважає дискретна логіка. Проте при розширенні функціональності можливе використання також числових типів, таких як Int, Word, Real, що дозволяє працювати з аналоговими значеннями, таймерами, лічильниками та іншими функціональними блоками.

3.3 Опис основної програми автоматизації засобами мови SCL

Основу логіки роботи всієї системи пожежогасіння складає програмний модуль, реалізований за допомогою мови високого рівня SCL, яка входить до складу середовища TIA Portal і дозволяє формалізовано описувати алгоритми у вигляді логічних конструкцій. Цей код виступає ядром автоматичного управління, забезпечуючи прийняття рішень на основі стану входів, внутрішніх змінних та умов, пов'язаних із режимами роботи. Реалізований алгоритм охоплює різні сценарії – від стандартної підтримки тиску до реагування на надзвичайну ситуацію у випадку пожежі.

Програма починається з перетворення аналогового значення тиску з сенсора у цілочисельне значення з відповідним масштабуванням. Це значення потім використовується для формування булевої змінної PressureOk, яка слугує індикатором того, чи знаходиться тиск у допустимому діапазоні (наприклад, між 2.8 та 3.2 бар). Надалі це значення використовується для формування логіки підтримки тиску в нормі у разі відсутності пожежі. При цьому змінна PressureInput грає роль основного аналогового входу, що подає значення реального тиску у систему. Дана частинка програмного коду мовою програмування SCL, була зображена на рисунку 3.8.

Одночасно з цим формується умова FireDetected, яка стає істинною у разі активності будь-якого з пожежних шлейфів. Це дозволяє одразу перейти до сценарію гасіння – вмикаються обидва насоси (StartPump1, StartPump2), а змінна HoldPressure встановлюється в TRUE для підтримання заданого рівня тиску в системі. Зокрема, цей блок автоматично активується лише за умови, що система працює в автоматичному режимі (Auto := "Mode"), де Mode зчитується з цифрового входу, що відповідає за перемикач "ручний/автомат".

У разі натискання кнопки аварійної зупинки (Emergency_Stop), код негайно припиняє роботу насосів, скидає тиск та блокує всі виконавчі механізми, що демонструє дотримання вимог безпеки. Якщо ж пожежа не виявлена, але система

все ще знаходиться в автоматичному режимі, перевіряється тиск: при його нормальному значенні насоси вимикаються, при зниженні – вмикається один насос для відновлення нормального стану.

```
1  "PressureInput" := REAL_TO_INT("PressureInput") * 0.1;
2
3  // Пожежа активна, якщо хоч один шлейф активний
4  "FireDetected" := "Loop1_Active" OR "Loop2_Active" OR "Loop3_Active" OR "Loop4_Active" OR "Loop5
5
6  // Ознака, що тиск у нормі (наприклад 2.8...3.2 бар)
7  IF ("PressureInput" >= 2.8) AND ("PressureInput" <= 3.2) THEN
8      "PressureOk" := TRUE;
9  ELSE
10     "PressureOk" := FALSE;
11  END_IF;
12
13  // Режими
14  "Auto" := "Mode";      // I0.6 = 1 → автомат
15  "Manual" := NOT "Mode";
16
17  // Аварійний стоп
18  IF "Emergency_Stop" THEN
19      "StartPump1" := FALSE;
20      "StartPump2" := FALSE;
21      "HoldPressure" := FALSE;
22  END_IF;
23  // Автоматичне гасіння
24  IF "Auto" THEN
25      IF "FireDetected" THEN
26          "StartPump1" := TRUE;
27          "StartPump2" := TRUE;
28          "HoldPressure" := TRUE;
```

Рисунок 3.8 – Перша частина програмного коду на мові SCL

На останньому етапі враховано можливість ручного керування через зовнішні кнопки. Ці умови дозволяють оператору самостійно запускати або зупиняти насоси незалежно від стану системи, що реалізовано через булеві вирази типу Start_G120c_1 AND NOT Stop_G120c_1, які керують відповідними тегам StartPump1 та StartPump2. Всі ці логічні комбінації формуються в окремих умовних блоках IF–ELSEIF–ELSE, що дозволяє програмі працювати адаптивно в залежності від сценарію. Наступна частина програмного коду було зображено на рисунку 3.9.

```

29     ELSE
30         // Підтримка тиску без пожежі
31     IF NOT "PressureOk" THEN
32         "HoldPressure" := TRUE;
33         "StartPump1" := TRUE;
34         "StartPump2" := FALSE;
35     ELSE
36         "HoldPressure" := FALSE;
37         "StartPump1" := FALSE;
38         "StartPump2" := FALSE;
39     END_IF;
40 END_IF;
41
42 // Ручне керування кнопками
43 ELSIF "Manual" THEN
44     "StartPump1" := "Start_G120C_1" AND NOT "Stop_G120C_1";
45     "StartPump2" := "Start_G120C_2" AND NOT "Stop_G120C_2";
46     "HoldPressure" := FALSE;
47 END_IF;

```

Рисунок 3.9 – Друга частина програмного коду на мові SCL

3.4 Висновки до третього розділу

У межах даного розділу було здійснено проектування логіки роботи системи автоматичного пожежогасіння з використанням мов програмування середовища ПІА Portal, зокрема мови контактних діаграм (LAD) та мови структурованого тексту (SCL). На початковому етапі були побудовані структуровані LAD-діаграми, які дозволили візуалізувати основні логічні залежності між вхідними сигналами, режимами роботи та виконавчими елементами системи. Такий підхід надає інженеру можливість швидко орієнтуватися в логіці роботи та перевірити її відповідність технічним вимогам.

У результаті побудови логічних діаграм була автоматично сформована таблиця тегів, що відображає всі використовувані змінні, їх типи даних, напрямки (вхід/вихід/внутрішня змінна). На рисунку 3.7 представлено цю таблицю, яка є невід’ємною частиною цифрової моделі проєкту та служить основою для реалізації програмного коду.

Після завершення структурного аналізу логіки, реалізованої у вигляді діаграм, розроблено програмний код на мові SCL, який виконує ключові

обчислення, перевірки умов, реалізує сценарії поведінки системи в різних режимах, зокрема: аварійний режим, пожежогасіння, підтримка тиску, ручне керування. Код було реалізовано з урахуванням вимог до надійності, безпеки та гнучкості керування. Він адаптується до змін зовнішнього середовища за рахунок умовних операторів, масштабування аналогових сигналів та булевої логіки.

Таким чином, було створено функціонально завершений модуль керування, що забезпечує автоматичне реагування на зміну параметрів технологічного процесу, враховує дії оператора та виконує логіку безпечної зупинки системи. Впроваджена структура легко масштабована й придатна до модифікацій, що робить її ефективною основою для впровадження у реальні промислові умови.

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		56

ВИСНОВКИ

У межах кваліфікаційної роботи було здійснено повномасштабне проектування, обґрунтування та програмну реалізацію автоматизованої системи пожежогасіння, адаптованої для промислових умов. Проект охопив усі ключові етапи розробки подібної системи, починаючи з комплексного аналізу об'єкта автоматизації та вибору технічних засобів, і закінчуючи моделюванням, розробкою логіки керування та впровадженням програмного забезпечення у середовищі TIA Portal.

У першому розділі виконано аналіз об'єкта автоматизації. Простежено еволюцію засобів пожежогасіння від первинних ручних методів до сучасних автоматизованих систем. Обґрунтовано актуальність теми в контексті промислової безпеки. Проаналізовано типи пожежних датчиків, їхні технічні характеристики, особливості використання у виробничих умовах та нормативні документи, що регламентують їх застосування.

У другому розділі створено схематичне проектування системи. Розроблено структуру шафи керування на основі компонентів Siemens та Rittal. Обґрунтовано вибір програмованого контролера SIMATIC S7-1200 і частотних перетворювачів SINAMICS G120C. Сформовано архітектуру підключення сенсорів, виконавчих механізмів і допоміжного обладнання. Побудовано принципіві електричні схеми системи, що забезпечують її логічну цілісність, надійність, гнучкість та адаптивність до виробничого середовища. Враховано аспекти охолодження, пилозахисту та зручності обслуговування.

У третьому розділі реалізовано програмне забезпечення системи. Створено логіку її функціонування з використанням мов LAD і SCL у середовищі TIA Portal. Побудовано таблицю тегів для зв'язку між вхідними сигналами, керувальними командами та внутрішніми змінними. За допомогою LAD-діаграм реалізовано базовий алгоритм опитування сенсорів, обробки сигналів тривоги, перемикання режимів та виведення індикації. Застосування мови SCL дозволило створити

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
						57
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

розгалужений керувальний алгоритм для насосів, який враховує стан системи, параметри тиску та можливі аварійні ситуації.

Результатом виконання кваліфікаційної роботи є розробка ефективної, надійної та адаптивної автоматизованої системи пожежогасіння, здатної функціонувати в режимі реального часу, своєчасно реагувати на загрозу займання, забезпечувати підтримку заданих параметрів та знижувати вплив людського фактора на пожежну безпеку. Отримані результати повністю відповідають поставленій меті. Запропонована система володіє потенціалом до масштабування та інтеграції у різноманітні виробничі процеси з урахуванням їхньої специфіки. Представлене рішення поєднує сучасні підходи до автоматизації, високу функціональність, модульність та відповідність стандартам промислової безпеки.

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		58

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Багалій Д. І. Історія пожежної справи. Харків : Вища школа, 2008. 210 с.
2. Lewis N. Life in Ancient Rome. Oxford : Oxford University Press, 1998.
3. Ковальчук І. В. Історія розвитку пожежної охорони. Львів : Спалах, 2011.
4. Symonds R. The Great Fire of London. New York : Skyhorse Publishing, 2006.
5. Попов С. О. Пожежна безпека. Київ : Освіта України, 2015. 312 с.
6. NFPA. Standard for the Installation of Sprinkler Systems (NFPA 13). 2022.
7. Україна. Кодекс цивільного захисту України. ВВР від 2013р. із змінами.
8. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. Автоматичні установки пожежогасіння та сигналізації. . Київ : Мінрегіон України, 2014.
9. Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Офіційний портал. URL: <https://dsns.gov.ua> (дата звернення: 12.03.2025).
10. Siemens. SIMATIC S7-1200 – Technical Data. URL: <https://new.siemens.com> (дата звернення: 12.03.2025).
11. Siemens. SINAMICS G120C Frequency Converter – Product Overview. Siemens AG, 2022.
12. Siemens. QBE2003-P10 Pressure Sensor – Datasheet. Siemens AG.
13. Siemens. TIA Portal V17: Totally Integrated Automation Portal. Siemens, 2022.
14. IEC 60529: Degrees of protection provided by enclosures (IP Code). . Geneva : IEC, 2013.
15. Rittal. VX25 Modular Enclosure System. Technical Catalogue. Herborn : Rittal GmbH, 2022.
16. Правила пожежної безпеки в Україні. . Наказ МВС №1417 від 30.12.2014.
17. ДСТУ EN 54-5:2018. Системи пожежної сигналізації. Сповіщувачі теплові. . Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2018.
18. Чуйко Ю. О. Пожежні сповіщувачі: класифікація та характеристики. . Львів : Техніка, 2015. 148 с.

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
						59
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

19. Ємець В. С. Пожежна автоматика. Харків : УкрСАПР, 2016. 192 с.
20. Зайцев А. С. Ультрафіолетові та інфрачервоні детектори. Одеса : Фенікс, 2019. 206 с.
21. Honeywell Fire & Safety. Manual: Multi-sensor Detectors. Honeywell, 2018.
22. NFPA. Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection (NFPA 20). National Fire Protection Association, 2022.
23. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. Автоматичні установки пожежогасіння та сигналізації. Київ : Мінрегіон України, 2014.
24. Honeywell. Fire & Gas Detection Systems Manual. Honeywell International, 2019.
25. Rosenbauer. Fire Protection Systems. Technical Overview. Rosenbauer International AG, 2021.
26. Бондаренко В. Д. Автоматизовані системи пожежогасіння. К.: Техніка, 2017. – 256 с.
27. Кудря С. І. Пожежна безпека: підручник. К.: КНУБА, 2020. 312 с.
28. ISO 13849-1:2015. Safety of machinery. Safety-related parts of control systems . General principles for design.
29. Михайлов І. П. Електрообладнання і автоматизація промислових установок. . Харків: УкрДНТЦ, 2019. 310 с.
30. Siemens AG. SINAMICS Startdrive in the TIA Portal. Application Manual. URL: <https://support.industry.siemens.com> (дата звернення: 10.04.2025).
31. Коваленко О. С. Технічна експлуатація систем автоматизації. . Чернівці: Рута, 2019. 232 с.
32. НАПБ Б.02.005-2003. Типові норми належності вогнегасників. URL: <https://dsns.gov.ua> (дата звернення: 11.04.2025).
33. Horváth L., Rudas I. Industrial Control Systems: Design and Implementation. . Springer, 2021. 378 p.
34. Юрченко А. В. Основи проектування електричних систем керування. . К.: Ліра-К, 2021. 184 с.

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк. 60
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

35. Siemens AG. Control Cabinet Design Guide. URL: <https://siemens.com/controlcabinets> (дата звернення: 15.04.2025).

36. Beckhoff Automation. TwinCAT PLC Control. Programming Manual. URL: <https://www.beckhoff.com> (дата звернення: 15.04.2025).

37. IEC. IEC 60529: Degrees of protection provided by enclosures (IP Code). Geneva : International Electrotechnical Commission, 2013. 42 p.

38. Шафа управління - СК ГРУПС. URL: <https://skgroups.com.ua/shafa-keruvannja/> (дата звернення: 15.04.2025).

39. Газові пожежні сповіщувачі. URL: <https://ssbb.ua/oxoronno-pozhezhna-signalizaciya/signalizaciya/gazovye-pozharnye-izveshateli/> (дата звернення: 18.04.2025).

40. Датчик пожежний тепловий Артон СПТ-2Б НЗ. URL: <https://ohrana.ua/uk/datchiki/datchik-tepla-spt-2b-nz.html>. (дата звернення: 18.04.2025).

41. Датчик тепла ТПТ-4. URL: <https://security-shop.com.ua/ua/datchik-tepla-tpt-4>. (дата звернення: 09.04.2025).

42. Датчик пожежний полум'я Технотрейд АЛМАЗ-03-ЕХ. URL: <https://ohrana.ua/uk/datchik-pozharniy-plameni-tekhnotreyd-almaz-03-ex.html>. (дата звернення: 19.04.2025).

43. Датчик комбінований тепло-димовий Артон СПД-3.3. URL: <https://www.bezpeka-shop.com/ua/product/datchik-dyma-arton-spd-3-3/>. (дата звернення: 21.04.2025).

44. А-10 pressure transmitter. URL: <https://www.wika.ca/newscontentgeneric.WIKA?AxID=5885>. (дата звернення: 21.04.2025).

45. Датчик. Тиску QBE2003. URL: https://siemens.kg/datchiki_dlja_pomeschenij_siemens/datchik_davlenija_zhidkостей_i_gazov_qbe2003. (дата звернення: 21.04.2025).

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк. 61
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

46. ПЛК S71200. URL: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:2961db0147fb92fd02cb65dea800734f8a911ac5/st70-simatic-s7-1200.pdf> (дата звернення: 03.05.2025).

47. Контролер Siemens Simatic 6ES7212-1AE40-0XB0. URL: <https://peko.com.ua/control-systems/controllers-cpu/siemens-6es7212-1ae40-0xb0> (дата звернення: 03.05.2025).

48. SINAMICS G120C SERISI. URL: <https://netelservis.com/urun/72/siemens-sinamics-g120c-serisi> (дата звернення: 07.05.2025).

49. 6AG1222-1XF32-4XB0 SM1221. URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/interhydroilown/Catalog/Product/6AG1222-1XF32-4XB0> (дата звернення: 12.05.2025).

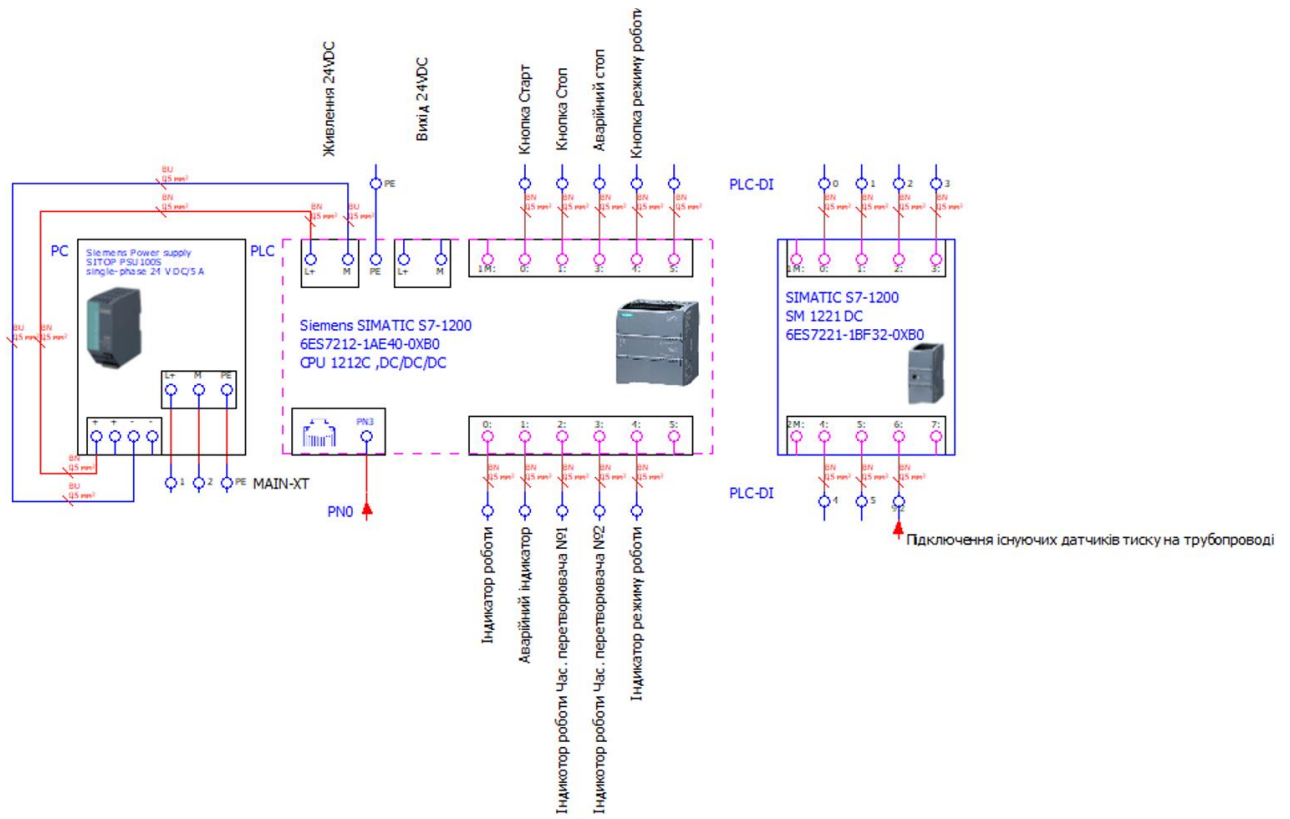
50. Шафа VX25. URL: <https://www.rittal.com/kz-ru/products/PG20231215SCH101/PG20240111SCH301/PRO70035?variantId=8815000>. (дата звернення: 14.05.2025).

51. Siemens QBE2103-P16. URL: <https://ankas.kz/datchiki-davleniya/siemens-qbe2103-p16-111767>. (дата звернення: 15.05.2025).

					КВРАКІТ.021035.01.09.ПЗ	Арк.
						62
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата		

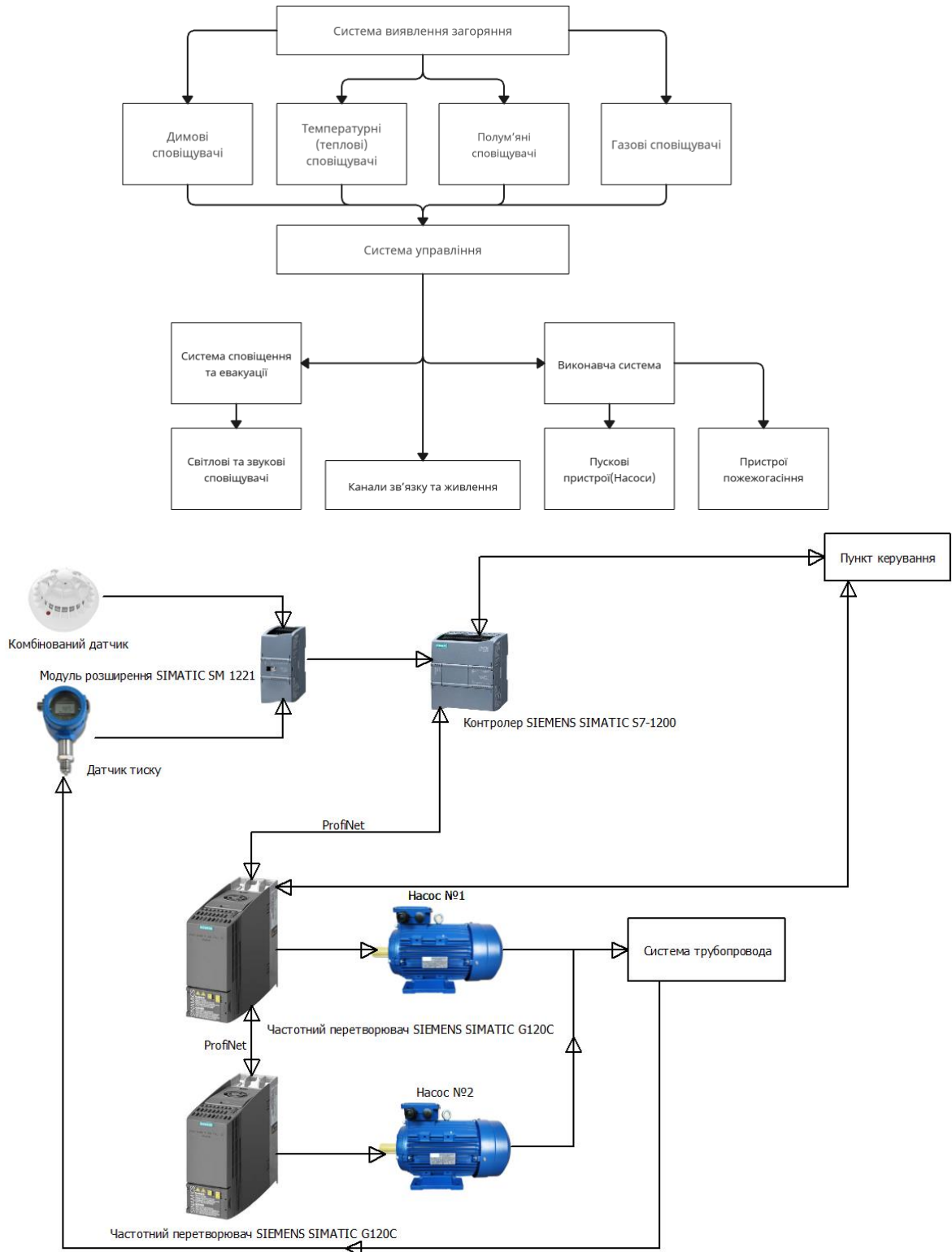
ДОДАТОК А

Принципова схема підключення елементів до контролера Siemens



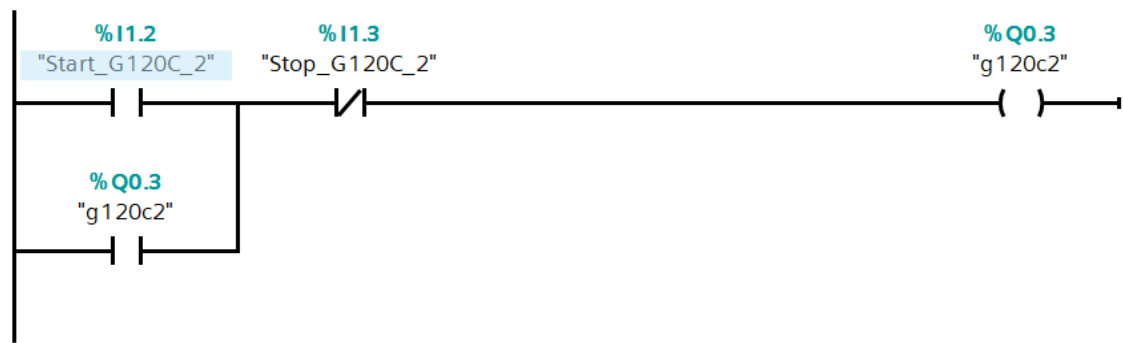
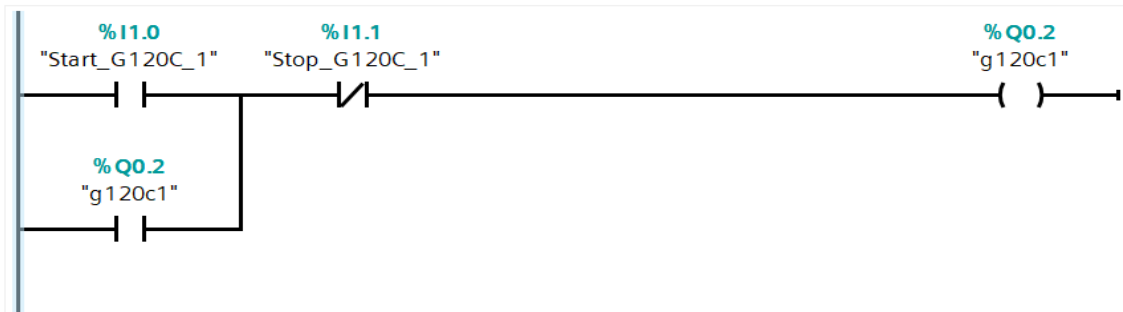
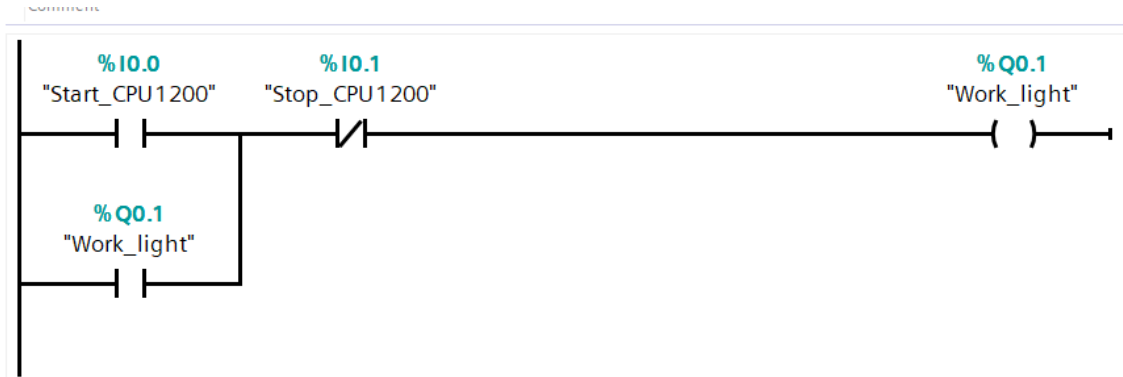
ДОДАТОК Б

Структурна схема керування системою пожежогасіння



ДОДАТОК Г

lad-діаграми керування системою



РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Пилипенко Максим Олегович

Тема: Система автоматизованого пожежогасіння на виробництві

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Обсяг кваліфікаційної роботи:

Кількість сторінок записки 62

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою роботи є розробка системи автоматизованої системи пожежогасіння на виробництві, за допомогою компонентів Siemens. Розроблено схематично шафу керування.

2. Висновок про відповідність роботи дипломному завданню: Робота повністю відповідає поставленому завданню

3. Характеристика виконання кожного розділу, ступінь використання останніх досягнень науки і техніки і передових методів роботи: У першому розділі виконано аналіз об'єкта автоматизації. Простежено еволюцію засобів пожежогасіння від первинних ручних методів до сучасних автоматизованих систем. У другому розділі створено схематичне проєктування системи. Розроблено структуру шафи керування на основі компонентів Siemens та Rittal. Обґрунтовано вибір програмованого контролера SIMATIC S7-1200 і частотних перетворювачів SINAMICS G120C. У третьому розділі реалізовано програмне забезпечення системи. Створено логіку її функціонування з використанням мов LAD і SCL у середовищі TIA Portal.

4. Позитивні сторони роботи: Практична спрямованість, чітка структура, актуальне технічне рішення.

5. Негативні сторони роботи: Невеликий обсяг аналізу похибок пожежних сенсорів

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Пояснювальна записка оформлена коректно, згідно діючих стандартів оформлення документації

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні.

8. Інші зауваження: відсутні

9. Оцінка дипломної роботи: відмінно (5/A)

Рецензент (прізвище, ім'я, по батькові, посада, місце роботи)

Капустяк Марія Вікторівна, к.т.н., доцент
кафе. КІІС ХНУ

"17" червня 2025 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТтаР
д-ру техн. наук, проф. Мартинюку В.В.

Пилипенко Максим Олегович

ІІБ здобувача вищої освіти

ФІТ, 4 курс, групи АКІТ-21-1

ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про систему забезпечення академічної доброчесності у Хмельницькому національному університеті» від 01.07.2022, згідно з яким виявлення плагіату є підставою для відмови в допуску кваліфікаційної роботи до захисту та застосування заходів дисциплінарної та академічної відповідальності, ознайомлений(а). Про використання програмно-технічних засобів для перевірки кваліфікаційних робіт здобувачів вищої освіти на наявність плагіату ознайомлений(а) та надаю свою згоду на обробку та збереження університетом моєї роботи в інституційному репозитарії університету.

Також надаю університету право на передачу моєї роботи для обробки та збереження в базах даних програмно-технічних засобів (StrikePlagiarism та Anti-Plagiarism) та використання роботи для виявлення плагіату в інших роботах, які перевіряються програмно-технічними засобами та користувачами, що мають доступ до цих програмно-технічних засобів, виключно в обмежених цілях для виявлення плагіату в текстах робіт.

Робота для перевірки університетом надається в друкованому та електронному варіанті. Електронна версія моєї роботи збігається (ідентична) з друкованою.

02.06.2025

дата



підпис

Протокол аналізу звіту подібності експертом

Заявляю, що я ознайомився (-лась) з Повним звітом подібності, який був згенерований Системою виявлення і запобігання плагіату щодо роботи:

Автор: Максим ПИЛИПЕНКО

Співавтор:

Назва: пилипенко_антиплагіат

Експерт:

Підрозділ: Кафедра автоматизації, комп'ютерно-інтегрованих технологій та робототехніки

Коефіцієнт подібності 1: 0.5%

Коефіцієнт подібності 2: 0%

Мікропробіли: 1

Заміна букв: 0

Інтервали: 0

Білі знаки: 0

Дата створення звіту: 2025-06-15 18:20:49.0

Після аналізу Звіту подібності констатую наступне:

Запозичення, виявлені в роботі є законними і не є плагіатом. Рівень подібності не перевищує допустимої межі. Таким чином робота незалежна і приймається.

Запозичення не є плагіатом, але перевищено граничне значення рівня подібностей. Таким чином робота повертається на доопрацювання.

Виявлено запозичення і плагіат або навмисні текстові спотворення (маніпуляції), як передбачувані спроби укриття плагіату, які роблять роботу невідповідною вимогам законодавства (Ст. 32. ЗУ Про вищу освіту, пункт 3.1, Ст. 42. ЗУ Про освіту) та вимог НАЗЯВО (Критерій 5), а також кодексу етики і процедурам. Таким чином робота не приймається.

Обґрунтування:

2025-06-15



Доцент Микола Федула

Дата

експерт

Anti-Plagiarism (UA) v-15.281 Educational

The maximum coincidence with one document 1.0%

Dictionaries check: en_US, ru_RU, ua_UA. Errors in the documents: 8%

ID: 245953 Title: БКР Система автоматизованого пожежогасіння на виробництві Added in a DB: 2025-06-15 Authors: Максим ПИЛИПЕНКО Heads: Микола ФЕДУЛА Consultants: Opponents:	Document		Sum coincidence on the DB	
	Symbols	Lexemes	Symbols	Lexemes
	65186	518	2466 (4%)	35 (7%)

Plagiarism sources

ID	Description	Plagiarism presence in the document	
		Symbols	Lexemes

РІШЕННЯ ЕКСПЕРНОЇ КОМІСІЇ
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЇ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ТА
РОБОТОТЕХНІКИ
ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ

Підтверджуємо ознайомлення з результатом звіту подібності щодо роботи, генерованого системою виявлення текстових збігів/ідентичності/схожості:

Назва: Система автоматизованого пожежогашіння на виробництві

Автор: Пилипенко Максим Олегович

Спеціальність: 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Освітньо-професійна програма «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Науковий керівник: Федула Микола Васильович к.т.н. доцент

Після аналізу звіту подібності зроблено такий висновок:

№	Висновок	Позначка про відповідність
1	Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом. Робота приймається до захисту.	відповідає
2	Виявлені запозичення не є плагіатом, розміщені в розділах, які не описують безпосередньо авторське дослідження, але кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. Робота приймається до захисту, але має бути відкоригована. Відкоригований варіант має бути поданий на кафедру за 2 дні до захисту, разом із заявою щодо самостійності виконання письмової роботи та ідентичності друкованої й електронної версії роботи	
3	Виявлені запозичення не є плагіатом, але частково розміщені в розділах, які описують безпосередньо авторське дослідження, а кількість цитат перевищує обсяг, виправданий поставленою метою роботи. В зв'язку з цим мета роботи та поставлені завдання не були досягнені. Робота може бути допущена до захисту (наступного року) після того, як буде відкоригована та допрацьована і успішно пройде повторну перевірку на академічний плагіат.	
4	Робота містить навмисні текстові спотворення, передбачувані спроби укриття запозичень або інші прояви академічного плагіату. Робота містить фабрикацію або фальсифікацію даних. Робота не допускається до захисту.	
5	Інше:	

Підтвердження:

Запозичення, виявлені в роботі, є законними і не є плагіатом, оскільки:

1) у тексті кваліфікаційної роботи системами перевірки на плагіат виявлено схожість з деякими документами в частині загальноживаних обов'язкових словосполучень у стандартних бланках (титулка, відомість документів), у структурі змісту, назвах розділів/підрозділів тощо, у назвах публікацій у переліку джерел посилання;

2) усі запозичення є фрагментарними або мають належним чином оформленні посилання;

3) виявлені модифікації тексту не впливають на відсоток схожості.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів ідентичності/схожості, складає 0,5% і адресується до 51 джерела, що, з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру теми і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Завідувач кафедри

Гарант освітньої програми

Керівник кваліфікаційної роботи




Валерій МАРТИНЮК

Юрій ФОРКУН

Микола ФЕДУЛА