

Хмельницький національний університет  
Кафедра автоматизацій, комп'ютерно-інтегрованих  
технологій і телекомунікацій

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

Освітній рівень бакалавр

На тему: «Пристрій підтримання заданої температури технологічного  
обладнання»

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

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

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Шифр 2017/028

Виконав: студент 4 курсу гр. АКІТ-17-1



Семенюк Д.М.

Керівник, к.т.н., доцент



Форкун І.В.


Нормоконтролер



Корисовська І.О.

До захисту допускаю:

Зав. кафедри автоматизацій,  
комп'ютерно-інтегрованих технологій  
і телекомунікацій



Мартинюк В.В.

22 06 2021 р.

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет Програмування та комп'ютерних і телекомунікаційних систем

Кафедра Автоматизацій, комп'ютерно-інтегрованих технологій і телекомунікацій

Освітній рівень Бакалавр

Галузь знань 15 «Автоматизація та приладобудування»

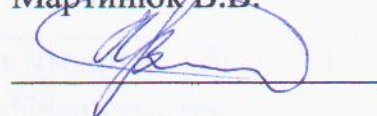
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Затверджую

Завідувач кафедри

Мартинюк В.В.



## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Студенту 4 курсу гр. АКІТ-17-1 Семенюку Д.М.

1. Тема проекту (роботи) Пристрій підтримання заданої температури технологічного обладнання

Керівник проекту (роботи) к.т.н., доцент Форкун І.В.

Затверджено наказом ректора університету від 05.02.2021 р. №11

2. Строк подання студентом проекту (роботи) на кафедру: 10.06.2021 р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Завдання на дипломне проектування





4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

Дослідження предметної області, проектування систем автоматизації, апаратна реалізація.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслень)

Схема функціональна трифазного електродного нагрівача рідини

6. Консультанти розділів дипломного проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Нормоконтроль	Корецька Л.О., к.т.н., доцент		
Антиплагіат	Федула М.В., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 11.01.2021 р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів (розділів) дипломного проекту (роботи)	Термін виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	Вибір напрямку дослідження та узгодження тематики кваліфікаційної роботи з керівником	11.01.2021	виконано
2	Ознайомлення з предметною областю; формулювання мети та задач дослідження; визначення об'єкта та предмета дослідження	01.02.2021	виконано
3	Робота над розділом 1 – Дослідження предметної області	01.03.2021	виконано
4	Робота над розділом 2 – Проектування систем автоматизації	01.04.2021	виконано
5	Робота над розділом 3 – Апаратна реалізація	15.04.2021	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки згідно вимог	31.05.2021	виконано
7	Попередній захист ВКР	03.06.2021	виконано
8	Захист ВКР на засідання ЕК	Червень 2021 року	виконано

Студент



Семенюк Д.М.

Керівник роботи



Форкун І.В.

## АНОТАЦІЯ

Тема кваліфікаційної роботи: «Пристрій підтримання заданої температури технологічного обладнання».

Автор роботи: Семенюк Д.М.

Керівник роботи: Форкун І.В.

Пояснювальна записка: 63 стр., 33 рисунки, 5 таблиць, 26 джерел, 1 додаток

Графічна частина: 15 презентаційних слайдів

### ПРИСТРІЙ ПІДТРИМАННЯ ЗАДАНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Метою роботи є розробка пристрою підтримання заданої температури технологічного обладнання.

У цій роботі розроблено пристрій підтримання заданої температури технологічного обладнання.

У цій роботі розроблено пристрій підтримання заданої температури технологічного обладнання, який базується на програмованому логічному контролері 6ES7231-5ND32-0XB0S Simatic який фіксує температуру парогенератора на вході і виході, і в камері нагріву, тиск пару в парогенераторі видає команди на включення нагрівачів парогенератора.

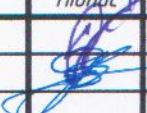

Розроблено алгоритм роботи пристрою, схема електрична, обґрунтовано вибір елементів, розраховано надійність роботи пристрою електроспоживання, розроблено компонування пристрою, загальна компоновка елементів на монтажній панелі.



Семенюк Д.С.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	5
РОЗДІЛ 1 МЕТОД ВИМІРУ ТЕМПЕРАТУРИ .....	6
1.1 Термометри .....	6
1.2 Трифазний електродний нагрівач рідини .....	7
1.3 Парогенератори .....	9
1.4 Висновок до першого розділу .....	17
РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СХЕМО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИСТРОЮ .....	18
2.1 Розробка схеми функціональної .....	18
2.2 Розробка схеми електричної структурної .....	19
2.3 Розробка схеми електричної принципової та дослідження схемо технічних рішень .....	21
2.3.1 Вхід силової мережі змінного струму 380В .....	21
2.3.2 Блок живлення постійного струму 24В .....	23
2.3.3 Промисловий контролер .....	24
2.3.4 Давач тиску .....	28
2.3.5 Блок керування нагрівом ТЕНів .....	30
2.3.6 Блок ТЕНів .....	34
2.4 Дослідження конструкції елементів схеми .....	41
2.5 Оцінка надійності пристрою .....	48
2.6 Висновок до другого розділу .....	51
РОЗДІЛ 3 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРИСТРОЮ .....	52
3.1 Розробка алгоритму роботи пристрою .....	52
3.2 Розробка компонування пристрою .....	56
3.3 Висновок до третього розділу .....	59
ВИСНОВКИ .....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....	61
ДОДАТОК А. Презентаційні матеріали .....	63

<b>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</b>										
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>						
<i>Розроб.</i>		<i>Семеняк Д.М.</i>		<i>Пристрій підтримання заданої температури технологічного обладнання</i>						
<i>Перевір.</i>		<i>Форкун І.В.</i>								
<i>Н. Контр.</i>		<i>Корецька Л.О.</i>		<i>Пояснювальна записка</i>						
<i>Затв.</i>		<i>Маршалюк С.С.</i>								
<table border="1" style="margin: auto; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 10%;"><i>Лім.</i></td> <td style="width: 10%;"><i>Лист</i></td> <td style="width: 10%;"><i>Листів</i></td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">4</td> <td style="text-align: center;">63</td> </tr> </table>					<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>		4	63
<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>								
	4	63								
<b>ХНУ</b>										

## ВСТУП

Вимірювання температури в технологічних процесах виробництва - один з основних методів контролю і забезпечення якості. Традиційно на скляних заводах для вимірювань використовувалися контактні і заглибні датчики температур, хоча їх можливості в значній мірі обмежені, тому що не дозволяють організувати оперативний і ефективний контроль теплових режимів виробництва скла та виробів з нього. [1]

Останнім часом неконтактні термометри, інакше звані пірометрами, стали використовуватися в скляної промисловості. Раціональний вибір обладнання для неконтактного вимірювання температур дозволяє вирішувати ряд як технологічних, так і завдань технічного обслуговування і енергозбереження.

Температура - це найбільш часто вимірюваний параметр технологічних процесів. Найчастіше температура є визначальним фактором функціонування промислового технологічного процесу. Якщо вимірювати температуру неточно або ненадійно по тій або іншій причині, це може негативно позначитися на таких показниках, як ефективність технологічного процесу, енергоспоживання і якість продукції. Навіть невелика помилка у вимірі температури може призвести до зупинки деяких технологічних процесів або дуже дорого обійтися, тому дуже важливо мати впевненість у тому, що температура вимірюється точно і надійно. Також температура є одним з головних параметрів якості що поставляється теплоносієм і входить в формулу обчислення теплової енергії, тому вимірювання температури є найважливішим завданням як для споживача тепла, так і для постачальника. Існує 2 види приладів вимірювання температури: показові, і перетворюють показники температури в сигнал (датчики температури).

Контроль температури є ключовим моментом в різних технологічних процесах. Від дотримання заданих параметрів залежить якість продукції, а в багатьох випадках і працездатність дорогого устаткування. [2]

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		5

# РОЗДІЛ 1

## МЕТОДИ ВИМІРУ ТЕМПЕРАТУРИ

### 1.1 Термометри

Термометр є високоточним пристроєм, який виконує функцію вимірювання поточної температури. У промисловості, термометром вимірюють температуру рідин, газів, твердих і сипучих продуктів, розплавів і т.д.

Застосування термометрів є частим явищем на виробництвах, так як необхідно знати температури в різних технологічних процесах для їх коректного протікання.

Існує багато різновидів термометрів, як приклад, наведено цифровий тип, а саме цифровий датчик температури DS18B20. [3]

Цифровий датчик температури 18B20 (рис. 1.1) (іменований також DS18B20) є компактним, точним і недорогим цифровим датчиком температури. Датчик оспользует інтерфейс 1-Wire, розроблений компанією Dallas. Даний інтерфейс широко поширений і досить простий в освоєнні. Додатковим його плюсом є можливість паралельного підключення декількох датчиків на одну шину даних.



Рисунок 1.1 - Цифровий датчик температури DS18B20

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		6

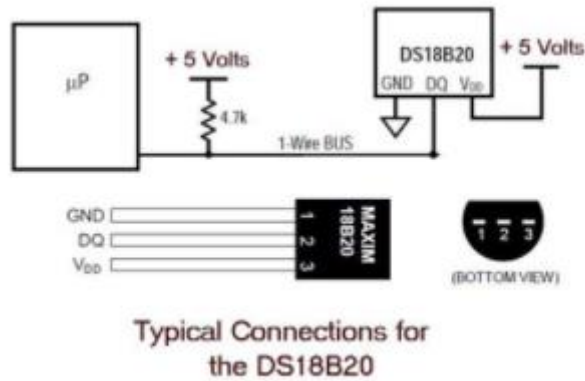


Рисунок 1.2 - Схема підключення цифрового датчика DS18B20

## 1.2 Трифазний електродний нагрівач рідини

Трифазний електродний нагрівач рідини (рис. 1.3) складається з циліндричного корпусу і виконує роль нульового електроду, розміщено не менше шести електродів V-подібної форми, розташованих по колу, таким чином, щоб поверхні електродів були паралельними. Кожен електрод закріплено на кришці за допомогою двох виводів через діелектричні втулки, ущільнені гідроізолюючим діелектричним шаром, за допомогою різьбового з'єднання. Кришка кріпиться до корпусу не менше як шістьма болтами. Циліндричний корпус оснащено ввідним патрубком, розташованим по осьовій лінії корпусу. Ввідний патрубок закріплено таким чином, щоб його частина виступала у внутрішню частину котла. На внутрішній частині ввідного патрубка закріплено діелектричний розсікач. Розсікач має форму стакана, на бічній поверхні якого утворено отвори розташовані з рівномірним кроком. Кількість отворів дорівнює кількості електродів. Розсікач закріплено таким чином, щоб отвори були спрямовані у проміжки між електродами. Сумарна площа отворів розсікача повинна бути не меншою за внутрішню площу перерізу ввідного патрубка. Висота циліндричного корпусу повинна бути в два рази вищою за висоту встановлення електродів. Відстань від крайньої точки електрода до внутрішньої поверхні циліндричного корпусу повинна бути не меншою ніж в два рази більшою за відстань між електродами [5].

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		7

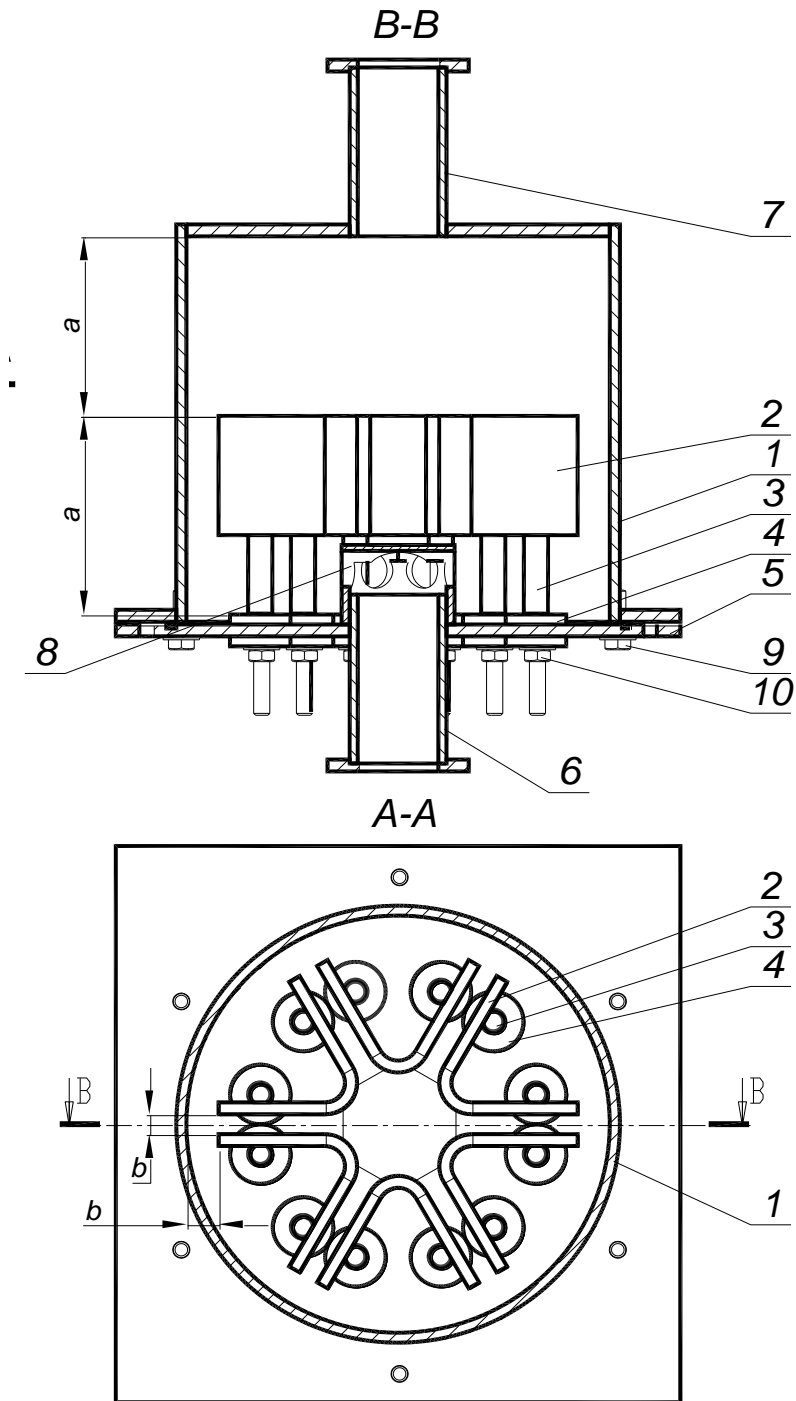


Рисунок 1.3 - Схема функціональна трифазного електродного нагрівача рідини

1 – циліндричний корпус нагрівача, 2 – фазні електроди, 3 – стійка струмопідвідна, 4 – діелектрична втулка, 5 – кришка, 6 – ввідний патрубок, 7 – вивідний патрубок, 8 – діелектричний розсікач, 9 – болт і шайба кріплення кришки до циліндричного корпусу, 10 – гайка і шайба кріплення фазних електродів

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		8

Рідина, як теплоносії поступає через ввідний патрубок 6 в діелектричний розсікач 8. Розсікач 8 розділяє потік рідини на декілька потоків, кількість яких дорівнює кількості фазних електродів 2. Потоки сформовані розсікачем 8 поступають у циліндричний корпус 1 в проміжки між фазними електродами 2, чим забезпечується нагрів рідини що поступає у нагрівач. Трифазний електричний струм, що проходить між фазними електродами, нагріває рідину. Використання трифазної мережі живлення підвищує безпеку використання опалювального котла, за рахунок того, що відстань між фазними електродами не більше ніж відстань від будь-якого фазного електрода до внутрішньої поверхні циліндричного корпусу, струм між фазними електродами в 1,7 рази більший за струм між фазним електродом і циліндричним корпусом. Після нагрівання рідина перетікає у верхню частину циліндричного корпусу, в якій відсутні електроди і формується спрямований потік у вивідний патрубок.

Електродний нагрівач рідини на відміну від відомих пристроїв має підвищену безпеку використання пристрою, а також більше фазних електродів, що дозволяє рівномірно відбирати потужність від трифазної мережі живлення по усіх трьох фазах. А також для підвищення коефіцієнту корисної дії використовується діелектричний розсікач, який формує вхідні потоки рідини у зони нагріву.

### 1.3 Парогенератори

Парові котли (парогенератори) використовуються для отримання водяної пари з тиском вище атмосферного, який потім використовується для різних технологічних потреб в промисловості. Парові котли (парогенератори) можна класифікувати за типами палива, використовуваного для нагріву води та отримання пара. [6]

Парогенератори електричні:

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		9

- електродні;
- тенів;
- індукційні.

Парові котли (парогенератори) з пальниками на різних видах палива:

- газові (природний газ);
- газові (зріджений газ);
- дизельні;
- мазутні;
- на відпрацьованому мастилі.

Для того щоб підібрати електричний електродний, тенівий, індукційний парогенератор необхідно знати наступні вихідні параметри:

- продуктивність в кг пари в годину;
- тиск пари в атм або кПа;
- наявність вільних електричних потужностей в кВт, для підключення парогенератора;
- подача води (з центрального водопроводу, з бака з привізною водою, використання повертається конденсату, артезіанська свердловина);
- для яких цілей буде використовуватися пар, або в який технологічній установці;
- довжина паропроводу в метрах (від місця установки парогенератора до місця використання пара) ;
- рекомендується прикладати аналіз живильної води, яка подається на вхід парогенератора;
- побажання або вимоги до рівня автоматизації роботи парогенератора;
- режим роботи парогенератора і умови експлуатації.

Для того щоб підібрати газовий, дизельний, мазутовий, на відпрацьованому мастилі парогенератор необхідно знати наступні вихідні параметри:

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

- продуктивність в кг пари в годину;
- тиск пари в атм або кПа;
- який вид палива буде використаний, якщо газ (природний або скраплений і тиск газу на вході в пальник), якщо дизпаливо і мазут (марку палива), якщо відпрацьоване масло (марку і в'язкість палива);
- подача води (з центрального водопроводу, з бака з привізною водою, використання повертається конденсату, артезіанська свердловина);
- для яких цілей буде використовуватися пар, або в який технологічній установці;
- довжина паропроводу в метрах (від місця установки парогенератора до місця використання пара);
- рекомендується прикладати аналіз живильної води, яка подається на вхід парогенератора;
- побажання або вимоги до рівня автоматизації роботи парогенератора;
- режим роботи парогенератора і умови експлуатації.

Якщо необхідно провести розрахунок продуктивності парогенератора, будуть потрібні наступні основні вихідні дані для проведення розрахунку:

- найменування нагрівається продукту (необхідно для визначення питомої теплоємності нагрівається продукту);
- маса нагрівається продукту в кг (або обсяг і щільність нагрівається продукту);
- початкова температура нагрівається продукту (перед початком нагрівання) в градусах цельсія;
- максимальна температура нагрівається продукту (до якої треба нагріти) в градусах цельсія;
- час в хвилинах чи годинах, протягом якого треба нагріти вказану кількість нагрівається продукту від початкової температури до максимально необхідної температури.

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		11

Знаючи ці початкові значення можна зробити розрахунок необхідної кількості пара для виконання заданої роботи по нагріванню продукту.

Парогенератор електродний являє собою моноблок і складається з наступних основних частин:

- каркас, є підставою для монтажу всіх частин парогенератора;
- котел електродний;
- шасі в зборі з електродної групою;
- система регулювання паропродуктивності (потужності)

парогенератора і його автоматичної підтримки;

- система безпеки;
- блок управління з апаратами управління, контролю і захисту;
- ємність повернення конденсату (опція).

З метою захисту обслуговуючого персоналу від дотику до струмоведучих частин і високої температури парогенератор закритий захисними кожухами.

Електродний котел являє собою зварену циліндричну посудину.

До нижньої частини електродного котла приєднаний дренажний кран або система автоматичного продування і спорожнення котла. [7]

Система регулювання паропродуктивності (потужності) парогенератора і її автоматичної підтримки складається з наступних елементів:

- клапан електромагнітний і програмований контролер управління для електронного регулювання паропродуктивності (потужності) парогенератора;
- насос підживлюючий для закачування води в котел;
- клапан зворотний для запобігання перетікання рідини в зворотному напрямку;
- манометр для контролю тиску в системі;
- датчик тиску;
- датчик для захисту насоса від «сухого ходу».

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		12

Система безпеки складається з наступних елементів:

- датчик тиску для регулювання і підтримки робочого тиску  $P_{ном}$ ;
- клапан запобіжний для скидання тиску в аварійному режимі, що дорівнює  $1,1P_{ном}$ ;
- регулятор потужності для відключення подачі води при перевищенні споживаної потужності.

Блок управління вбудований в загальну конструкцію парогенератора і відділений від інших порожнин парогенератора суцільними перегородками, що мають герметичні вводи кабелів. Блок управління закритий дверцятами з замками. На блоці управління розташовані органи управління і світлова сигналізація режимів роботою систем парогенератора.

Блок управління забезпечує наступні параметри роботи парогенератора:

- підключення силових ланцюгів джерела змінного струму;
- управління та автоматична підтримка заданої потужності і паропроодуктивності;
- обмеження максимального рівня води в котлі;
- управління і автоматичну підтримку заданого тиску;
- візуальний контроль потужності;
- візуальний контроль тиску;
- періодична автоматична продувка котла для виконання, обладнаного системою автоматичного продування (опція А);
- вироблення необхідної кількості пара парогенератором для підтримки заданої на контролері температури продукту в технологічному процесі споживача - для виконання, обладнаного системою управління температурою продукту (опція Т);
- завдання, регулювання, витримка часу роботи і відключення по таймеру парогенератора - система управління тривалістю (часу) роботи парогенератора (опція Ч);

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		13

- управління та автоматична підтримка заданої на ПІД-регулятор температури пара і підтримання необхідної потужності і паропродуктивності для забезпечення заданої температури (опція ПІД);

- запуск парогенератора в роботу простим натисканням кнопки «Пуск», без попередніх налаштувань і виключення перевантаження по струму на силові контакти парогенератора. При первинному пуску парогенератор автоматично протягом 10 хв працює на 50% від номінальної потужності, після закінчення 10 хв переходить в нормальний режим роботи відповідно до встановленої потужністю на контролері струму (опція М).

Блок управління забезпечує захист і виробляє відключення парогенератора від електромережі при:

- перевищенні гранично допустимої потужності;
- перевищенні гранично допустимого тиску;
- короткому замиканні силових ланцюгів і ланцюгів управління.

Блок управління забезпечує аварійну світлову сигналізацію при:

- перевищенні гранично допустимого тиску ( «Перевищення тиску»);
- відсутності підживлювальної води ( «Немає води»).

Процес пароутворення води в парогенераторі відбувається за рахунок виділення тепла при проходженні електричного струму через котлову воду між електродами, між електродами і корпусом. Сумарна величина струму навантаження і, отже, потужність і паровиробничість парогенератора залежать від кількості води, що подається (або глибини занурення електродів в котлову воду) і питомої електричного опору нагнітається води.

Подачу необхідної кількості води в котел забезпечує система електронного регулювання і автоматичної підтримки потужності (паропродуктивності) парогенератора, який в залежності від продуктивності нагнітає необхідну кількість води в парову порожнину. Контролер потужності (трансформатор струму з контролером потужності) здійснює контроль і

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		14

управління за величиною споживаного струму. Підвищення рівня води викликає збільшення струму, що проходить через неї. При перевищенні споживаної потужності значення 100%  $N_{раб}$ , відбувається закриття клапана електромагнітного і наповнення котла водою припиняється, при цьому кипіння і випаровування води триває. При зниженні потужності до 85%  $N_{раб}$  відбувається відкриття клапана електромагнітного і подача води відновлюється до досягнення споживаної потужності значення 100%  $N_{раб}$ . Цикл повторюється, тим самим здійснюється регулювання і підтримка споживаної потужності (паропродуктивності).

Плавна зміна величини споживаної потужності  $N$  в межах (25% -100%) проводиться виставленням уставки потужності у відповідному вікні програмованого контролера управління ПР200 встановленого на дверцятах блоку управління парогенератора. Контролер управління здійснює контроль і управління за величиною споживаного струму, попередньо заданої уставки в межах (25% -100%) споживаної потужності. При перевищенні споживаної потужності значення заданого на контролері управління, відбувається відключення і закриття клапана електромагнітного і наповнення котла водою припиняється, при цьому кипіння і випаровування води триває. При зниженні потужності на 15%, від встановленого на контролері управління значення, відбувається включення і відкриття клапана електромагнітного, подача води відновлюється до досягнення заданого значення споживаної потужності і цикл повторюється, тим самим здійснюється регулювання і підтримку заданого значення споживаної потужності (паропродуктивності).

Для оптимізації роботи парогенератора і плавного виходу на задані параметри пара парогенератори на замовлення комплектуються системою ПД-регулювання.

Система ПД-регулювання по температурі пара складається з наступних елементів:

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>15</i>

- програмованого контролера управління з датчиком температури для відключення подачі води в котел при перевищенні уставки температури і зниження температури (тиску) пара в казані;

- клапан електромагнітний по пару для скидання пари з котла в атмосферу при перевищенні температури пара верхньої уставки ПД-регулятора і запобігання відключення силових контакторів при повному навантаженні.

Для парогенераторів обладнаних опцією ПД установку температури пара ПД-регулятора встановити у відповідному вікні програмованого контролера управління. Уставку верхнього порогу сигналізації встановлювати на 5 °С вище за уставки ПД-регулятора.

Підтримка питомого опору води в заданих межах забезпечується періодичної продувкою електродного котла (зливом відпрацьованої води), що представляє собою видалення з котла води з низьким питомим електричним опором і заміна її водою з більш високим питомим опором.

За замовчуванням тимчасові параметри автоматичного продування:

- 20 сек через кожну годину роботи;
- 5 хв один раз на добу.

При досягненні тиску до максимально допустимого значення 1,1Рном система безпеки і регулювання тиску по сигналу від аварійного реле тиску РД відключає клапан подачі води в котел і харчування електродів. Повторне включення харчування електродів і клапана подачі води відбудеться при зниженні тиску до 0,85 Рном. При досягненні робочого тиску Рном блок управління по сигналу від реле тиску також включає світловий сигнал «Перевищення тиску», що сигналізує про необхідність зниження потужності.

При аварійній ситуації відкриється механічний запобіжний клапан, що скидає пар в атмосферу.

Таким чином, є три рівня захисту від небезпечного перевищення тиску:

- відключення подачі води в робочому режимі (по потужності);

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		16

- відключення подачі води і відключення живлення електродів в робочому режимі (по тиску);
- відкриття механічного запобіжного клапана.

У накопичувальній ємності конденсату (у виконанні циркуляційний) встановлені:

- клапан поплавковий для підживлення з центральної системи водопостачання та підтримки рівня води в ємності;
- датчик ПДУ для виключення можливості включення насоса без води;
- заглушка зливу (дренажу);
- патрубок переливної для зливу надлишку води.

#### 1.4 Висновок до першого розділу

Розглянуті нагрівачі які використовуються в парогенераторах побудовані по електродному принципу нагрівання води як один із самих ефективних і з великим ККД ~90%, але в нашому випадку використовується вода яка проходить певну підготовку (очищується, обезсолюється) для запобігання накипів на нагрівачих елементах (фільтри екструдерів виготовлені з штучної нитки). Очищена вода має малу електропровідність, таким чином знижується ефективність електродного нагріву. Враховуючи цей недолік в подальшому буде розглядатись проектування парогенератора і системи автоматизації його роботи з ТЕНовими нагрівачами.

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		17

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА СХЕМО-ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ ПРИСТРОЮ

#### 2.1 Розробка схеми функціональної

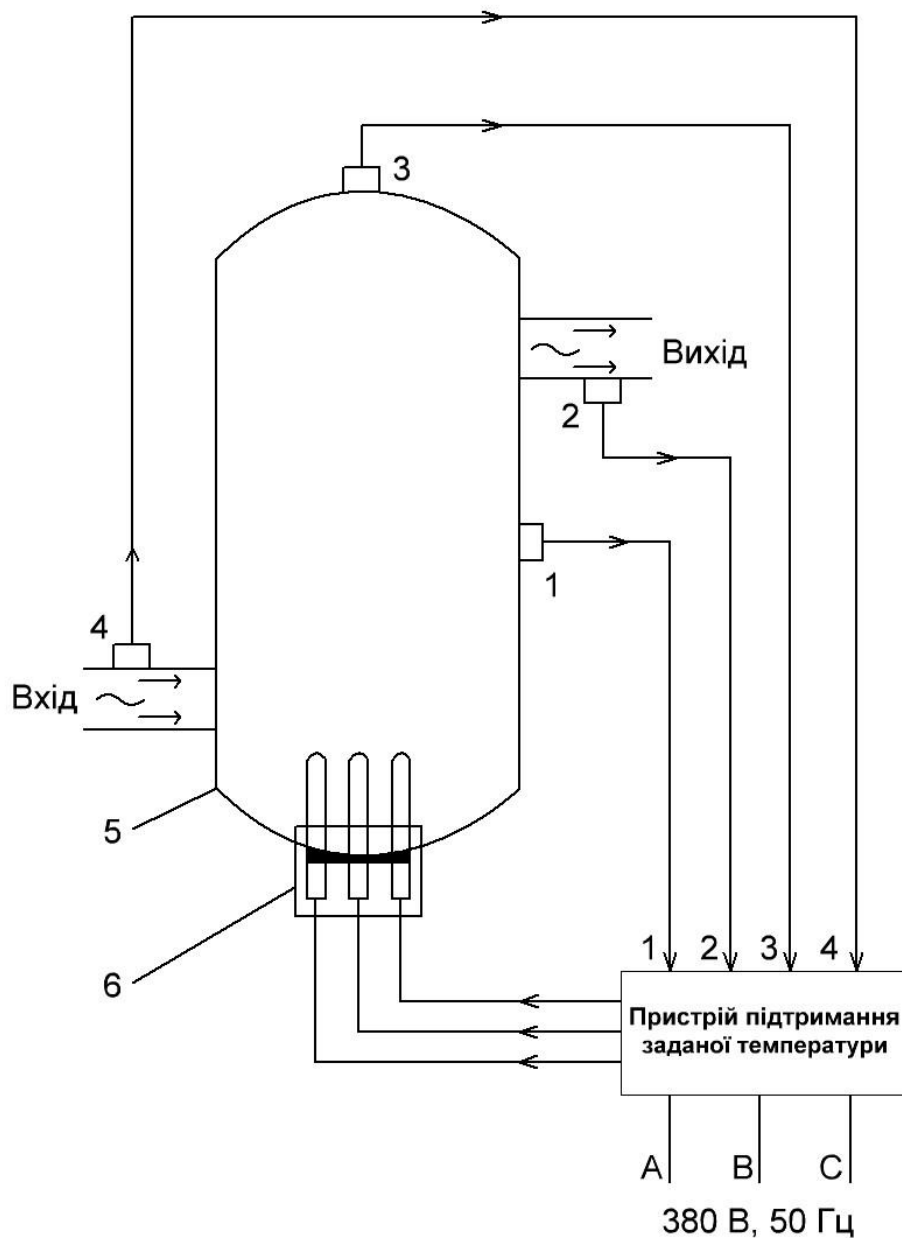


Рисунок 2.1 - Схема електрична функціональна пристрою підтримання заданої температури

1 – датчик температури парогенератора, 2 – датчик температури на виході,

3 – датчик тиску, 4 – датчик температури на вході, 5 – котел, 6 – тени

					КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		18

Як ми відмітили, що в нашому випадку доцільно проектувати автоматичну систему керування парогенераторами з ТЕНовими нагрівачами. Так як в технічному завданні використовується трьохфазна електрична мережа 380В, 50 Гц то в якості нагрівачів використовується три ТЕНи включених по схемі «трикутника» (рис. 2.1) приєднані до пристрою підтримування заданої температури.

Для ефективного контролю температури нагріву води і контролю роботи парогенератора використовуються три датчика температури 1,2,4. По показникам цих датчиків згідно заданого алгоритму в промисловому логічному контролері пристрою видається команда на включення або виключення ТЕНів 6 нагріву. Датчик тиску 3 підключений до пристрою управління парогенератором і за допомогою логічного контролера фіксується момент перевищення тиску пари 6 Бар і вимикаються ТЕНи 6 нагріву.

Далі більш детально розглянуто роботу пристрою.

## 2.2 Розробка схеми електричної структурної

Виходячи із аналізу принципу побудови парогенераторів, а також схемо технічних та конструктивних рішень що застосовуються для їх побудови, можна запропонувати наступну структурну схему пристрою. Схема електрична структурна наведена на рис. 2.2.

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		19



програмою обробляє сигнали від давача тиску і трьох давачів температури. Також він формує сигнали керування твердотільними реле. Ці реле представляють симісторні збірки, що керуються стандартними сигналами 24В. Почерговим включенням цих реле на розраховані проміжки часу можна забезпечити задану потужність на кожному блоці ТЕНів.

Для розробки схеми електричної принципової проведемо дослідження кожного структурного елементу та запропонуємо схемо технічні рішення, що найкращим чином відповідають поставленій задачі.

### 2.3 Розробка схеми електричної принципової та дослідження схемо технічних рішень

#### 2.3.1 Вхід силової мережі змінного струму 380В.

Подавання на пристрій змінного струму від силової трифазної мережі 380В, 50Гц необхідне тому як від такої мережі можна забезпечити розподілення споживаної потужності між трьома фазами. А також тому як мережа 380В, струм по кожній фазі також буде менший. Тому застосування трифазної силової мережі є достатньо обґрунтованим.

Для введення в схему застосовано колодки на які подається зовнішній провід. Марка колодки обирається виходячи із площі перерізу проводів. Переріз проводу обирається виходячи із споживаного струму. [8]

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		21

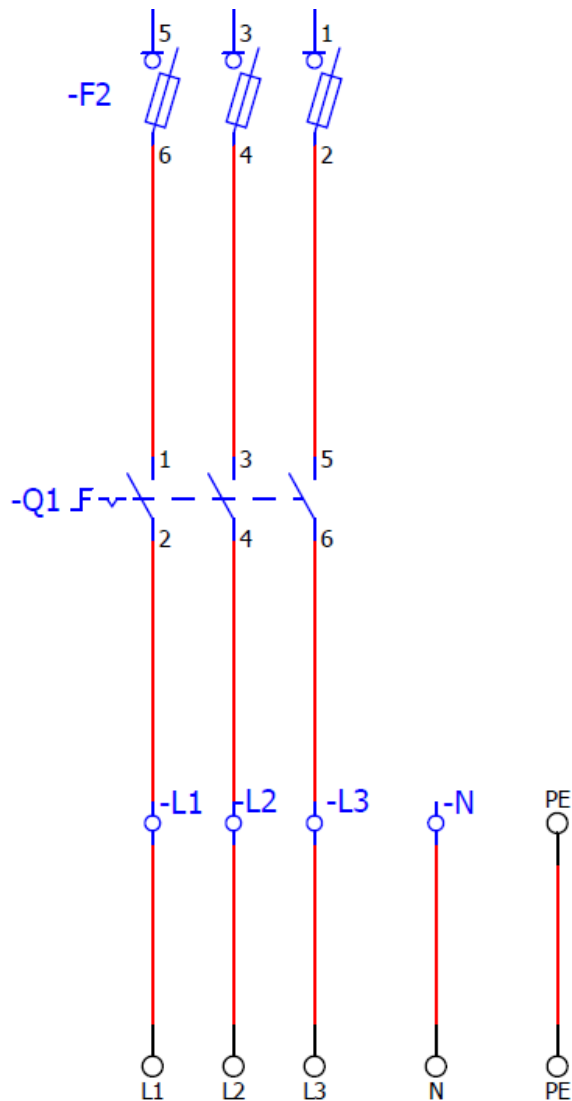


Рисунок 2.3 - Вхідні кола силової мережі змінного струму 380В, 50Гц

Обов'язковим є підведення нульового проводу та провідника заземлення. При цьому переріз провідника для проводу заземлення відповідно до норм [9] при січенні до 16 мм<sup>2</sup>, переріз заземлюючого провідника має бути таким же. При січенні більше 16 мм<sup>2</sup> достатнім половини від силового провідника.

Таким чином, ввідними буде три клеми фазних проводів та дві клеми для заземлення та нульового провідника.

Після введення провідників силової мережі, наступним елементом повинен бути автоматичний вимикач. Він повинен бути обраний виходячи із споживаного струму, споживаної потужності та напруги . Тому як силова

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		22

мережа трифазного струму тому обираємо триполосний автоматичний вимикач - модульний автоматичний вимикач фірми Siemens, таким є вимикач серії Sirius 5SL. Вибрали тип 5SL6325-6 він має захист 25А. [10] Проте автоматичний вимикач є допоміжним запобіжним захисним пристроєм. Рекомендовано застосовувати вставки плавкі які при проходженні струму вище за струм захисту через запобіжник перегорають і розмикають мережу. Застосуємо запобіжники марки 3NC1038 Sitor [11], вони є комплектом із тримача і запобіжника. Струм захисту 25А. Конструкція тримача є такою що дозволяє розімкнути мережі таким чином щоб було видно розмикання мережі.

### 2.3.2 Блок живлення постійного струму 24В

Для забезпечення постійного струму 24В застосовано блок живлення. Доцільним є використання блоку живлення із входом трифазної мережі 380В. Це дозволяє забезпечити рівномірність споживання потужності по усіх трьох фазах.

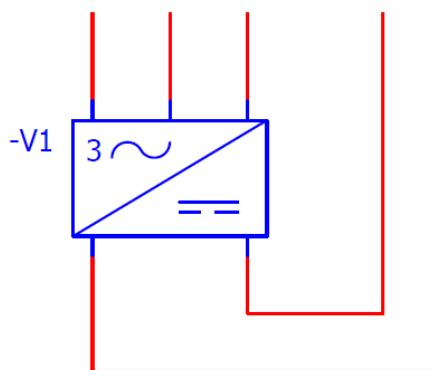


Рисунок 2.4 - Схематичне рішення блоку живлення 380В в 24В

Існує значна кількість блоків живлення із вхідною трифазною мережею. Доцільним є застосування блоку живлення виробництва фірми Carlo Gavazzi - SPD249603 [12]. Основні особливості блоку живлення:

- універсальний блок живлення змінного струму 3 фази;
- може також використовуватися як однофазна 960VAC;

- встановлення на DIN-рейку 7,5 або 15 мм;
- PFC як стандарт;
- висока ефективність до 93%;
- вихід живлення;
- функція паралельного підключення (крім версії “L”);
- компактні розміри;
- перераховані UL, cUL та TUV / CE.

### 2.3.3 Промисловий контролер

Промисловий контролер повинен виконувати такі функції:

- Розрахувати параметри дозування відповідно до встановленого значення на панелі керування;
- Контроль крокового двигуна для подачі та змішування кінцевої суміші;
- Виміряйте вагу резервуара, що містить поліпропіленові частинки та суміш, для визначення ступеня наповнення;
- Дослідження ємнісних датчиків для сигналізації найвищого рівня консервованих частинок;
- Забезпечити зв'язок з робочою панеллю промислового обладнання та іншими приводами.

Відповідно до цих функцій промислового контролера вибирається контролер виробництва Siemens S7-1200 [13]. Ці контролери характеризуються просторим дизайном, програмуванням, високою надійністю та функціональністю. Ці контролери дозволяють створювати їх модульно, щоб розширити їх функціональність.

Для того, щоб вибрати конкретний тип контролера, ми проаналізували функції кожного типу. У таблиці 2.1 наведено різні типи контролерів та їх функції.

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		24

Відповідно до даних, наведених у таблиці 2.1, контролера CPU1211 [14] достатньо для вирішення завдань, попередньо встановлених промисловим контролером. Існує три версії цього типу контролера. Вони різні: напруга живлення і тип виходу. Відповідно до технічного документа виберіть 6ES7 211-1AE40-0XB0. Цей контролер має джерело живлення = 24В, 6 DI = 24В, 4 DO = 24В / 0,5В, 2AI 0-10В.

Програмований контролер SIMATIC S7-1200 - це нова серія системних мікроконтролерів, що використовується для вирішення різних дрібномасштабних проблем автоматизації. Ці контролери мають модульну конструкцію та загальне призначення. Вони можуть працювати в реальному часі і можуть бути використані для побудови відносно простих локальних вузлів автоматизації або вузлів та з'єднань складних систем автоматичного управління, які підтримують щільний зв'язок між Industrial Ethernet / PROFINET, PROFIBUS і PtP (точка-точка).

Програмований контролер S7-1200 має компактний пластиковий корпус із рівнем захисту IP20, може бути встановлений на стандартній 35-міліметровій DIN-рейці або друкованій платі та працює в діапазоні температур 0..50 або -20 ... 60 °С. Вони можуть забезпечити від 10 до 284 дискретних та від 2 до 51 аналогових каналів вводу-виводу.

Модуль зв'язку (SM), модуль сигналу (SM) і плата сигналів (SB) дискретних та аналогових сигналів вводу-виводу можуть бути підключені до центрального процесора (ЦП) програмованого контролера S7-1200. Вони використовують 4-канальні промислові комутатори Ethernet (CSM 1277) [15] та силові модулі (PM 1207) [16].

Кожен процесор S7-1200 оснащений вбудованим інтерфейсом Ethernet для програмування та діагностики, а також для обміну даними з іншими системами автоматизації, обладнанням та системами інтерфейсів людина-машина. Усі типи процесорів оснащені двома аналоговими входами, набором дискретних входів і виходів та джерелом живлення датчика з вихідною

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		25

напругою = 24В. Зовнішня схема підключається через знімні клемні колодки з гвинтовими контактами. Процесор дозволяє підключатися до трьох модулів зв'язку та встановлювати введення-виведення плати сигналів (SB). На додаток до процесора 1212С [17] можна підключити 2 процесора 1214С. 1215С та 1217С - до 8 сигнальних модулів [18,19,20].

Модуль розширеного сигналу (SM) дозволяє налаштувати контролер на вимоги проблеми. Вони дозволяють збільшити кількість входів і виходів, що використовуються центральним процесором, і доповнити систему вводу-виводу дискретними та аналоговими каналами з необхідними параметрами вхідних і вихідних сигналів. Сигнальний модуль встановлений на правій стороні центрального процесора (за винятком центрального процесора 1211С). Модуль зв'язку встановлений на лівій стороні центрального процесора і підключений до його внутрішньої шини через роз'єм, вбудований в кожен модуль. Для всіх типів центральних процесорів можна використовувати до 3 довільних модулів зв'язку.

Рис. 2.5 показує позначення промислового контролера на схемі електричній принципів.

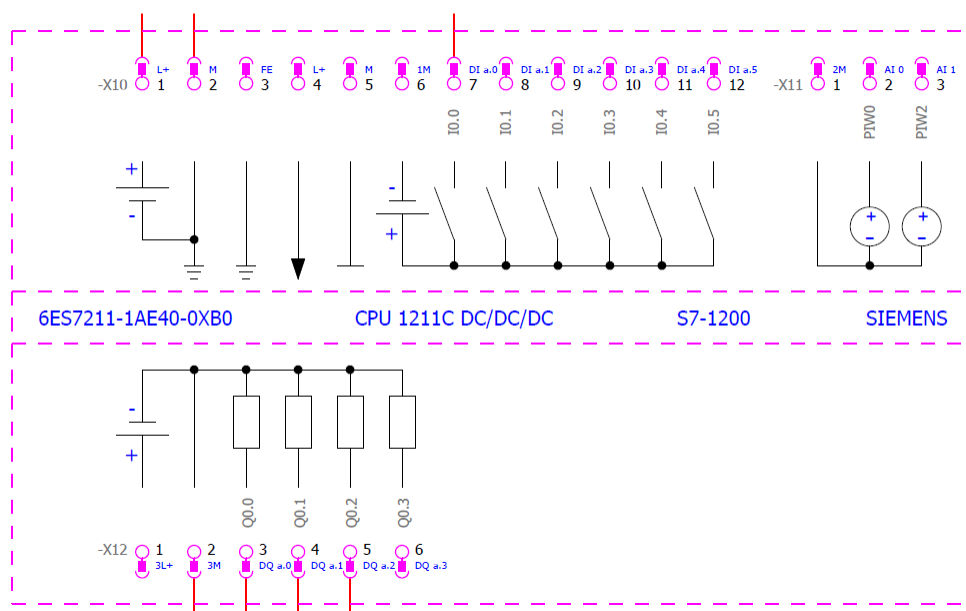


Рисунок 2.5 - Промисловий контролер фірми Siemens S7-1200 CPU 1211

Таблица 2.1 - Функциональні особливості промислових контролерів Siemens серії S7-1200

Центральный процессор	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C	CPU 1217C
Встроенная загрузочная память:	1 МБ	1 МБ	4 МБ	4 МБ	4 МБ
• расширение		Картой памяти SIMATIC Memory Card емкостью до 2 Гбайт			
Встроенная рабочая память	30 КБ	50 КБ	75 КБ	100 КБ	125 КБ
Энергонезависимая память		10 КБ для сохранения данных при перебомах в питании контроллера			
Адресное пространство ввода-вывода		1024 байт на ввод/ 1024 байт на вывод			
Типовое время выполнения	Логических операций - 0.08 мкс; операций со словами - 1.7 мкс; математических операций с плавающей запятой - 2.3 мкс				
ПИД регулирование	Есть	Есть	Есть	Есть	Есть
Встроенные скоростные счетчики	6x100 кГц	6x100/30 кГц	6x100/30 кГц	6x100/30 кГц	4x1МГц/6x100 кГц
Импульсные выходы	4x100 кГц	4x100 кГц	4x100 кГц	4x100 кГц	4x1 МГц/100 кГц
Часы	Встроенные, аппаратные, запас хода 20 суток (1 год с платой буферной батареи)				
Интерфейс PROFINET	1xRJ45, 10/100 Мбит/с				
Максимальная конфигурация	1xSB/CB/BB + 3xCM	1xSB/CB/BB + 3xCM + 2xSM	1xSB/CB/BB + 3xCM + 8xSM	1xSB/CB/BB + 3xCM + 8xSM	1xSB/CB/BB + 3xCM + 8xSM
К-во встроенных каналов:					
• ввода дискретных сигналов	6x24VDC	8x24VDC	14x24VDC	14x24VDC	10x24VDC+4x5VDC
• вывода дискретных сигналов	4	6	10	10	6x24VDC +4x5VDC
• ввода аналоговых сигналов			2x 0...10 В, 10 бит		
• вывода аналоговых сигналов	-	-	-	2x 0...20мА, 10 бит	
К-во каналов на систему, не более:	В системе локального ввода-вывода				
• ввода дискретных сигналов	10	44	146	146	146
• вывода дискретных сигналов	8	42	142	142	142
• ввода аналоговых сигналов	3	19	67	67	67
• вывода аналоговых сигналов	1	9	33	35	35

### 2.3.4 Давач тиску

Для підтримання заданого тиску у гідравлічній системі застосовують давачі тиску. Вони розрізняються максимальним діапазоном тисків при яких він вимірює тиск, робочим діапазоном температур при яких підтримується працездатний стан давача. А також способом передачі сигналів про поточний тиск. Технічні характеристики давача тиску наведені у таблиці 2.2 [21].

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики давачів тиску

Special Feature								
Parameters	Unit	Current		Voltage				Rasiometric
Output signal	-	4 ... 20mA	4 ... 20mA (3 wire)	0 ... 10V	0 ... 5V	1 ... 5V	0,5 ... 4,5V	0,5 ... 4,5 V Rasiometric
Input Voltage	VDC	8 ... 30		14 ... 30	8 ... 30			5V ± % 10
Load	Ω	≤(power load - 8 V)/0,02 A		> max. output signal / 1mA				> 10k
Total current consume	mA	current signal , max 25		8				8
Temperature accuracy 0 ... 80 °C	-	≤ % ± 1 FS						
Action Time	ms	< 5 ms						
Shock Test	g	30						
Working Temperature	°C	- 20 °C ... 80 °C						
Mechanical Con.	-	G1/4" - G1/8" - 1/4"BSPT - 1/8"BSPT - M10x1,0 - M12x1,5 - 1/8"NPT - 1/4"NPT						
Body Material	-	316L Stealess or Brass body options						

Позначення давача тиску наведено на рис. 2.6. Обираємо давач тиску MBS 1700 Danfoss.

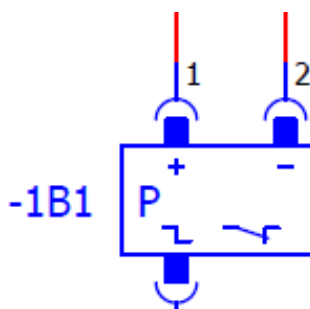


Рисунок 2.6 - Позначення на схемі електричній принциповій давача тиску

Для контролю температури на вході бака парогенератора, в бакові і на виході застосовано три давача температури. Для температури в діапазоні до 150 С доцільним є використання давачів температури моделі Pt100 [22].

Особливістю таких давачів температури є залежність опору давачі від температури.

Для обробки сигналів давача використовується спеціальний модуль серії промислових контролерів siemens S7-1200 – SM1233. Тип = 6ES7231-5PQ32-0XB0 [23].

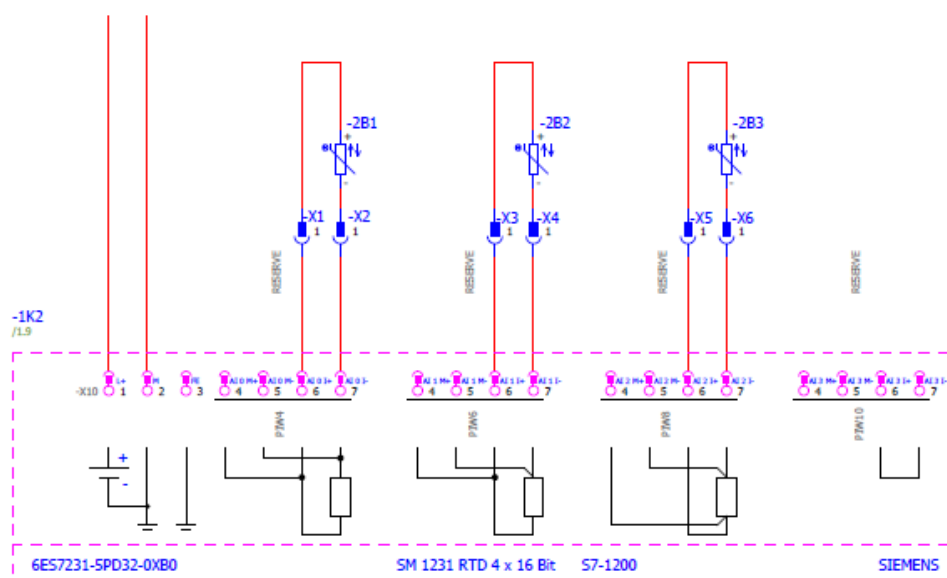


Рисунок 2.7 - Схемотехнічне рішення побудови блоку вимірювання температури в парогенераторі

Сигнальні модулі для збільшення кількості дискретних входів і виходів, що обслуговуються одним контролером:

- для гнучкої адаптації контролера до вимог розв'язуваної задачі;
- для подальшого розширення існуючих систем автоматизації додатковим набором каналів виведення дискретних сигналів.

Модулі вводу / виводу дискретних сигналів дозволяють:

- підключати до контролера датчики дискретного дії;
- формувати вихідні дискретні сигнали контролера.

Застосування модулів виводу дискретних сигналів забезпечує:

- отримання оптимальної адаптації.

Змішане використання різних типів модулів дискретних сигналів дозволяє адаптувати контролер до вимог розв'язуваної задачі по кількості і

виду вихідних дискретних сигналів. Для цієї мети можуть використовуватися 8-, 16- і 32-канальні сигнальні модулі.

Отримання високої гнучкості при розширенні і модернізації існуючих систем автоматизації контролер може доповнюватися необхідним набором модулів з внесенням відповідних змін до його програму.

Модулі SM 1 223 виконують перетворення вхідних дискретних сигналів контролера в його внутрішні логічні сигнали і внутрішніх логічних сигналів контролера в його вихідні дискретні сигнали з відповідними параметрами.

### 2.3.5 Блок керування нагрівом ТЕНів.

Для ввімкнення нагрівом ТЕНів використовуються твердо тільні реле які вмикають усі три фази на блок ТЕНів - НТ-6044.ZA2 [24].

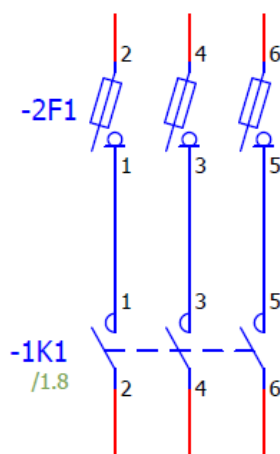


Рисунок 2.8 - Схематехнічне рішення побудови блоку керування нагрівальними елементами – ТЕНами

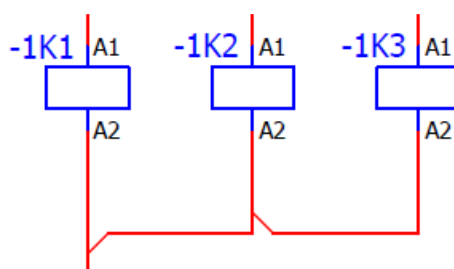


Рисунок 2.9 - Ввімкнення котушок включення нагрівальних елементів

Твердотільне реле НТ-6044.ZA2 (Kirpibor), трифазне, для комутації трифазного навантаження:

- максимально-допустимий струм навантаження 60.

Тип навантаження і рекомендований граничний струм комутації:

- резистивне навантаження 45;
- сімісторній вихід (triac);
- вбудований rs-ланцюжок, шунтуючий вихід, підвищує надійність

роботи в умовах імпульсних перешкод, особливо при комутації індуктивного навантаження;

- герметичний корпус запобігає попаданню всередину пилу и волога (ступень захисту IP54 [25] без урахування клем приєднання);

- опір ізоляції 500 мом (при 500 vdc);

- електрична міцність ізоляції відповідає стандартам ul1577 (2500 v в течение однієї хвилини);

- комутація при переході напруги 0 зніжує комутаційні перешкоду;

- світлодіодна індикація для контролю наявності вхідного сигналу;

- високе значення пікового напруги 900 vac (9 клас);

- широкий діапазон керуючого сигналу 90-250vac;

- підходять для комутації як однофазного, так і трифазного навантаження;

- дозволяють комутувати три незалежні ланцюга однофазного навантаження завдяки наявності силового ключа в кожній фазі ТТР.

Дозволяють комутувати трифазне навантаження з будь-якою схемою включення:

- зірка;
- зірка з нейтраллю;
- трикутник.

Твердотілі реле серії НТ використовують для комутації трифазного навантаження. Дозволяють комутувати одночасно 3 фази трифазного

					КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		31

навантаження або 3 незалежні однофазні навантаження одночасно. Орієнтовані на управління резистивного навантаження. У конструкції реле застосовуються особливі конструктивні рішення, покликані забезпечити надійність і збільшити ефективність відведення тепла від силових ключів. Мідна основа забезпечує максимально ефективний відвід тепла від вихідного силового елемента, а висока термостійкість корпусу з спеціалізованого пластикату (аналогічній карболіту, але не має крихкості) гарантує його цілісність навіть при короткому замиканні. Завдяки своїм конструктивам особливо в широкого діапазону комутованих струмів реле цієї серії дозволяють успішно вирішувати різні завдання по управлінню резистивним навантаженням. Твердотільне реле НТ-6044.ZA2 (Кіпрібор), трифазне, для комутації трифазного навантаження:

- максимально допустимий струм навантаження 60 А.

Тип навантаження і рекомендований граничний струм комутації:

- резистивне навантаження 45;
- сімісторний вихід (triac);
- вбудована гс-ланцюжок, шунтирующая вихід, підвищує надійність роботи в умовах імпульсних перешкод, особливо при комутації індуктивного навантаження;
- герметичний корпус запобігає потраплянню всередину пилу і вологи (ступінь захисту ір54 без урахування клем приєднання);
- опір ізоляції 500 мОм (при 500 VDC);
- електрична міцність ізоляції відповідає стандартам ul1577 (2500 v протягом однієї хвилини);
- комутація при переході напруги 0 знижує комутаційні перешкоди;
- індикація для контролю наявності вхідного сигналу;
- високе значення пікової напруги 900 VAC (9 клас);
- широкий діапазон керуючого сигналу 90-250vac;

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		32

- підходять для комутації як однофазном, так і трифазного навантаження;

- дозволяють комутувати три незалежних ланцюга однофазного навантаження завдяки наявності силового ключа в кожній фазі ТТР.

Дозволяють комутувати трифазну навантаження з будь-якій схемі включення:

- зірка;
- зірка з нейтраллю;
- трикутник.

Твердотільні реле серії НТ використовуються для комутації трифазного навантаження. Дозволяють комутувати одночасно 3 фази трифазного навантаження або 3 незалежних однофазні навантаження одночасно. Орієнтовані на управління резистивним навантаженням. У конструкції реле застосовуються особливі конструктивні рішення, покликані забезпечити надійність і збільшити ефективність відведення тепла від силових ключів. Мідна основа забезпечує максимально ефективне відведення тепла від вихідного силового елемента, а висока термостійкість корпусу з спеціалізованого пластикату (аналогічний карболіту, але не має крихкості) гарантує його цілісність навіть при короткому замиканні. Завдяки своїм конструктивним особливостям і широкого діапазону комутованих струмів реле цієї серії дозволяють успішно вирішувати різні завдання з управління резистивним навантаженням.

Для забезпечення захисту від короткого замикання застосовують вставки плавкі. Застосовуємо вставки плавкі які при проходженні струму вище за струм захисту через запобіжник перегорають і розмикають мережу.

Застосуємо запобіжники марки 3NC1036 Sitor [26], вони є комплектом із тримача і запобіжника. Струм захисту 10А. Конструкція тримача є такою що дозволяє розімкнути мережі таким чином щоб було видно розмикання мережі.

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>33</i>

### 2.3.6 Блок ТЕНів

Нагрівання проводиться трифазним струмом включеним за схемою зірка. В такому разі підвищується потужність при меншому споживаному струмі.

Будь-який тип трубчастого нагрівача може підключатися як до однофазної, так і до трифазної мережі. У свою чергу до трифазної мережі нагрівач може підключатися по одній з наступних схем:

«Зірка»;

«Трикутник».

Рівномірне навантаження можлива за умови, що на кожній фазі кількість ТЕНів буде кратно числу три. Для підключення до трифазної мережі підбираються електронагрівачі з робочою напругою в 200 або 380 Вольт. Елементи нагрівання, у яких робоча напруга розраховане на мережу 220 Вольт підключають по типу «зірка», а пристрої з напругою 380 Вольт можуть підключатися до мережі по типу «зірка» та «трикутник».

Підключення за схемою «зірка»

Як приклад наведемо підключення за схемою «зірка» з трьома електронагрівачами. Таким способом можна підключати сухі ТЕНи з чотирма болтами висновків і блоки ТЕН.

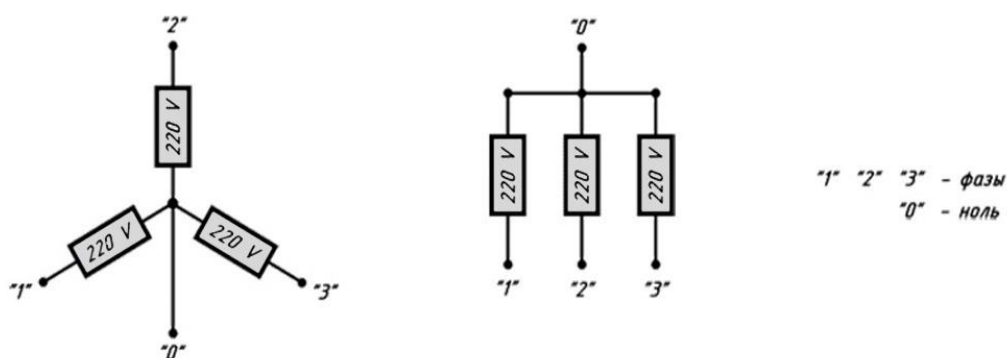


Рисунок 2.10 - Схема підключення «зірка»

Кожен другий кінець нагрівального елемента підключається до відповідної фази. Перші висновки при цьому пов'язані один з одним і утворюють спільну точку що визначається як нульова або нейтральна. Поєднане навантаження в даному випадку вважається трьохпровідним.

Трипровідні підключення призначене для робочої напруги 380 Вольт. Нижче розглянемо схему приєднання трубчастого нагрівача до трифазної мережі (рис. 2.11). Включення і відключення напруги проводиться в зазначеному випадку автоматично за рахунок триполюсних вимикачів.



Рисунок 2.11 - Схема приєднання нагрівача до мережі

У наведеній схемі можна побачити, що висновки нагрівачів справа приєднані до фаз А, В, С. Висновки, які знаходяться зліва - з'єднуються в загальній нейтральній точці. Робоча напруга між висновками справа і нейтральною точкою дорівнює 220 Вольт.

Крім трипровідною підключення можна підключатися до мережі і по чьотирьох схемою «зірка». В даному випадку підключають нагрівачі в трифазну мережу, напруга якої становить 220 Вольт. Нульова точка навантаження з'єднується з нейтральною точкою живильного джерела.

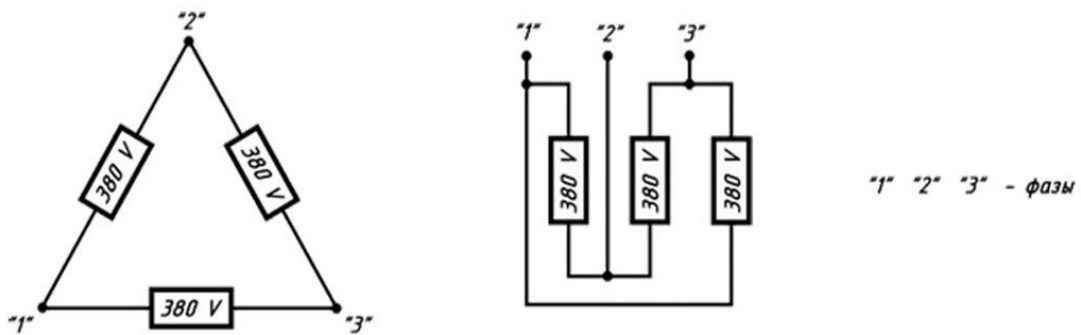


Рисунок 2.12 - Схема підключення «трикутник»

При підключенні за схемою «трикутник» висновки трубчастого нагрівача з'єднують в почерговому порядку. Схема підключення такого типу означає, що: висновок під номером 1 у першого нагрівача буде з'єднаний з висновком №1 другого нагрівача; висновок №2 другого Тена підключиться до висновку №2 третього нагрівача; від першого нагрівача висновок №2 під'єднатися до висновку №1 третього Тена. При дотриманні зазначеної схеми в результаті повинно вийти три плеча - «а», «б», «з». На кожне плече буде подана своя фаза:

- «А» - А фаза;
- «Б» - В фаза;
- «С» - З фаза.

Потужність нагрівачів і їх температурна подача залежно від схеми підключення Тена

Вибираючи нагрівач, покупець в першу чергу звертають увагу на його потужність. Технічна практика ж показує, що при постійному підключенні до певної мережі, коли не використовуються трансформатори, показники потужності залежать тільки від електроопору резистивного елемента, який знаходиться в самому нагрівальному пристрої. Залежність визначена формулою:

$$P = U * I \quad (2.1)$$

де  $P$  - потужність,

$U$  - напруга між кінцями гріє елемента,

$I$  - струм, що протікає по резистивного елемента.

З цієї причини, що струм, що проходить по спіралі залежить тільки від напруги, прикладеного до кінців і власного електроопору ( $R$ ) конкретної ділянки спіралі, формулу можна спростити:

$$P = U^2 / R \quad (2.2)$$

З цього можна зробити висновок, що в умовах постійної напруги потужність буде підвищуватися тільки тоді, коли опір буде падати.

Електроопір у більшій частині нагрівальних пристроїв безпосередньо залежить від температурної вироблення самого елемента нагрівання. Але, опір в межах декількох сотень градусів буде змінюватися незначно. Варто розуміти, що з карбідокремнієвих нагрівачами ситуація буде абсолютно інший. Так як у них функцію елемента нагрівання виконує неметаллический стрижень, опір тут буде змінюватися не в лінійному порядку. Опір таких пристроїв може перебувати в діапазоні 0,5-5 Ом, що не дозволить безпосередньо підключити пристрій нагріву в мережу напругою 220 Вольт і вже тим більше 380 Вольт. З технічних міркувань карбідокремнієвих нагрівачі можна приєднувати до стандартної мережі, якщо дотримуватися їх складання в послідовної ланцюжку. Але. Варто зазначити, що така методика малоефективна, якщо необхідно проводити точний контроль потужності і регулювання певної температури печі. Найкращим способом вважається підключення електронагрівачів до мережі за допомогою лабораторних регульованих автотрансформаторів або стандартних пристроїв статистичних електромагнітних пристроїв.

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>37</i>

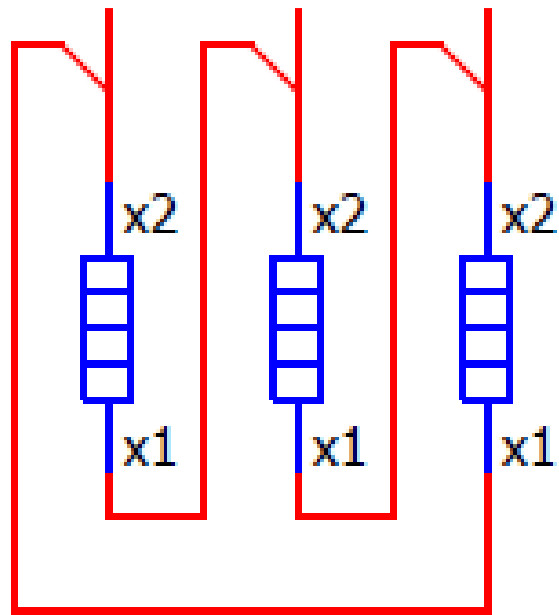


Рисунок 2.13 - Ввімкнення нагрівальних елементів – ТЕНів

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		38

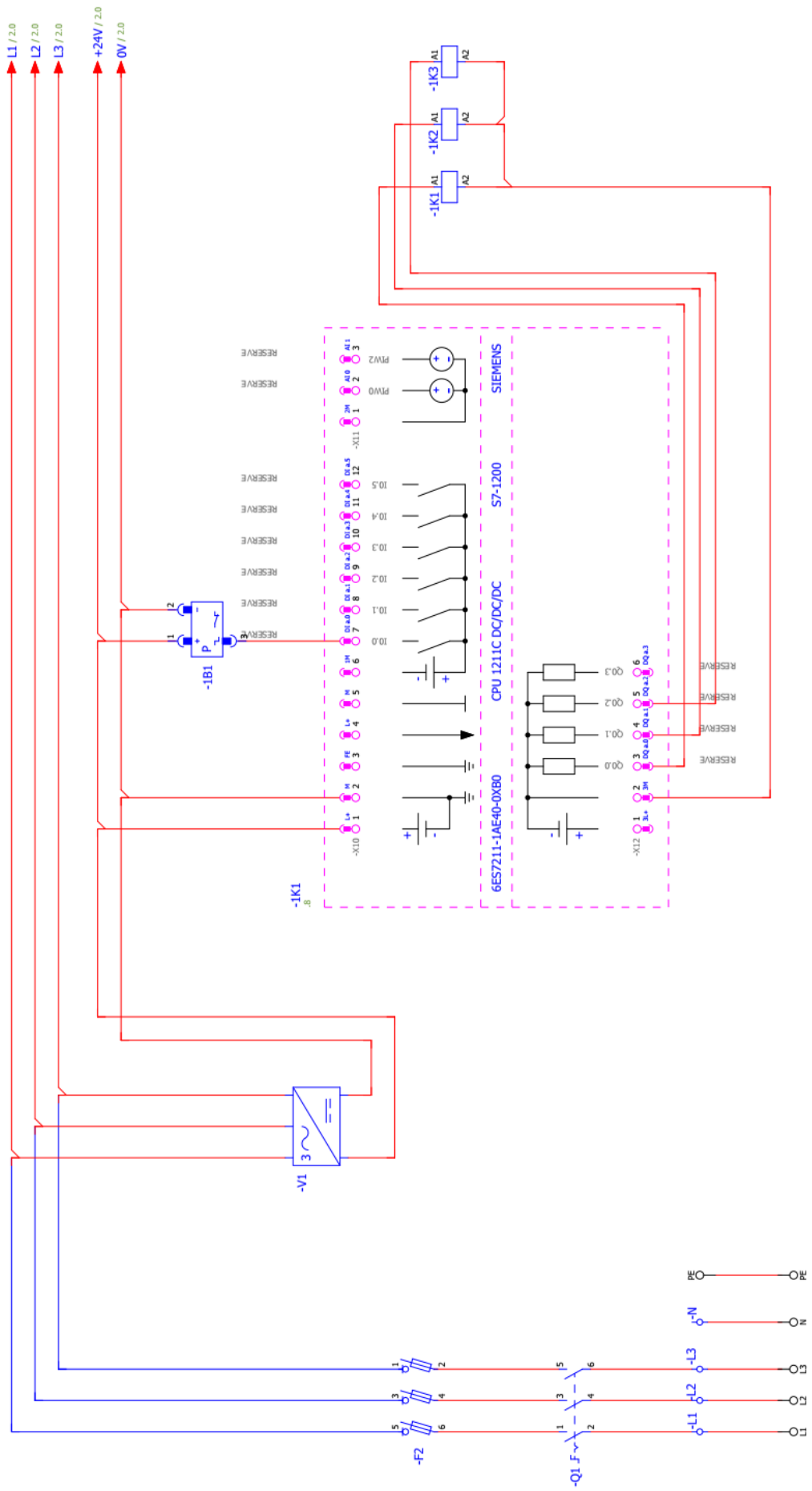


Рисунок 2.14 - Схема електрична принципова пристрою підтримання заданої температури  
технологічного обладнання

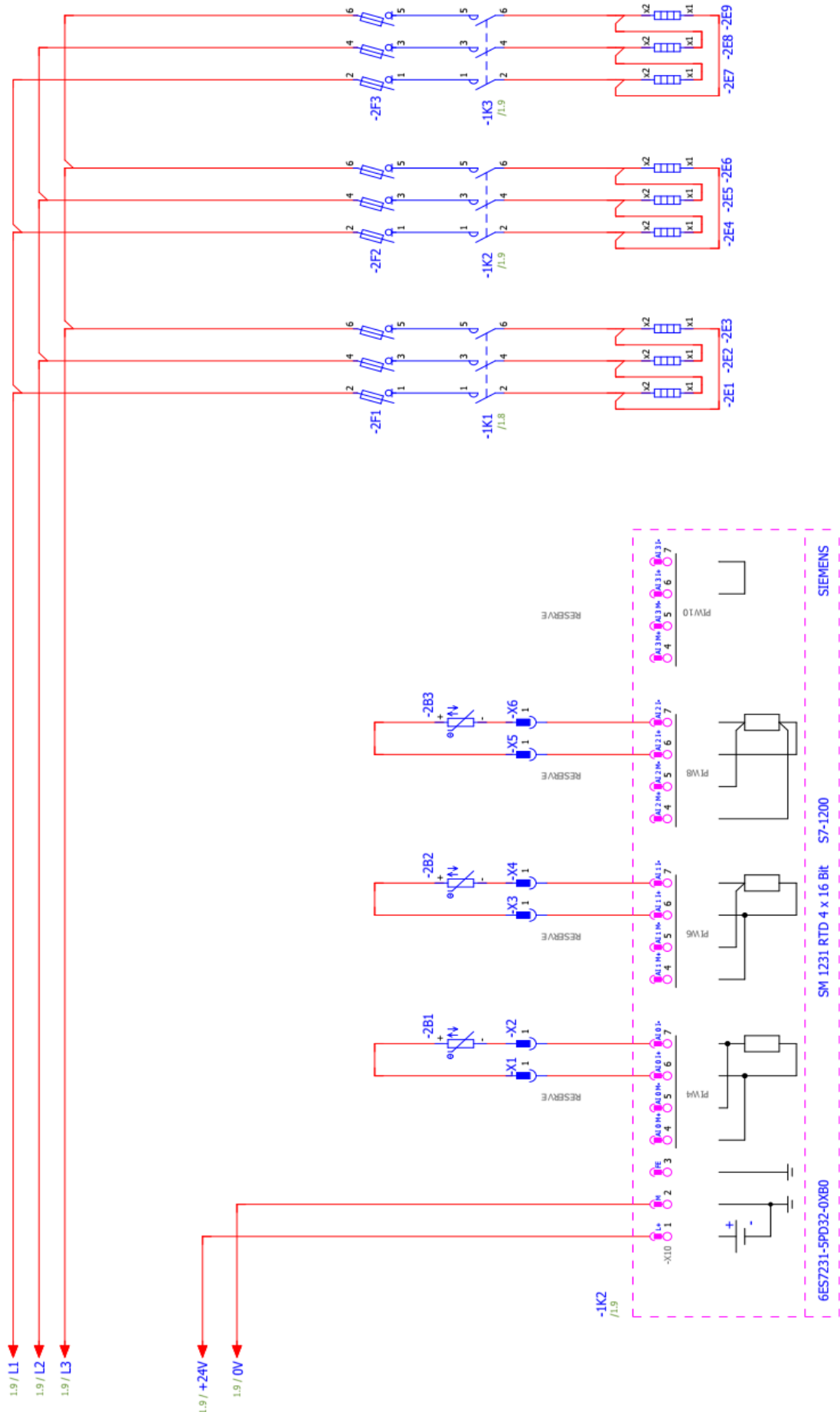


Рисунок 2.15 - Схема електрична принципова підтримання заданої температури  
технологічного обладнання

Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ

## 2.4 Дослідження конструкції елементів схеми

Для розробки компоновочної схеми пристрою необхідно дослідити конструктивні особливості схеми пристрою. Для цього дослідимо конструктивні особливості: габарити, особливості монтажу тощо, усіх елементів схеми що встановлюються на монтажну панель.

Автоматичний вимикач з поворотною ручкою встановлюється на DIN-рейку за допомогою відповідної засолки. Це дозволяє спростити встановлення та забезпечує високу ремонтпридатність.



Рисунок 2.16 - Загальний вигляд модульного автоматичного вимикача

Розміри такого вимикача 85x90x70 мм.

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		41

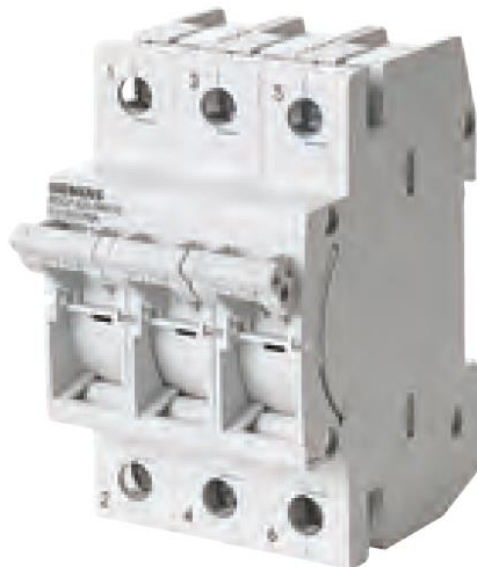


Рисунок 2.17 - Загальний вигляд вимикача-роз'єднувача MINIZED

Габаритні розміри вимикача-роз'єднувача MINIZED триполюсного 85x90x80 мм.

Блок живлення Carlo Gavazzi що застосовано у схемі має загальний вигляд представлений на рис. 2.18. Габаритні розміри блоку живлення: 126x275x112 мм.

Імпульсні джерела живлення серії SPD XX9603 підходять для тих застосувань, де потрібна велика потужність постійного струму. Окрім стандартного PFC, він також має паралельне з'єднання з активним розподілом струму у версіях високого класу.

Монтажне креслення блоку живлення представлено на рис. 2.19.

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		42



Рисунок 2.18 - Загальний вигляд блоку живлення

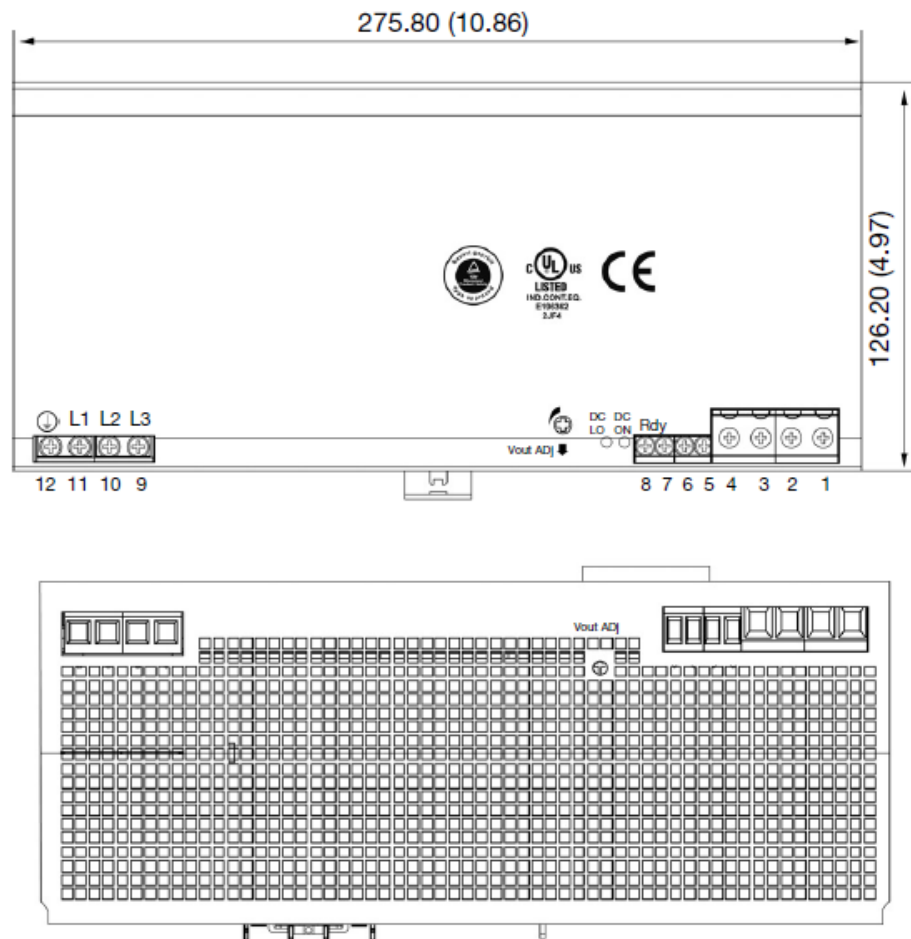


Рисунок 2.19 - Монтажне креслення блоку живлення

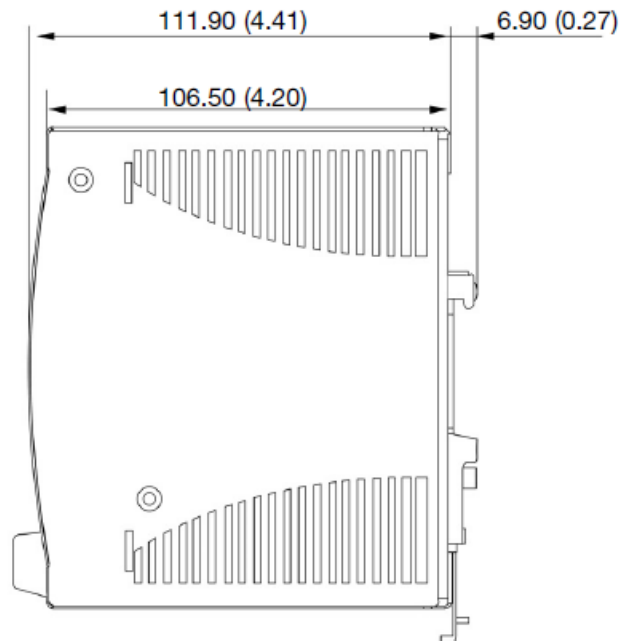


Рисунок 2.20 - Монтажне креслення блоку живлення (продовження)

#### 2.4.1 Контролер S7-1200

Промисловий контролер фірми Siemens S7-1200 не залежно від типу мають стандартні розміри: 90x100x75 мм.



Рисунок 2.21 - Загальний вигляд промислового контролера Siemens S7-1200

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		44

Давач тиску встановлюється на бакові в якому відбувається нагрівання води. Підключення відбувається за допомогою підключення проводів до колодок. Конструктивно давач тиску представлено на рис 2.22.



Рисунок 2.22 - Конструктивне зображення давача тиску

Сигнальний модуль серії промислових контролерів SIEMENS S7-1200 SM 1233 має розміри: 45x100x75 мм. Загальний вигляд модуля представлено на рис. 2.23. Причому усі ці модулі встановлюються стик в стик один до одного. Так як показано на рисунку.



Рисунок 2.23 - Загальний вигляд сигнального модуля

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		45

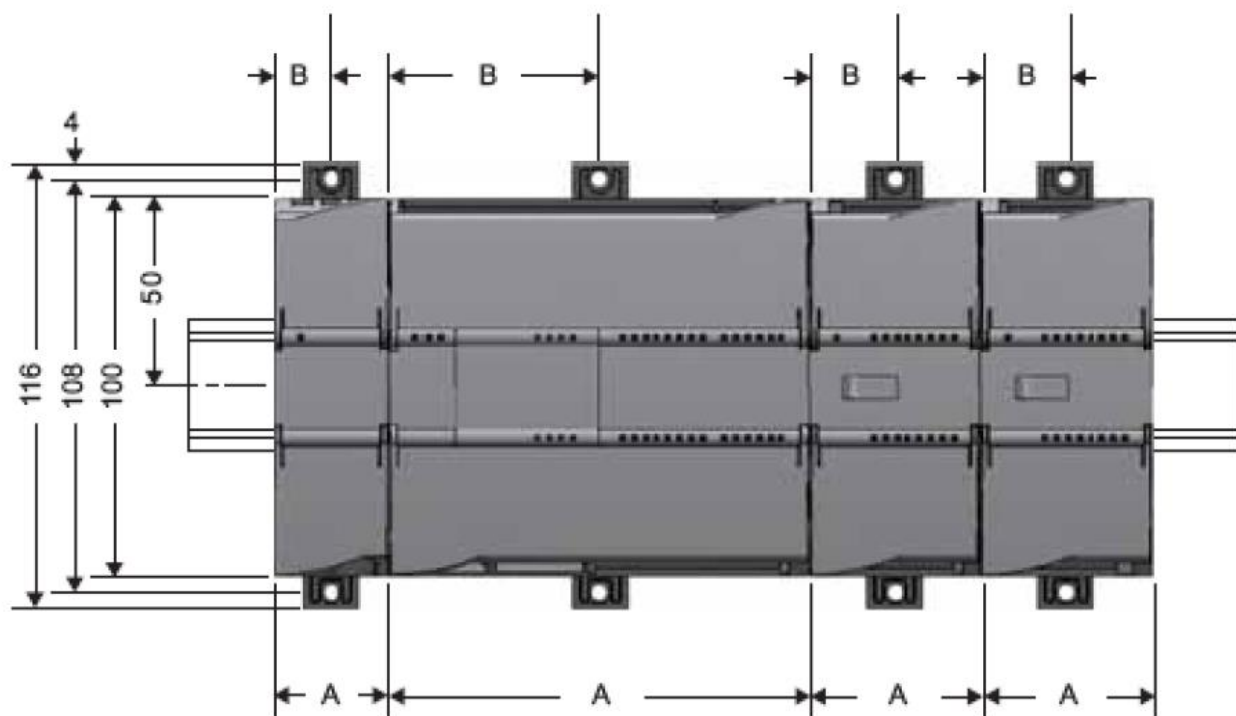


Рисунок 2.24 - Спосіб встановлення промислового контролера та сигнальних модулів SIEMENS S7-1200

Твердотільне реле представляє моноблок до якого провідники підключаються гвинтовими з'єднаннями. Монтажне креслення твердотільного реле представлено на рис. 2.25.

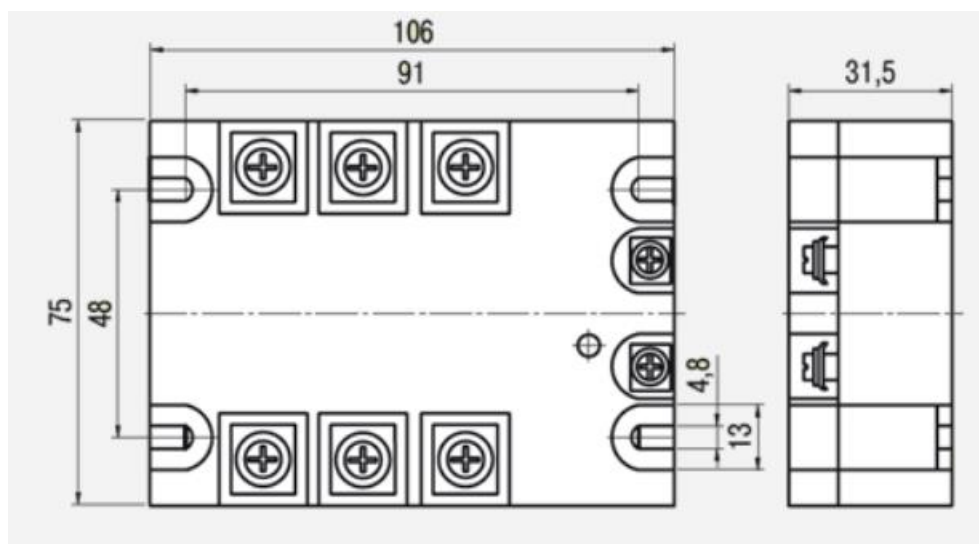


Рисунок 2.25 - Монтажне креслення твердотільного реле

Твердотільні реле споживають значну потужність, яку необхідно розсіювати за допомогою радіаторів. Загальний вигляд твердотільного реле разом із радіатором представлено на рис. 2.26.

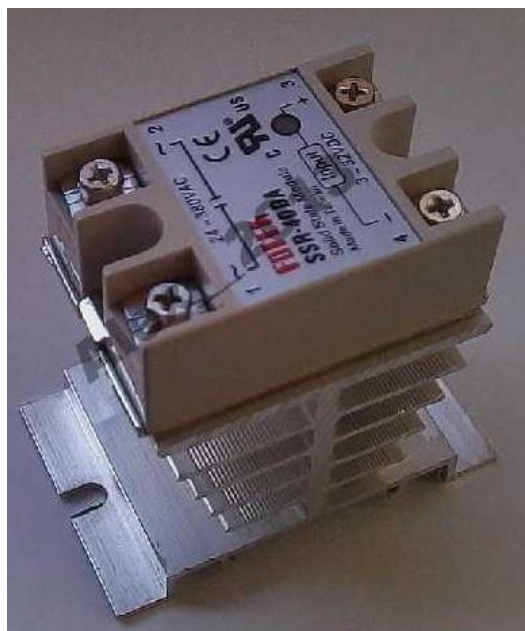


Рисунок 2.26 - Загальний вигляд твердотільного реле разом із радіатором

Існують нагрівачі, які виготовляються відразу для трифазної мережі, наприклад блок- Тени або W-подібні карбідокремнієвих нагрівачі. Спосіб їх підключення залежить від розрахованого напруги за схемою «зірка» або «трикутник». При підключенні за схемою «трикутник» мається на увазі поєднання трьох нагрівальних одиниць, у яких опору рівні і на кожен буде подано напругу 380 Вольт. Схема «зірка» з наявністю нульового проводу докладно розписана вище і призначається для подачі на кожен споживач напруги 220 Вольт. Нульовий провід необхідний для підключення споживачів з різними електроопору.

Розрахуємо споживану потужність пристрою, для обрання конкретних типів елементів, а також перевірки вірності обраних інших елементів.

Потужність споживання пристрою визначаємо як суму потужностей споживання всіх елементів, з яких складається прилад. Для початку визначимо потужності використовуючи таблицю 2.3.

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		47

Таблиця 2.3 - Споживана потужність елементів схеми

Тип елементу	Ісп., А	Уж., В	Кільк. корпусів	Рсп., Вт
Випрамляч	0,04	380	1	20
Блок живлення	2,5	220	1	10
Контролер	0,41	24	1	60
Давач температури	0,004	24	3	30
Давач тиску	0,025	24	1	0,9
Реле	3,5	12	3	1,2
Загалом: 122,1 Вт				

### 2.5 Оцінка надійності пристрою

Оцінку надійності проведемо по миттєвих відмовах, що являють собою відмову повноцінного по надійності приладу, які виникають в період нормальної експлуатації, коли приробка пристрою вже закінчилася, а зношення і природне старіння ще не наступило. Ці відмови зумовлені тільки випадковими факторами, такими як приховані внутрішні дефекти, які не можуть бути виявлені встановленою системою технологічного контролю; малоімовірні і тому не передбачені схемою і конструкцією відхилення режимів роботи, концентрації зовнішніх нагрузок і внутрішніх напружень; помилки операторів в період експлуатації.

$$\lambda = \text{const.} \quad (2.3)$$

Ймовірність безвідмовної роботи пристрою знаходиться за формулою:

$$P(t) = \exp\left(-t \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} \cdot N_j\right) \quad (2.4)$$

де  $t$  – час випробовувань;

$\lambda_{0j}$  – інтенсивні відмови  $j$ -ї групи;

$N_j$  – число елементів  $j$ -ї групи;

$m$  – число рівнонадійних груп.

Приймаємо  $t=10000$  год.

Прилад складається із наступних груп рівнонадійних елементів:

Групи занесені до таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 - Розрахунок інтенсивності відмов

№	Назва групи елементів	Кількість Шт	Інтенсивність відмови $\lambda_0 \times 10^{-6}$ Г	Сума $\lambda_0 \times 10^{-6}$ Г
1	Випрамляч	1	0,03	0,03
2	Блок живлення	1	0,3	0,3
3	Контролер	3	0,013	0,04
4	Давач тиску	1	4,0	4,0
5	Давач температури	3	1,5	4,5
6	Реле	3	0,25	0,75
Всього:				$9,62 \times 10^{-6}$

Ймовірність безвідмовної роботи приладу:

$$P(t) = \exp\left(-t \sum_{j=1}^m \lambda_{0j} \cdot N_j\right) \quad (2.5)$$

При  $T=1000$  годин:

$$P(t) = \exp(-0,0096) = 0,99$$

При  $T=5000$  годин:

$$P(t) = \exp(-0,048) = 0,98$$

При  $T=10000$  годин:

$$P(t) = \exp(-0,096) = 0,91$$

При  $T=20000$  годин:

$$P(t) = \exp(-0,192) = 0,82$$

Середнє напрацювання на відмову:

$$T_{cp} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \lambda \times N} \quad (2.6)$$

$$T_{cp} = 1/9,62 \cdot 10^{-6} = 103000 \text{ год.}$$

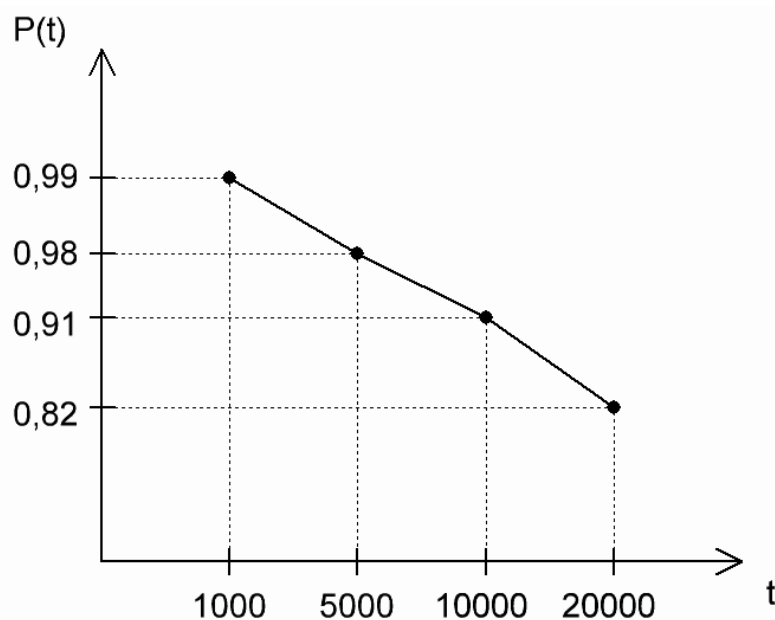


Рисунок 2.27 - Залежність ймовірності безвідмовної роботи пристрою від часу

З цього випливає, що розраховане середнє напрацювання на відмову перевищує значення напрацювання на відмову яким задалися на початку проектування виробу.

## 2.6 Висновок до другого розділу

Використовуючи комплектуючі відомого виробника SIEMENS одержали досить високі показники надійності роботи автоматичного пристрою підтримання заданої температури технологічного обладнання, споживана потужність 122 Вт, напрацювання на відмову – 103 тис. годин.

Використовуючи твердотільні реле за допомогою імпульсного управління одержуємо «плавне» регулювання струмом навантаження, що дає змогу для більш гнучкого регулювання нагріву і підтримки необхідної температури.

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		51

## РОЗДІЛ 3

### ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРИСТРОЮ

#### 3.1 Розробка алгоритму роботи пристрою

Кінцевою метою роботи пристрою є створення пари для технологічних потреб. А саме для пропарювання різноманітних продуктів. Вихідним продуктом пристрою є пар із заданою температурою  $T$ . Температура пари складає від 100 до 150 °С. Тому потрібно контролювати температуру. Причому температуру потрібно контролювати на вході баку нагрівання, в середині баку і на виході. Також потрібно контролювати тиск в середині баку для того щоб не перебільшити максимальний тиск у бакові при якому пристрій вийде з ладу.

Усі технологічні параметри контролюються за допомогою контролера і сигнального модуля. Ґрунтуючись на отриманих даних давачів, розраховуються необхідні значення потужності яка повинна подаватись на ТЕНи. Для плавності регулювання і підвищення надійності, у схемі застосовано 3 блоки ТЕНів.

Враховуючи на представленому описі можна запропонувати наступну послідовність етапів алгоритму, що реалізував би кінцеву мету роботу пристрою – утворення технологічної пари:

1. Задавання максимальних значень технологічних параметрів: тиску  $P_{max}$  і трьох температур  $T1_{max}$ ,  $T2_{max}$ ,  $T3_{max}$ .
2. Задавання вихідної температури  $T3z$
3. Вимірювання значень температур  $T1$ ,  $T2$ ,  $T3$ .
4. Перевірка не перебільшення  $T1$ ,  $T2$ ,  $T3$  максимальним заданим температурам  $T1_{max}$ ,  $T2_{max}$ ,  $T3_{max}$ .
5. Перевірка не перебільшення тиску у бакові  $P < P_{max}$ .
6. Якщо один із параметрів перебільшено, сформувати сигнал аварії.

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		52

7. Розрахунок тривалості ввімкнення твердо тільних реле для отримання заданої потужності.
8. Запуск циклу нагрівання ТЕНів.
9. Контроль тиску Р.
10. Вимірювання температур Т1, Т2, Т3.
11. Перерахунок тривалості ввімкнення твердо тільних реле.
12. Перехід до пункту 6.

Відповідно до заданої послідовності розроблено алгоритм представлений на рисунку 3.1.

За даним алгоритмом проводиться вимірювання та контроль основних технологічних параметрів пристрою підтримання заданої температури технологічного обладнання – парогенератора, а саме: тиску у бакові нагрівання, температури на вході бака, температури в бакові та температури пари на виході бака.

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		53

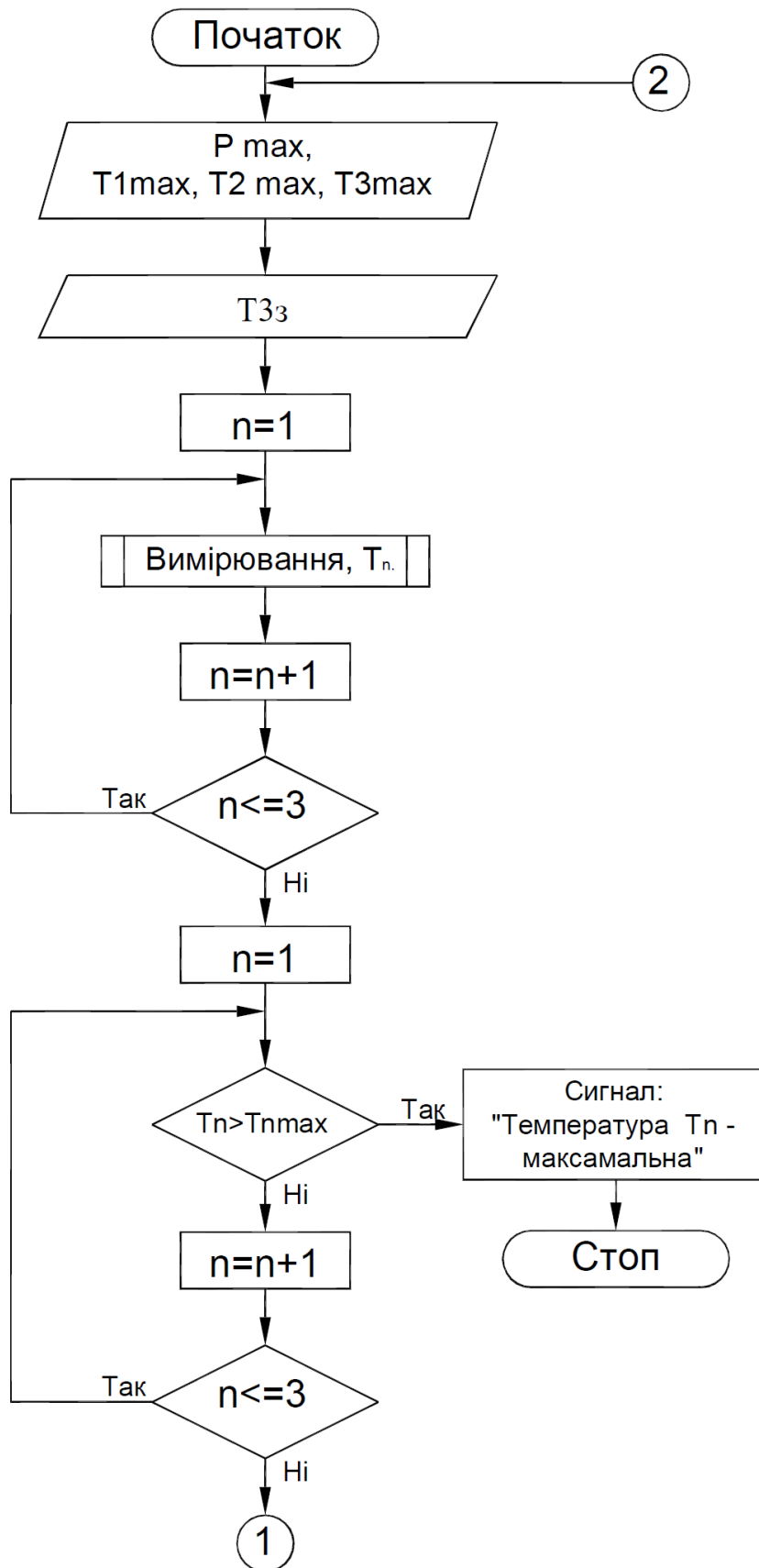


Рисунок 3.1 - Алгоритм роботи пристрою підтримання заданої температури технологічного обладнання

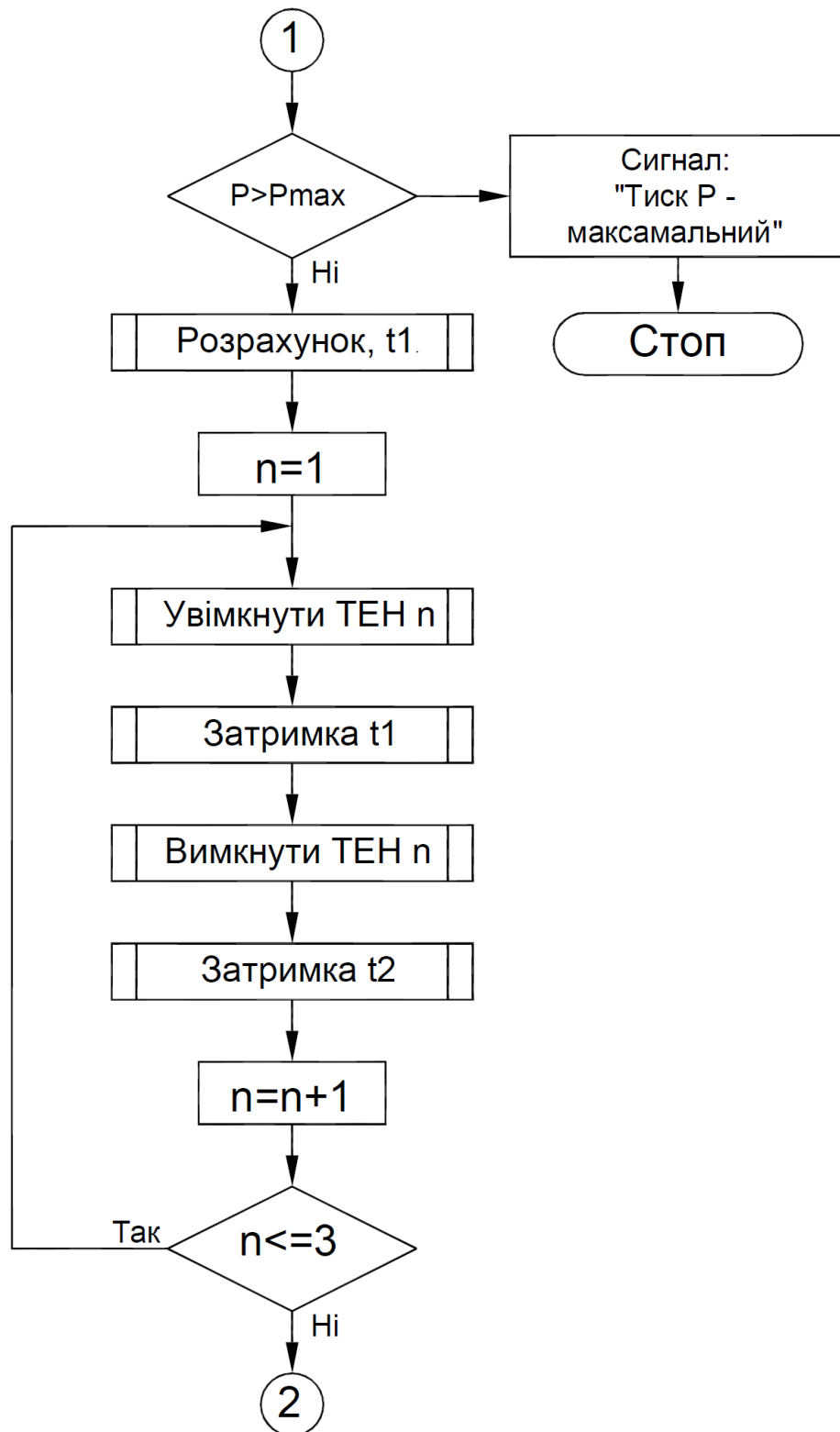


Рисунок 3.2 - Алгоритм роботи пристрою підтримання заданої температури технологічного обладнання (продовження)

### 3.2 Розробка компоновання пристрою

Для компоновання пристрою знайдемо площу монтажної панелі що необхідна для встановлення усіх елементів схеми. Усі розрахунки зведено у таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 - Розрахунок площі усіх елементів схеми

№ з/п	Назва	Габарити, мм	Кількість	Площа, мм <sup>2</sup>
1	Модульний автоматичний вимикач	85x90	1	7650
2	Запобіжний вимикач-вмикач	85x90	4	30600
3	Блок живлення	126x275	1	34650
4	Промисловий контролер	125x100	1	12500
5	Сигнальний модуль	45x100	1	4500
6	Твердотільне реле	75x106	3	7950
7	Колодка	6x50	14	4200
8	Колодка	4x50	12	400
<b>Сума</b>				117010

До цієї площі потрібно додати площу кабелепроводів в яких будуть прокладатись проводи. Але їх площу можна буде знайти після попередньої компоновки пристрою на монтажні панелі.

Також потрібно цю площу збільшити в 1,5 рази для забезпечення мінімальних зазорів між елементами для забезпечення теплового режиму.

Таким чином загалом площа без врахування кабелепроводів буде складати: 175515 мм<sup>2</sup>.

Для забезпечення такої площі оберемо розмір панелі із стандартних розмірів панелей що застосовуються у шафах керування фірми Rital: 600x400мм.

Із застосуванням такої панелі, загальна компоновка буде такою як представлено на рис. 3.3.

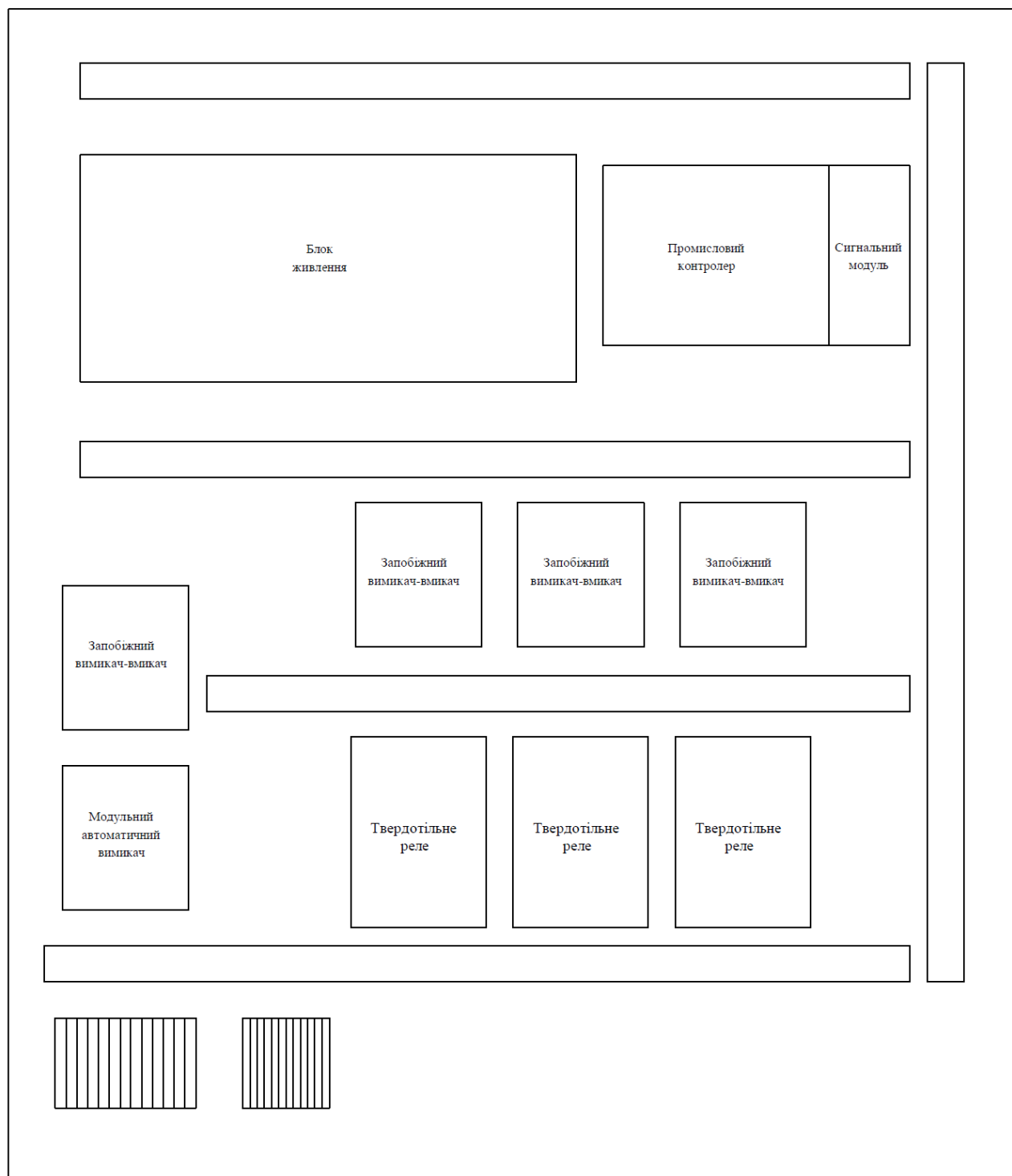


Рисунок 3.3 - Загальна компоновка елементів на монтажній панелі

### 3.3 Висновок до третього розділу

Розроблено алгоритм по якому проводиться вимірювання та контроль основних технологічних параметрів пристрою підтримання заданої температури технологічного обладнання парогенератора, а саме: тиск у бакові нагрівання, температура на вході бака, температура в бакові та температура на виході бака.

Розраховано площу монтажної панелі, що необхідна для встановлення усіх елементів схеми, загальна площа без урахування кабелепроводів становить 175515 мм<sup>2</sup>, це підлягає під стандарт розмірів панелей, що застосовуються у шафах фірми RITAL 600x400 мм<sup>2</sup>.

Розроблена загальна компоновка елементів на монтажній панелі.

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>58</i>

## ВИСНОВКИ

Розроблений пристрій підтримання заданої температури технологічного обладнання з використанням сучасного обладнання фірми SIEMENS такі як: промисловий контролер Siemens S7-1200, датчики температури, датчик тиску MBS 1700 Danfoss, твердотільне реле, що дало змогу одержати високу надійність та ймовірність безвідмовної роботи 103 тис. годин.

Економне споживання енергії при безперервній роботі 122 Вт, а з урахуванням дискретного включення виконавчих механізмів в процесі регулювальна - 60 Вт, а також велика степінь безпеки, яка врахована в алгоритмі роботи пристрою, що повністю відповідає завданню на кваліфікаційну роботу.

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		<i>59</i>

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Прилади для вимірювання температури. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://steklopribor.com/blog/measuring-instruments/5fdc93ecde2c1d05c24642ce>
2. Устройства измерения температуры. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://dmliefer.ru/katalog/kip/pribory-dlja-izmerenija-temperatury>
3. Автоматизация виробничих процесів: підручник / І. В. Ельперін, О. М. Пупена, В. М. Сідлецький, С. М. Швед. – Київ: Ліра-К, 2015. – 378 с.
4. Куинн Т. Температура / Т. Куинн. – Москва: Мир, 1985. – 448 с.
5. Трифазний электродный нагреватель рідини. Гадзевич В.Б., Пономарчук В.Ю., Любчик В.Р., Гуляева В.О. Патент України UA №47813, F24H1/20, Опубл. 25.02.2010, Бюл. №4. 2010 р.
6. Устройство и принципы работы промышленных парогенераторов. Подбор и заказ промышленного парогенератора. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://parogenerator.org/ustroystvo-i-printsip-raboty-parogeneratora>
7. Типы электрических парогенераторов электродных и теновых, преимущества и недостатки. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://tesi.com.ua/parogenerator-elektrodniy>
8. Таблица перетину проводів: фото, відео, формули для розрахунку діаметра дроту і площі поперечного перерізу. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://concom.com.ua/tablicya-peretinu-provodiv-foto-video-formuli-dlya-rozrahunku-diametra-drotu-i-ploshhi-poperechnogo-pererizu.html>
9. Опір заземлення електроустановок відповідно норм ПУЕ 2017. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://rem-group.net/posts/opir-zazemlennya>

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	Лист
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		60

10. Автоматические выключатели Siemens 5SL6325-6. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.siemens-pro.ru/5sl63/5SL6325-6.html>

11. 3NC1038 Sitor Предохранители Siemens [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.siemens-pro.ru/3nc/3NC1038.html>

12. Carlo Gavazzi SPD249603. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.digikey.com/en/products/detail/carlo-gavazzi-inc/SPD249603/9520546>

13. Siemens S7-1200 Программируемый контроллер. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.siemens-pro.ru/components/s7-1200.htm>

14. SIEMENS 6ES7211-1AE40-0XB0 [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/1397/0900766b81397281.pdf>

15. Неуправляемые коммутаторы CSM 1277. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/10046200/info/>

16. Блоки питания PM 1207 для SIMATIC S7-1200. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://progressavtomatika.ru/siemens-simatic-s7-1200-pm1207.php>

17. CPU 1212C. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/10045651/info/>

18. CPU 1214C. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/10045652/info/>

19. CPU 1215C. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/10144485/info/>

20. CPU 1217C. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://simatic-market.ru/catalog/Siemens-CA01/10205320/info/>

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		61

21. MBS 1700. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://danfoss.net.ua/products/4286/546/4343/4567.html>

22. Датчик температуры PT100. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://svaltera-nikolaev.uaprom.net/p1080303447-termopreobrazovateldatchik-temperature-tsp1.html>

23. 6ES7231-5ND32-0XB0 Программируемый контроллер. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://www.siemens-pro.ru/s7-1200/6ES7231-5ND32-0XB0.html>

24. HT-xx44.ZD3 [M02] и HT-xx44.ZA2 [M02] трехфазные твердотельные реле для коммутации резистивной нагрузки. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://owen.ru/product/ht\\_hh44zd3\\_i\\_ht\\_hh44za2](https://owen.ru/product/ht_hh44zd3_i_ht_hh44za2)

25. IP (Ingress Protection Rating) - степень защиты оболочки электронного оборудования. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: [https://www.satellite-rent.ru/ingress\\_protection.php](https://www.satellite-rent.ru/ingress_protection.php)

26. SIEMENS 3NC1016 SITOP Zylindersicherungseinsatz. [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <https://webshop.unielektro.de/SIEMENS-3NC1016-SITOR-Zylindersicherungseinsatz--item-01409435>

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		62

ДОДАТОК А  
(обов'язковий)

**Презентаційні матеріали**

					<i>КРБАКІТ.2017028.01.03.ПЗ</i>	Лист
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		63

Хмельницький національний університет

# Кваліфікаційна робота на тему

ПРИСТРІЙ ПІДТРИМАННЯ ЗАДАНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Студент 4-го курсу гр. АКІТ-17-1 **Семенюк Д.М.**

Керівник к.т.н., доцент **Форкун І.В.**

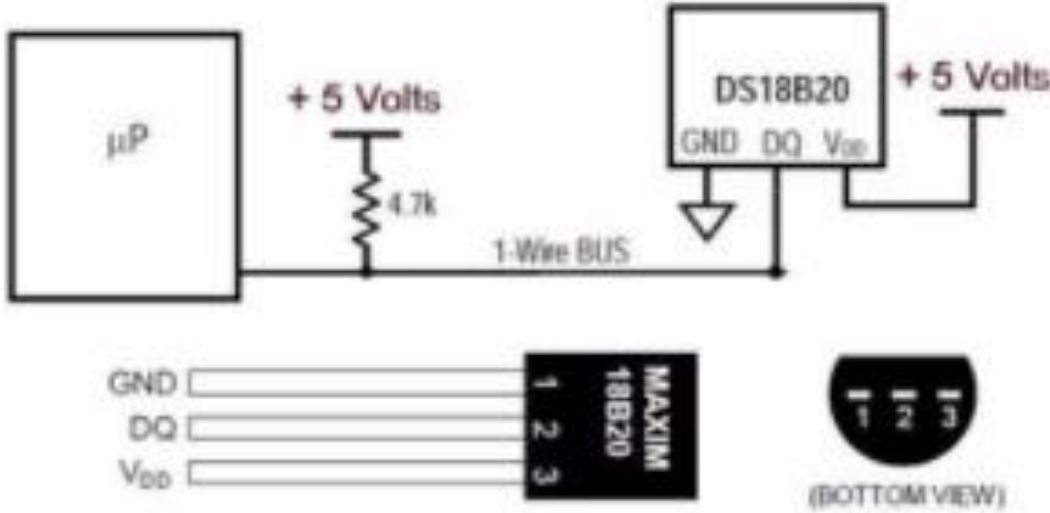
# Завдання

1. Автоматизована система регулювання температури парогенератора до 150 °С для розігріву екструдерів виготовлення штучної нитки.
2. Запобігання підвищення тиску в парогенераторі 6 Бар.
3. Напруга живлення трьохфазної мережі 380 В, 50 Гц.
4. Напрацювання на відмову 100 тис. годин.
5. Потужність споживання 80 Вт.
6. Розробка схемо-технічних рішень пристрою, розробка схеми функціональної, розробка схеми структурної, розробка схеми електричної, дослідження схемо-технічних рішень, конструкції елементів схеми.
7. Практична реалізація пристрою, розробка алгоритму роботи пристрою, компонування пристрою.



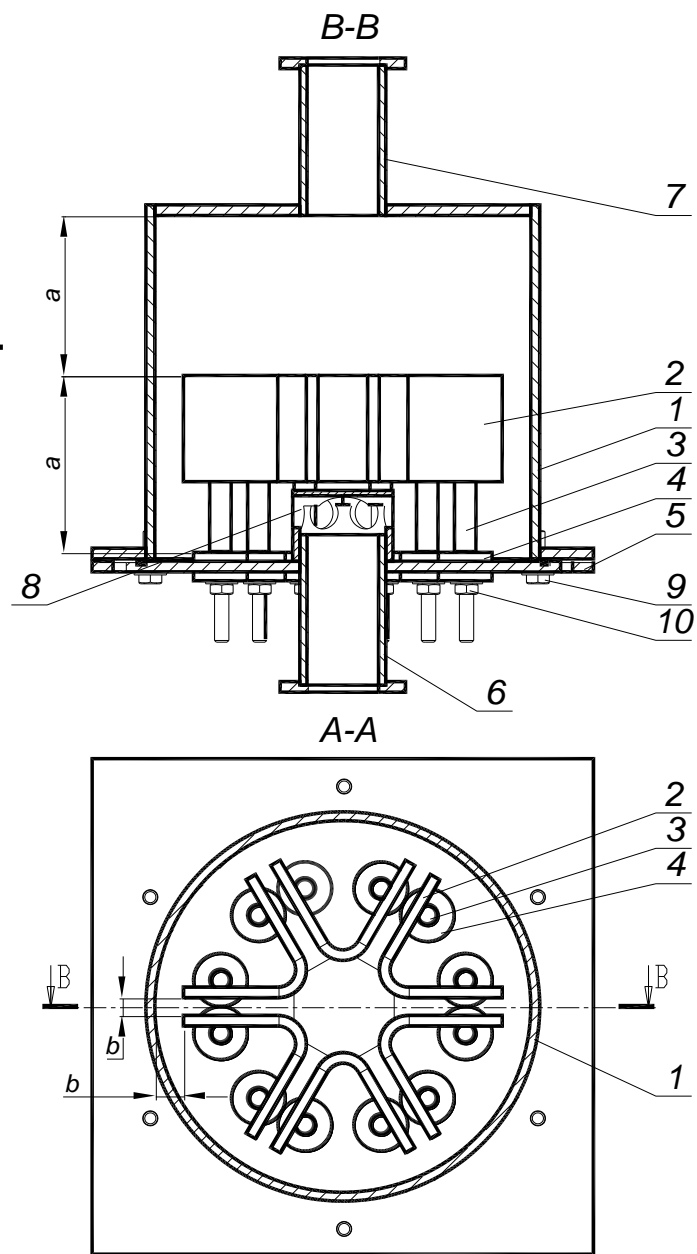
Рисунок 1.1 Цифровий датчик температури DS18B20

Цифровий датчик температури DS18B20 є компактним, точним і недорогим цифровим датчиком температури. Датчик використовує інтерфейс 1-Wire, розроблений компанією Dallas. Даний інтерфейс широко поширений і досить простий в освоєнні. Додатковим його плюсом є можливість паралельного підключення декількох датчиків на одну шину даних.



Typical Connections for the DS18B20

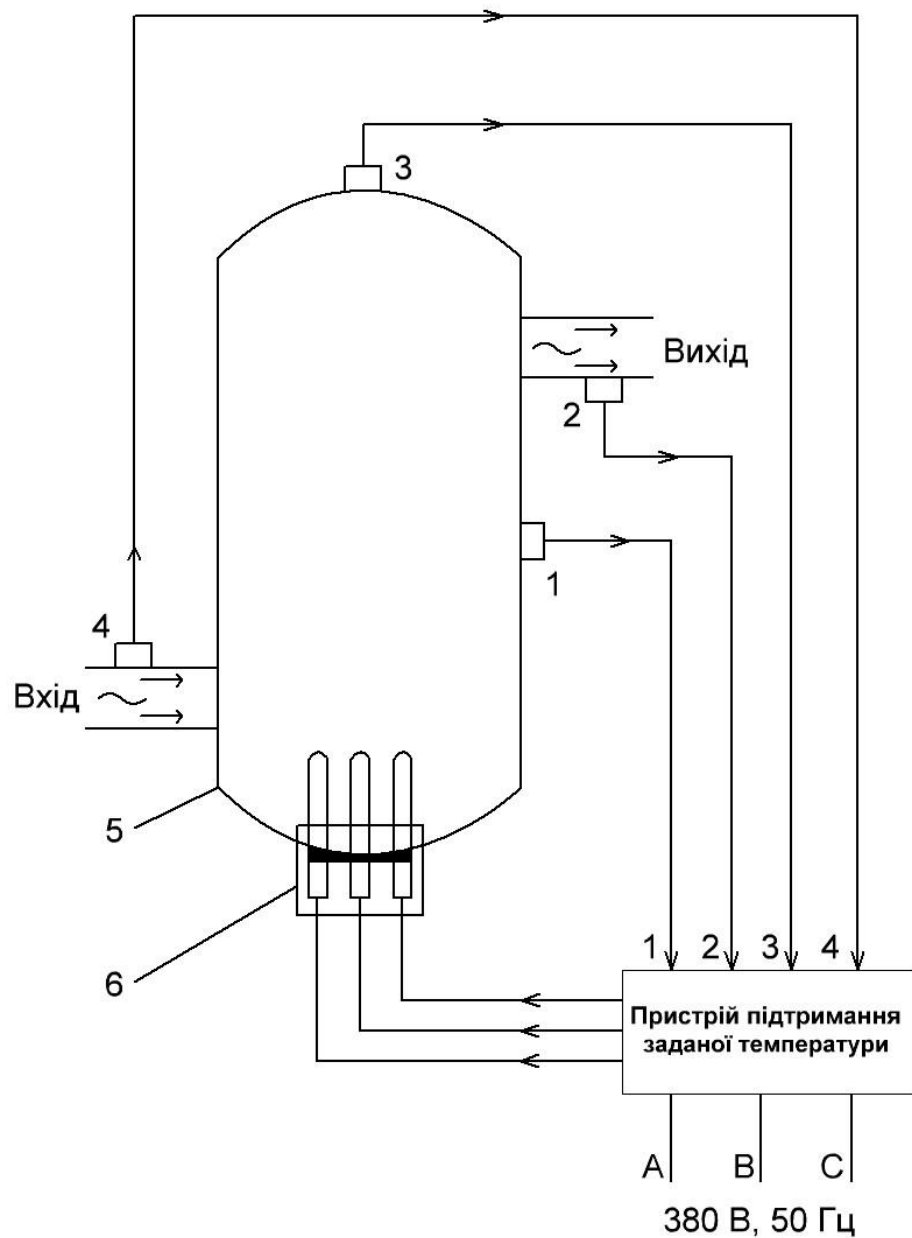
Рисунок 1.2 Схема підключення цифрового датчика DS18B20



1 – циліндричний корпус нагрівача, 2 – фазні електроди, 3 – стійка струмопідвідна, 4 – діелектрична втулка, 5 – кришка, 6 – ввідний патрубок,

7 – вивідний патрубок, 8 – діелектричний розсікач, 9 – болт і шайба кріплення кришки до циліндричного корпусу, 10 – гайка і шайба кріплення фазних електродів

Рисунок 1.3 Схема функціональна трифазного електродного нагрівача рідини



- 1 – датчик температури парогенератора,
- 2 – датчик температури на виході,
- 3 – датчик тиску, 4 – датчик температури на вході, 5 – котел,
- 6 – тени

Рисунок 2.1 Схема електрична функціональна пристрою підтримання заданої температури

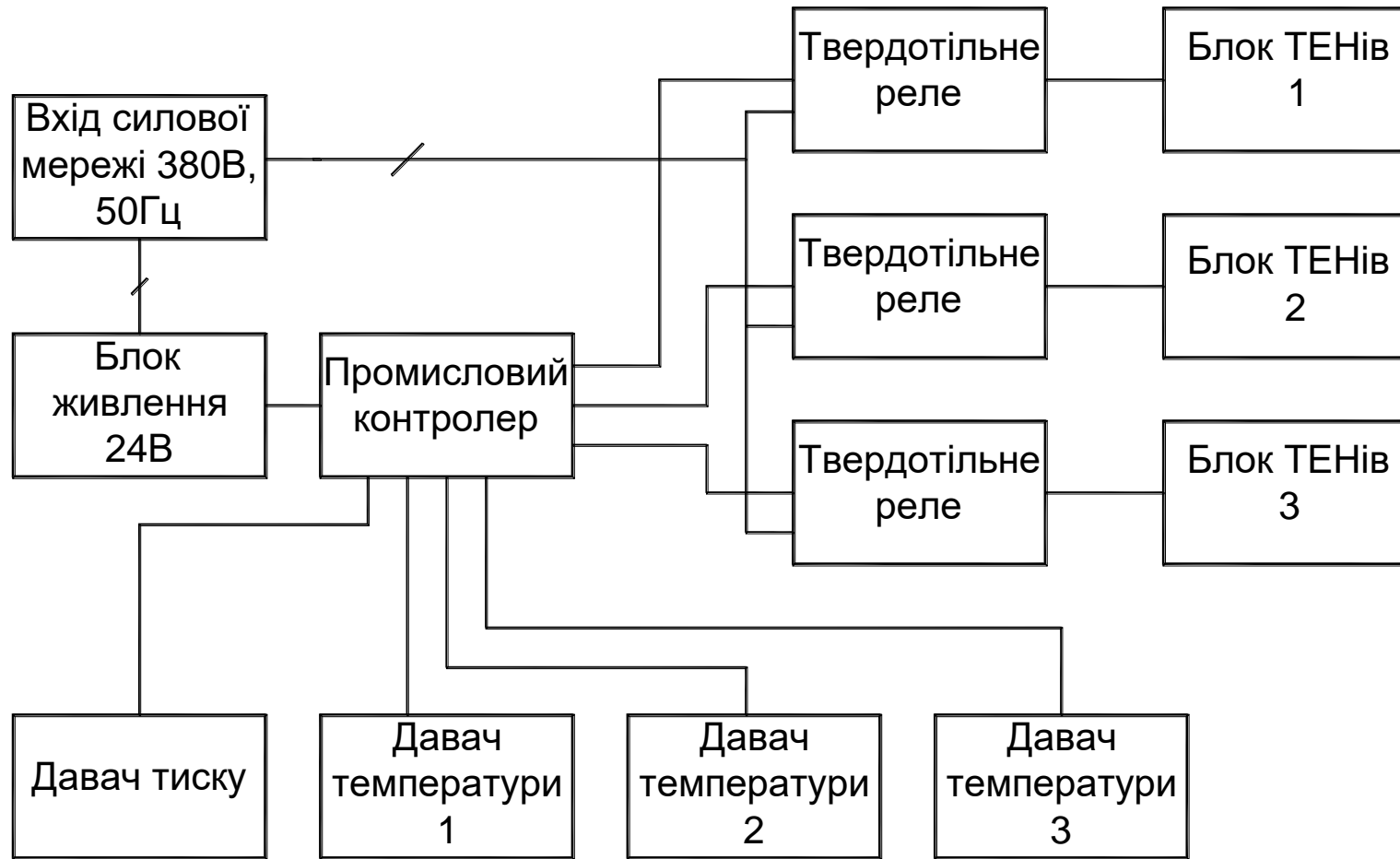


Рисунок 2.2 Схема структурна пристрою підтримання заданої температури

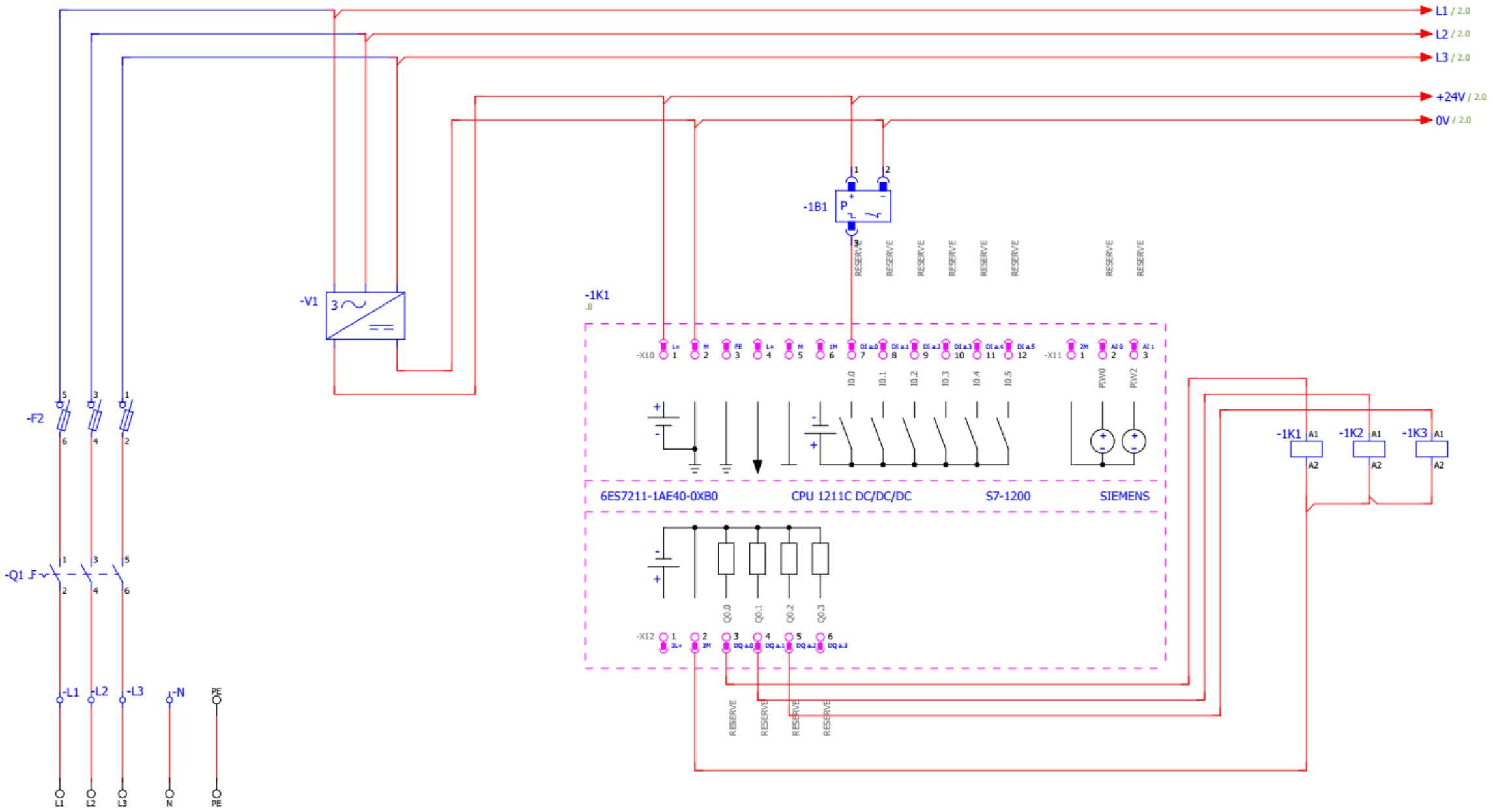


Рисунок 2.14 Схема електрична принципова пристрою підтримання заданої температури технологічного обладнання (частина 1)

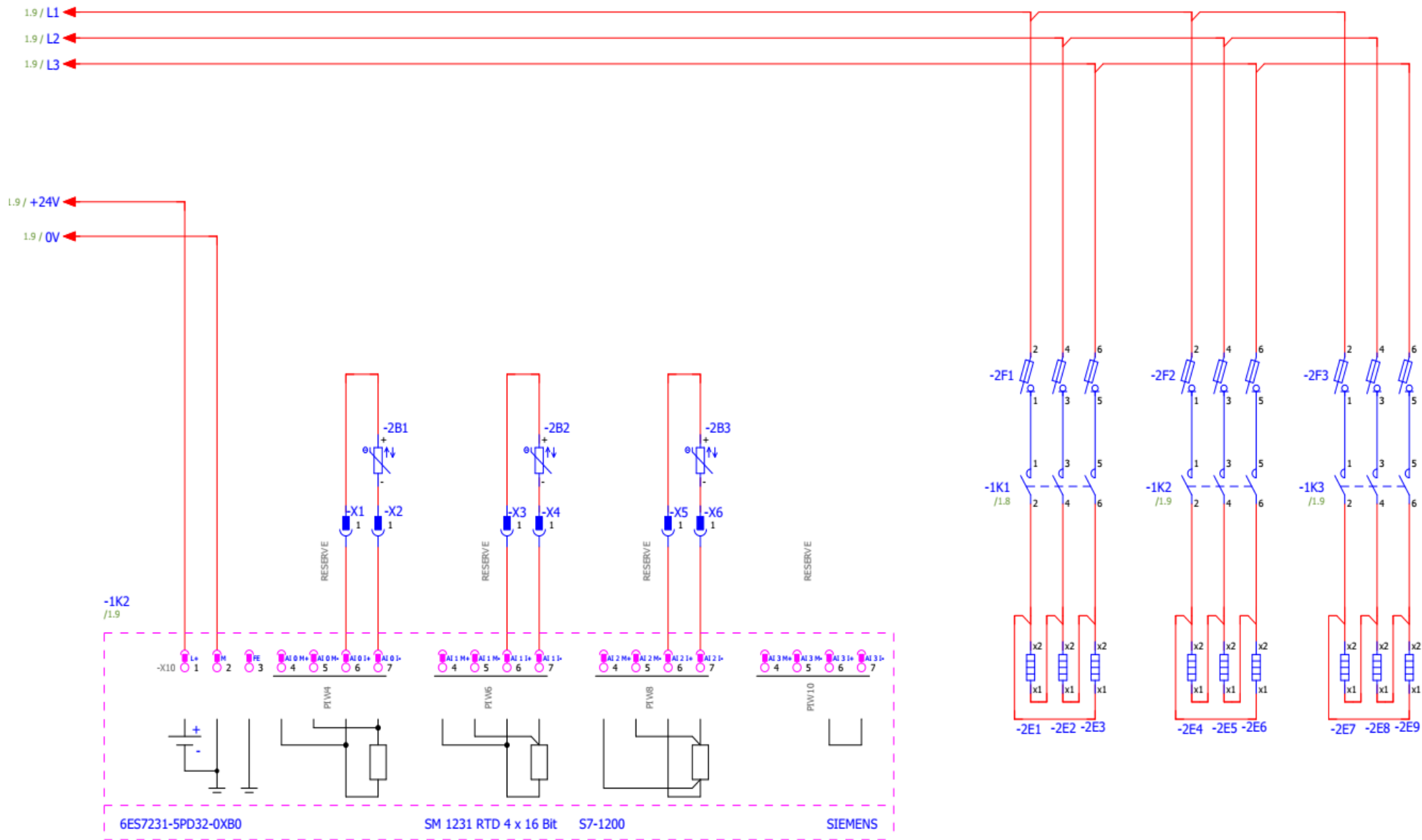


Рисунок 2.15 Схема електрична принципова пристрою підтримання заданої температури технологічного обладнання (частина 2)



Рисунок 2.21 Загальний вигляд промислового контролера  
Siemens S7-120

Здатен обслуговувати  
від 10 до 284 дискретних і від 2 до 51 аналогових канали  
входу-виходу

Працює в діапазоні температур від 0 до +50 °C



Діапазони вимірів, бар - 0 – 6, 0 – 10, 0 – 16, 0 – 25

Діапазон температур, °С – від -40 до 180

Напруга живлення, В - 9 – 32

Струм живлення, мА – 28

Рисунок 2.22 Конструктивне зображення давача тиску

Перетворювачі тиску MBS 1700 складаються з первинного перетворювача і електронного пристрою. Середовищі під тиском подається в камеру первинного перетворювача і деформує його мембрану, що призводить до зміни електричного опору розташованих на ній напівпровідникових тензорезисторів, включених в електричний ланцюг дільника напруги, в результаті чого первинний перетворювач видає сигнал напруги. Електронний пристрій перетворює електричний сигнал в уніфікований струмовий вихідний сигнал.

**Температурний датчик Pt100** заснований на принципі вимірювання опору. Матеріалом є платина з опором 100 Ом при температурі 0 ° С. Платина має позитивний коефіцієнт залежності опору від температури; з ростом температури зростає опір. Зміна опору від температури (лінійний к-т): 0,39 Ом / 1 ° С. Основною відмінністю платинових датчиків є довгострокова стабільність в порівнянні з іншими методами вимірювання температури, за рік не гірше, ніж 0,2 Ом / 0 ° С.



Давач температури моделі Pt100

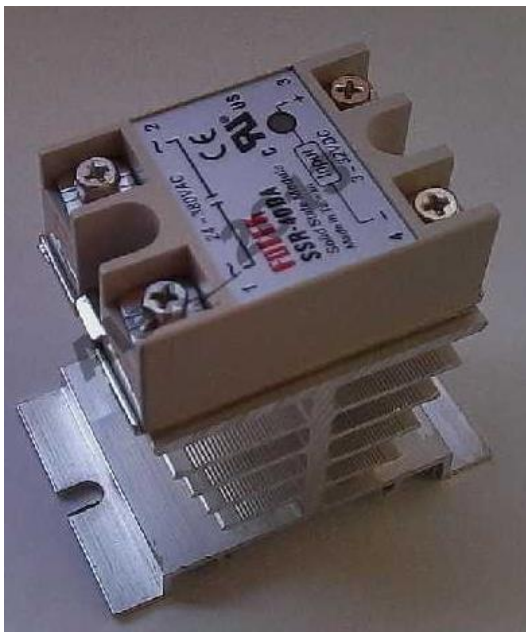


Рисунок 2.26 Загальний вигляд твердотільного реле разом із радіатором

Твердотільне реле NT-6044.ZA2 (Kirpibor), трифазне,  
для комутації трифазного навантаження.

Максимально допустимий струм навантаження 60 А;

Тип навантаження і рекомендований граничний струм  
комутації:

резистивне навантаження 45;

сімісторний вихід (TRIAC).

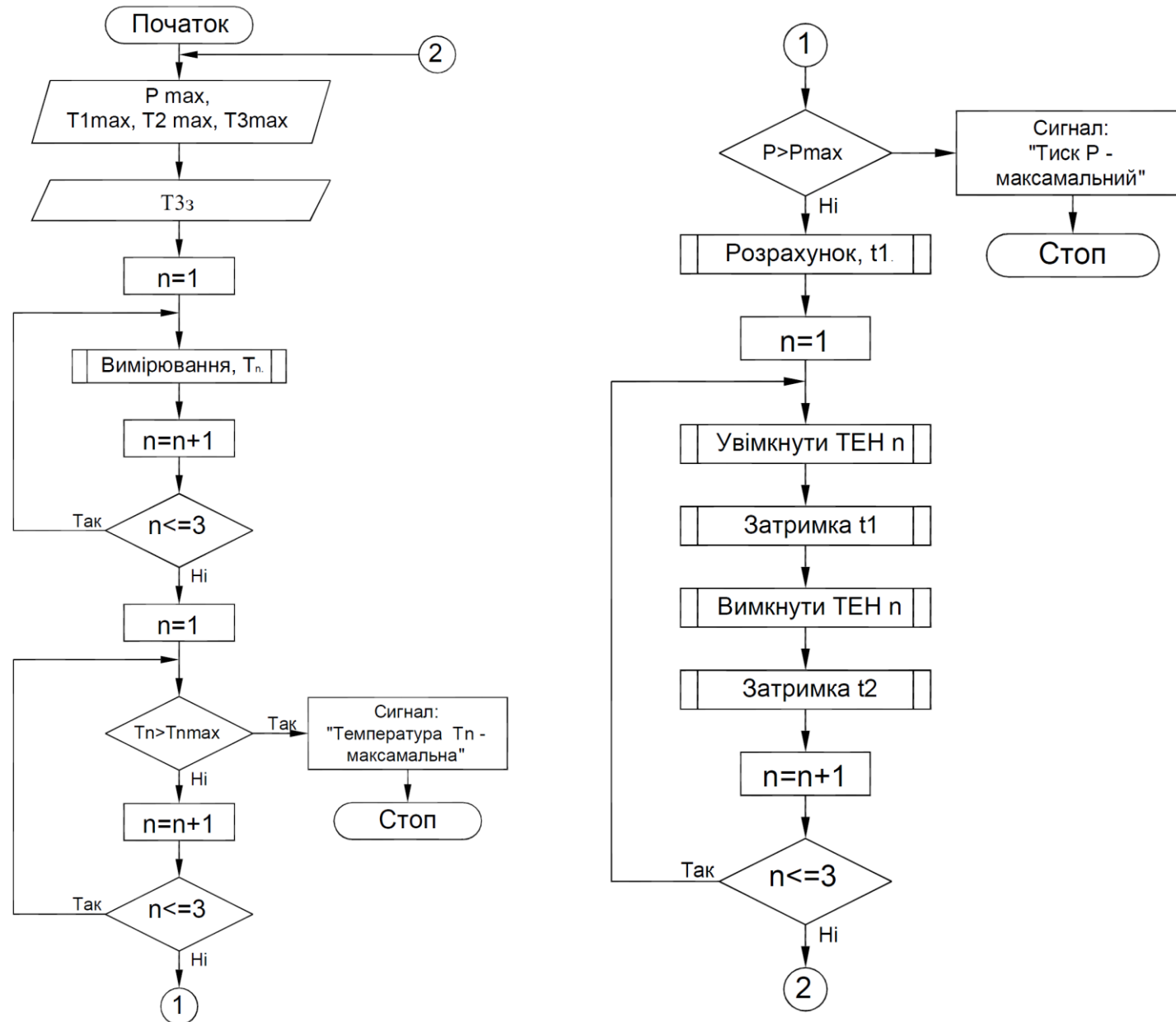


Рисунок 3.1, 3.2 Алгоритм роботи пристрою підтримання заданої температури технологічного обладнання

Таблиця 2.4 Розрахунок інтенсивності відмов

№	Назва групи елементів	Кількість Шт	Інтенсивність відмови $\lambda_0 \times 10^{-6} \text{ г}$	Сума $\lambda_0 \times 10^{-6} \text{ г}$
1	Випрамляч	1	0,03	0,03
2	Блок живлення	1	0,3	0,3
3	Контролер	3	0,013	0,04
4	Давач тиску	1	4,0	4,0
5	Давач температури	3	1,5	4,5
6	Реле	3	0,25	0,75
Всього:				$9,62 \times 10^{-6}$

Ймовірність безвідмовної роботи приладу:

$$P(t) = \exp\left(-t \sum_{j=1}^m \lambda_{oj} \cdot N_j\right)$$

Середнє напрацювання на відмову:

$$T_{cp} = \frac{1}{\sum_{j=1}^m \lambda \times N} \quad T_{cp} = 1 / 9,62 \cdot 10^{-6} = 103000 \text{ год.}$$

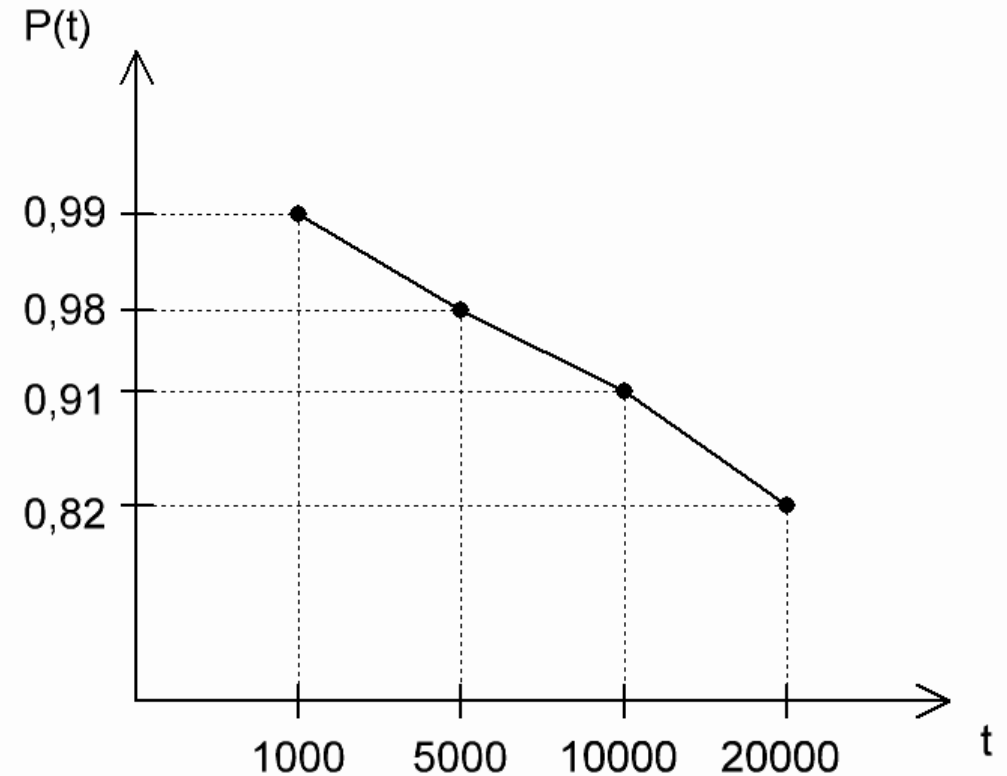


Рисунок 2.27  
Залежність ймовірності  
безвідмовної роботи  
пристрою від часу

# Загальні висновки

1. Розроблений пристрій підтримання заданої температури технологічного обладнання з використанням сучасного обладнання фірми SIEMENS такі як: промисловий контролер Siemens S7-1200, датчики температури, датчик тиску MBS 1700 Danfoss, твердотільне реле, що дало змогу одержати високу надійність та ймовірність безвідмовної роботи 103 тис. годин.
2. Економне споживання енергії при безперервній роботі 122 Вт, а з урахуванням дискретного включення виконавчих механізмів в процесі регулювальна - 60 Вт, а також велика степінь безпеки, яка врахована в алгоритмі роботи пристрою, що повністю відповідає завданню на кваліфікаційну роботу.

Ім'я користувача:  
Кафедра АКІТіТК

ID перевірки:  
1008314960

Дата перевірки:  
16.06.2021 20:58:59 EEST

Тип перевірки:  
Doc vs Internet

Дата звіту:  
16.06.2021 21:01:25 EEST

ID користувача:  
100005862

Назва документа: Семенюк антиплагіат

Кількість сторінок: 64 Кількість слів: 7524 Кількість символів: 55814 Розмір файлу: 2.21 MB ID файлу: 1008382155

## 12.6% Схожість

Найбільша схожість: 6.61% з Інтернет-джерелом (<https://ten24.com.ua/ua/blog/zvezda-i-treugolnik>)

12.6% Джерела з Інтернету

52

Сторінка 66

Пошук збігів з Бібліотекою не проводився

## 0% Цитат

Вилучення цитат вимкнене

Вилучення списку бібліографічних посилань вимкнене

## 0% Вилучень

Немає вилучених джерел

## Модифікації

Виявлено модифікації тексту. Детальна інформація доступна в онлайн-звіті.

Замінені символи

17

# Anti-Plagiarism v-15.257

**Максимальне співпадіння з одним документом 2.0%**

Словники перевірки: en\_US, ru\_RU, ua\_UA. **Помилоч в документах: 7%**

ID: 94256 Назва: Бакалаврська кваліфікаційна робота Додано в БД: 2021-06-16 Автора: Семенюк Д. Керівники: Форкун І.В. Консультанти: Опоненти:	Документ		Сумарний збіг по Базі Даних	
	Символи	Лексеми	Символи	Лексеми
	54124	497	4213 (8%)	46 (9%)

## Джерело плагіату

ID	Опис	Наявність плагіату в документі	
		Символи	Лексеми

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

РЕЦЕНЗІЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

Дипломник: Семенюк Д.М.

Тема: Пристрій підтримання заданої температури технологічного обладнання

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Обсяг кваліфікаційної роботи

Кількість листів креслень — Кількість сторінок записки 63

1. Короткий зміст роботи та прийнятих рішень: Метою кваліфікаційної роботи є розробка пристрою підтримання заданої температури технологічного обладнання.

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 вступі описується актуальність дипломної роботи. В першому розділі кваліфікаційної роботи розглядаються принципи будови нагрівачів які використовуються у парогенераторах, їх переваги і недоліки і пропонується використання теневих нагрівачів, так як вони найбільш пристосовані до заданих режимів роботи. У другому розділі приводиться розробка функціональної схеми пристрою підтримання заданої температури, яка включає в собі три датчики температури, датчик тиску, 3 тени нагріву, а також пристрій підтримання заданої температури, приведена структурна схема пристрою підтримання заданої температури, яка більше детально дозволяє описати принцип автоматичного регулювання за допомогою промислового контролера, а також на її базі розроблена схема принципова електрична дає можливість розроблення принципальної електричної схеми в якій використовуються сучасна елементна база фірми SIEMENS, промисловим контролером вдало вибрано Siemens S7-1200, особливо слід відмітити вдале застосування твердотільних реле HT-6044.ZA2 (Kipprigor), які дозволяють з допомогою імпульсного включення плавно регулювати струм навантаження тенів, що дає змогу плавно виходити на робочий режим нагріву без

різкого перевантаження електромереж. У третьому розділі розроблено алгоритм роботи пристрою підтримання заданої температури, за допомогою якого виконуються всі задані цикли автоматичного керування парогенератором, а також забезпечення безаварійної роботи, розрахунки надійності підтверджують правильність вибору елементів пристрою і складає напруження на відмову 103 тис. годин, що відповідає завданню на кваліфікаційну роботу. Проведено компонування елементів пристрою, який розміщений на стандартній площі 600x400 мм<sup>2</sup>.

4. Позитивні сторони роботи: Слід відмітити що в основу реалізації проекту вибрані сучасні елементи автоматичного регулювання, такі як промисловий процесор Siemens S7-1200, блок живлення Carlo Gavazzi - SPD249603, твердотільне реле, датчі температури Pt100, датч тиску MBS 1700 Danfoss, що дало змогу високої уніфікації конструкції приладу і стандартні методи його програмування.

5. Негативні сторони роботи: Відсутність програми керування контролером, відсутність відображення інформації на дисплеї про стан керованого об'єкту.

6. Оцінка графічного оформлення та пояснювальної записки роботи: Графічне оформлення виконане відповідно до теми дипломної роботи. Пояснювальна записка оформлена згідно вимог чинних стандартів.

7. Відгук про роботу в цілому: Робота виконана на належному науково-технічному рівні і відповідає вимогам технічного завдання.


8. Інші зауваження:

9. Оцінка дипломної роботи: добре

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

Говорущенко Тетяна Олександрівна, доктор технічних наук, професор,  
зав. каф. КІСП, Хмельницький національний університет

22 06 2021 р.

 (підпис)

Завідувачу кафедри АКІТіТК  
проф. Мартинюку В.В.  
Семенюка Д.М.  
ФПКТС, 4 курсу, групи АКІТ-17-1


### ЗАЯВА

З правилами чинного Положення «Про дотримання академічної доброчесності в Хмельницькому національному університеті» від 26.09.2020 (зі змінами від 26.11.2020), 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-технічно засобів (Unicheck 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 (індентична) з друкованою.

22.06.21г.  
дата

  
підпис

**РІШЕННЯ ЕКСПЕРТНОЇ КОМІСІЇ  
КАФЕДРИ АВТОМАТИЗАЦІЙ, КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЙ І  
ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ**

**ПРО ДОПУСК КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ ДО ЗАХИСТУ**

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

Назва: Пристрій підтримання заданої температури технологічного обладнання

Автор: Семенюк Д.М.

Спеціальність: 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Освітня програма: Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Науковий керівник: к.т.н., доцент Форкун І.В.

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 не 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 та 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.	

Підтвердження:

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

- 1) запозичення не описують безпосередньо авторське дослідження і не стосуються отриманих в роботі результатів;
- 2) усі запозичення фрагментарні, або мають належним чином оформлені посилання;
- 3) окремі виявлені збіги є загальноживаними фразами або виразами;
- 4) в якості запозичень в окремих місцях системою зафіксовано таблиці істинності деяких елементів, які є вхідними даними до великої кількості задач і не можуть розглядатись як об'єкт авторських прав і, відповідно, їх порушення;
- 5) всі зафіксовані системою ознаки модифікації тексту відносяться до комбінування латинських символів із україномовними скороченнями індексів в формулах, що не є модифікацією тексту.

Сумарний обсяг всіх запозичень, визначений системою виявлення збігів/ідентичності/схожості, складає 12,6% і адресується до 52 першоджерел, що з урахуванням наведених обґрунтувань, відповідає характеру наукового дослідження і свідчить на користь кваліфікаційної роботи.

Керівник роботи

Гарант ОП

Завідувач кафедри АКІТіТК

Форкун І.В.

Форкун Ю.В.

Мартинюк В.В.

## ВІДГУК

на кваліфікаційну роботу

студента групи АКІТ-17-1 Дмитра СЕМЕНЮКА

### ПРИСТРІЙ ПІДТРИМАННЯ ЗАДАНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

У роботі студента Семенюка Д.М. предметом дослідження є апаратна реалізація автоматичного пристрою підтримання заданої температури технологічного обладнання. На сьогоднішній день, це доволі стрімко набуває популярності. Основною з задач є автоматичне керування заданою температурою технологічного обладнання.

Проектована система містить у собі сучасну елементну базу автоматичного регулювання, таку як: промисловий процесор Siemens S7-1200, блок живлення Carlo Gavazzi - SPD249603, твердотільне реле, давачі температури Pt100, давач тиску MBS 1700 Danfoss.

На протязі виконання кваліфікаційної роботи студент Семенюк Д.М. додержувався термінів плану виконання завдання кваліфікаційної роботи, проявив вміння роботи з технічною та довідковою літературою, аналізувати вибрані технічні рішення, проводити інженерні розрахунки.

Досить вдало розроблений алгоритм функціонування пристрою, який повністю відповідає технічному завданню. Елементи схеми автоматики вибраних сучасних виробників з гарними технічними характеристиками які відповідають умовам роботи автоматизованого пристрою.

У ході виконання роботи було створено функціональну, структурну, принципову електричну схему, розраховано надійність і напрацювання на відмову, проведено компонування елементів пристрою.

Під час виконання роботи студент Дмитро СЕМЕНЮК проявив креативність, наполегливість, вміння застосовувати набуті знання для вирішення завдань, що були поставлені у кваліфікаційній роботі.

Пристрій є актуальним на сьогоднішній день, а студент Семенюк Д.М. заслуговує оцінки *«добре»*.

**Керівник:**

к.т.н., доцент



**Форкун І.В.**