

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут	Навчально-науковий інститут Комп'ютерних систем і технологій «Індустрія 4.0» ім. П.М. Платонова
Факультет	Автоматизації та робототехніки
Кафедра	Автоматизації технологічних процесів і робототехнічних систем
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	151 - «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Освітня програма	«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Тема: **«Автоматизація процесу керування підготовкою повітря в промисловому кондиціонері»**

Розробив	В. Габор
Керівник к.т.н., доцент	О.В. Мазур
Зав. кафедри АТПіРС д.т.н., професор	В.А. Хобін
<i>«e-версія роботи ідентична оригіналу»</i>	В. Габор
<i>«e-версію роботи прийнято»</i>	
Депозитор кафедри АТПіРС	Т.В. Волик

Одеса-2023

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інститут	Навчально-науковий інститут Комп'ютерних систем і технологій «Індустрія 4.0» ім. П.М. Платонова
Кафедра	Автоматизації технологічних процесів і робототехнічних систем
Ступінь вищої освіти	Бакалавр
Спеціальність	151 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Освітня програма	«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри АТП і РС
д.т.н., проф. Хобін В.А.

« 02 » 09 2022 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

1. Студент **Габор Вадим**
2. Тема кваліфікаційної роботи «**Автоматизація процесу керування підготовкою повітря в промисловому кондиціонері**»
3. Керівник кваліфікаційної роботи **Мазур Олександр Олександрович, к.т.н., доцент**
П.п. 2 і 3 затверджені наказом ОНТУ від 22 серпня 2022 року № 475-03.
4. Строк подання студентом випускної дипломної роботи - 05 червня 2023 р.
5. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: матеріали виконаних індивідуальних завдань (ІЗ) технологічної і переддипломної практик, курсових та самостійних робіт, виконаних у відповідності с ІЗ.
6. Зміст кваліфікаційної роботи (перелік питань, які потрібно розробити) :
 - 1) Характеристика управління підготовкою повітря в промисловому кондиціонері, обґрунтування доцільності та шляхів підвищення ефективності керування процесом.
 - 2) Конкретизація задачі дотримання регламентів управління підготовкою повітря в промисловому кондиціонері, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання.
 - 3) Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР, отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів.
 - 4) Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування підготовкою повітря в промисловому кондиціонері.
 - 5) Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів.
 - 6) Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САК.
 - 7) Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК.
 - 8) Розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК, включаючи питання охорони праці.

9) Попереднє обґрунтування економічної доцільності реалізації роботи.

7. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Конкретизація задачі дотримання регламентів технологічного процесу, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання	Світий І.М. к.т.н, доц. каф. АТП і РС		
Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР, отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів	Світий І.М. к.т.н, доц. каф. АТП і РС		
Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САУ	Степанов М.Т., доц. каф. АТП і РС		
Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК	Степанов М.Т., доц. каф. АТП і РС		
Вибір ТЗА та розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК	Левінський В.М., доц. каф. АТП і РС		
Попереднє обґрунтування економічної доцільності впровадження проекту	Мужайло В.Д., доц. каф. МіЛ (ПУтаА)		

8. Дата видачі завдання 26 грудня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика управління підготовкою повітря в промисловому кондиціонері, обґрунтування доцільності та шляхів підвищення ефективності керуванням процесом	29.03.23 р.	Виконав
2	Конкретизація задачі дотримання регламентів управління підготовкою повітря в промисловому кондиціонері, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання	10.04.23 р.	Виконав
3	Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР, отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів	24.04.23 р.	Виконав
4	Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування підготовкою повітря в промисловому кондиціонері	25.04.23 р.	Виконав
5	Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів	28.04.23 р.	Виконав
6	Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САК	05.05.23 р.	Виконав
7	Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК	19.05.23 р.	Виконав
8	Розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК, включаючи питання охорони праці	26.05.23 р.	Виконав
9	Попереднє обґрунтування економічної доцільності реалізації роботи	02.06.23 р.	Виконав

Студент

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра

Габор В.

Мазур О.В.

Анотація

Габор В. Автоматизація процесу керування підготовкою повітря в промисловому кондиціонері. Кваліфікаційна робота бакалавра. – Одеса: ОНУТ. 2023. – 148 стр., кількість розділів - 9, ілюстрацій – 86, таблиць – 15, джерел по переліку посилань – 16.

Об'єкт дослідження або розробки – технологічний процес регулювання температурно-вологістним режимом у виробничому приміщенні.

Мета роботи – розробити систему автоматичного керування процесом регулювання температурно-вологістним режимом, яке б підтримувало регульовані змінні в регламентних зонах як в сталих, так і в перехідних режимах роботи.

Методи дослідження та інструментарій – при ідентифікації властивостей об'єкту керування використовувалися методи уявного активного та пасивного експерименту з подальшою обробкою їх результатів; моделі об'єкту керування та системи регулювання розроблялися в середовищі Simulink/Matlab; параметричний синтез системи керування проведений методом оптимізації показника якості її функціонування; розробка удосконаленої системи проводилася аналітично із застосуванням апарату передатних функцій.

Отримані результати – отримана система підвищеної динамічної точності, яка підтримує регульовані змінні в регламентних зонах як в сталих, так і в перехідних режимах роботи

Область застосування – система може бути використана при модернізації регулювання температурно-вологістною режимом у виробничому приміщенні.

Значущість роботи і висновки – розроблена система має переваги у порівнянні із традиційними САР, які використовуються на практиці.

Ключові слова: технологічний процес, об'єкт керування, регулятор, система керування, температурно-вологістний.

Abstract

Gabor V. Automation of the control process of air preparation in an industrial air conditioner. Bachelor's qualifying work. – Odesa: ONUT. 2023. – 148 pages, number of chapters – 9, illustrations – 86, tables – 15, sources according to the list of references – 16.

The object of research or development is the technological process of regulating the temperature and humidity regime in the production premises.

The purpose of the work is to develop a system of automatic control of the temperature-humidity regime regulation process, which would support the regulated variables in the regulatory zones both in permanent and transient modes of operation.

Research methods and tools - when identifying the properties of the control object, the methods of an imaginary active and passive experiment were used with further processing of their results; models of the control object and control system were developed in the Simulink/Matlab environment; parametric synthesis of the control system carried out by the method of optimizing the indicator of the quality of its functioning; the development of the improved system was carried out analytically using the apparatus of transfer functions.

The results obtained are a system of increased dynamic accuracy that supports regulated variables in regulatory zones in both permanent and transient modes of operation

Field of application – the system can be used in the modernization of temperature-humidity regulation in the production premises.

Significance of the work and conclusions - the developed system has advantages in comparison with traditional SARs used in practice.

Key words: technological process, control object, regulator, control system, temperature-humidity.

ЗМІСТ

Перелік умовних позначень	9
Вступ.....	10
Розділ 1. Характеристика технологічного процесу, розробка концептуальної моделі об'єкту керування	12
1.1 Вибір об'єкта для модернізації системи автоматизації, опис і аналіз реалізованого ним технологічного процесу і відповідного обладнання (технологічного агрегату).....	12
1.2 Конкретизація мети модернізації системи	20
1.3 Висновок за розділом.....	21
Розділ 2. Конкретизація задачі дотримання регламентів технологічного процесу, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання.....	22
2.1 Розробка структурної (координатної) схеми об'єкта керування	22
2.2 Ідентифікація моделей каналів перетворення координатних дій об'єкту керування.....	23
2.3 Реалізація моделей у середовищі імітаційного моделювання і підтвердження їх відповідності експериментальним даним	35
2.4 Висновки за розділом	46
Розділ 3. Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР	47
3.1 Конкретизація задач регулювання технологічним агрегатом	47
3.2 Синтез і аналіз системи автоматичного регулювання базової структури	50
3.3 Синтез та аналіз САР підвищеної динамічної точності.....	61
3.4 Порівняльний аналіз перехідних процесів у параметрично оптимальних САР за величинами критеріїв та показників, на які встановлені гранично-допустимі значення.	66
3.5 Отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів	69
3.6 Висновки за розділом	70
Розділ 4. Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування підготовкою повітря в промисловому кондиціонері	71
4.1 Конкретизація задачі логічного керування процесом кондиціонування повітря	71
4.2 Формалізація регламентів, розробка алгоритмів автоматичного логічного керування пуском ділянки в роботу та нормальною зупинкою.....	72
4.3 Формалізація регламентів та розробка алгоритмів логічного управління для підсистем зупинки в нештатних ситуаціях	75
4.4 Реалізація алгоритмів логіко-програмного управління в виді функціональної логічної схеми.....	79
4.5 Імітаційне моделювання роботи алгоритмів логічного керування.....	81
4.6 Висновки за розділом	85
Розділ 5. Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів.....	86

5.1	Характеристики середовищ, з якими взаємодіють засоби автоматизації та обслуговуючий персонал	86
5.2	Вибір технічних засобів збору інформації про хід технологічного процесу і стан обладнання.....	86
5.3	Вибір технічних засобів для реалізації керуючих дій технологічного процесу	87
5.4	Висновок за розділом.....	94
Розділ 6. Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САК.....		
6.1	Визначення переліку сигналів, які слід вводити до мікропроцесорного контролеру та виводити з нього.....	95
6.2	Розробка технічної структури мікропроцесорного ядра системи керування.....	96
6.3	Програмне конфігурування контролера	98
6.4	Розробка програми, що реалізує алгоритми регулювання.....	100
6.5	Розробка програми, що реалізує алгоритми логічного керування.....	101
6.6	Висновки за розділом	102
Розділ 7. Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК		
7.1	Конкретизація функцій і структури екранів АРМ оператора-технолога	104
7.2	Розробка екранів АРМ оператора-технолога	105
7.3	Розробка АРМ наладчика САК.....	107
7.4	Розробка підсистеми взаємодії АРМ та мережі контролерів	110
7.5	Висновки за розділом	110
Розділ 8. Розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК, включаючи питання охорони праці.....		
8.1	Характеристики технологічного об'єкта керування та опис основних технічних рішень	111
8.2	Опис схеми автоматизації	113
8.3	Опис принципової електричної схеми.....	115
8.4	Розробка принципових електричних схем живлення.....	118
8.5	Розробка документації щита оператора.....	119
8.6	Охорона праці.....	121
8.7	Висновки за розділом	126
Розділ 9. Попереднє обґрунтування економічної доцільності реалізації роботи		
9.1	Розрахунок інвестиційних витрат на модернізацію системи автоматизації.....	127
9.2	Розрахунок інвестиційних витрат на модернізацію системи автоматизації.....	130
Загальні висновки.....		132
Список літератури		135
Додатки.....		137
Додаток А Попередній перелік обладнання до схеми автоматизації		137

Додаток Б Попередній перелік обладнання до схеми принципової електричної	138
Додаток В Попередній перелік обладнання до принципової електричної схеми живлення	139
Додаток Г Попередній перелік складових частин для щита оператора	140
Додаток Д Попередній перелік монтажних матеріалів і виробів на схемі зовнішніх проводок.....	141
Додаток А1 схема автоматизації	142
Додаток Б1 Принципова електрична схема.....	143
Додаток В1 Принципова електрична схема живлення.....	144
Додаток Г1 Загальний вид щита оператора.....	145
Додаток Д1 монтажна схема	146
Додаток Е1 Схема зовнішніх проводок	147

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

КП – керуючий пристрій;

ОК – об'єкт керування;

ПІ-регулятор – пропорційно-інтегральний регулятор;

ПІД-регулятор – пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор;

САК – система автоматичного керування;

САР – система автоматичного регулювання.

ВСТУП

На підприємствах на самопочуття, стан здоров'я людини впливає мікроклімат виробничих приміщень, який визначається дією на організм людини температури, вологості, рухомості повітря і теплового випромінювання. Виробничий мікроклімат, як правило, відрізняється значною мінливістю, нерівномірністю по горизонталі та вертикалі, різноманітністю сполучень температури, вологості, рухомості повітря, інтенсивності випромінювання залежно від особливостей технології виробництва, кліматичних особливостей місцевості, конструкцій споруд, організації повітрообміну із зовнішнім середовищем.

Тепло від усіх цих джерел викликає значне підвищення температури повітря у робочих приміщеннях. Наприклад, у гарячих цехах у теплий період року температура повітря може досягати 40 °С. Високий температурний режим спостерігається в мартенівських цехах у металургії, термічних і ливарних цехах у машинобудуванні, у фарбувальних, сушильних цехах тощо. На деяких виробництвах люди працюють при зниженій температурі (на складах, у суднобудівній промисловості, елеваторах).

Технологічні процеси, пов'язані з підвищеною вологістю, мають місце на підприємствах харчової промисловості (на молоко- та м'ясокомбінатах), заводах з обробки шкіри, у гальванічних і травильних відділеннях у машинобудуванні тощо.

Для вимірювання параметрів мікроклімату використовуються різні прилади: ртутні та спиртові термометри (для вимірювання температури), психрометри (для визначення відносної вологості повітря), анемометри й кататермометри (для встановлення швидкості руху повітря).

Результати досліджень свідчать про те, що у виробничих умовах усі метеорологічні фактори впливають на людину одночасно. Тому важливо виявити їх сумарний вплив на працівника. Одним із способів оцінки сумарного впливу метеорологічних факторів є спосіб обліку ефектних і еквівалентно-

ефективних температур. Показник ефективної температури включає вплив температури і вологості повітря на людину на робочому місці..

В якості об'єкта модернізації системи автоматизації обрана ділянка регулювання температуро-вологісного режиму повітря яке поступає у виробниче приміщення.

В якості технологічного агрегату для підігріву повітря в потоці застосовують, ТЕНи. Нехай, в якості такого підігрівника застосовується ТЕН потужністю 2 кВт. Для оснащення теплообмінника якісною системою автоматичного регулювання температури підігріву повітря слід побудувати математичну модель процесу осушення повітря. Для побудови моделі виберемо експериментальний підхід. У цьому випадку інформація про властивості ОУ «отримується» у ході спеціально організованих експериментів на діючих технологічних агрегатах за експериментальним даними. Ця математична модель повинна включати моделі динаміки та статички каналів перетворення координатних дій: каналів керування та контрольованих збурень, а також моделі збурень як стохастических (випадкових) процесів. Необхідно провести структурну та параметричну ідентифікацію цих моделей, а потім реалізувати ці моделі у середовищі імітаційного моделювання і підтвердити відповідність властивостей моделей властивостям технологічного агрегату як об'єкта керування. Рішенню перерахованих вище завдань і присвячена ця курсова робота.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ, РОЗРОБКА КОНЦЕПТУАЛЬНОЇ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТУ КЕРУВАННЯ

1.1 Короткий опис підприємства характеристика виробничої і господарської діяльності

Seeberger - компанія з виробництва горіхів, сухофруктів, кави та чаю, розташована в Ульмі.

Компанія займається сушкою та упаковкою сухофруктів, горіхів, обсмаженням кави та упаковкою їх в тару, для відправки кінцевим споживачам.

Заснована компанія в 1844 році Крістофером Зебергер.

В компанії є великі виробничі приміщення, для зберігання горіхів, сухофруктів та кави.

1.2 Вибір об'єкта для модернізації системи автоматизації, опис і аналіз реалізованого ним технологічного процесу і відповідного обладнання (технологічного агрегату)

Суть технологічного процесу – це цілеспрямоване перетворення продуктових і енергетичних потоків у спеціальному технологічному устаткуванні (ТУ) (машинах, апаратах, агрегатах). Суть технологічного процесу приготування відповідного температурно-вологісного режиму у виробничім приміщенні для зберігання сухофруктів та горіхів шляхом зрошення та осушення повітря до потрібної норми та подачі його в приміщення. Технологічний процес реалізується каналі забору та подачі повітря в промислове приміщення. Технологічна схема процесу наведена на рис. 1.1.

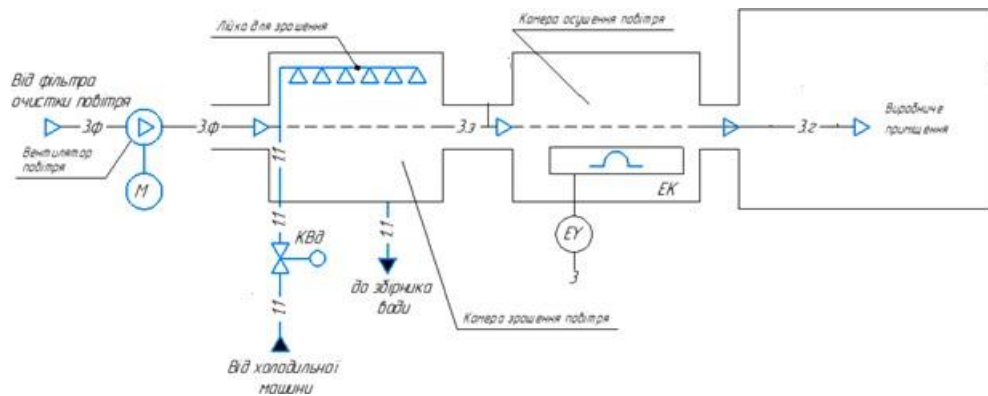


Рис. 1.1 – Апаратурно-технологічна схема процесу регулювання температурно-вологісного режиму повітря виробничого приміщення

Зовнішнє повітря вентилятором нагнітається до камери зрошування, де доводиться зрошуванням холодною водою до вологості 100% при температурі 14°C. Цим забезпечується такий вологовміст повітря, який при температурі 20°C дасть відносну вологість 60%. Доведене до потрібного вологовмісту повітря поступає до камери підігрівання, де підігрівається електронагрівачем до заданої температури. Кондиційоване повітря надходить до виробничого приміщення.

Електричні калорифери рис. 1.2 відносяться до сучасної системи обігріву, яка надає широкі можливості для підтримки оптимального мікроклімату в кімнаті, при цьому є ідеальною установкою, для того щоб встановити її проект. На сьогоднішній день профільний електричний нагрівач повітря відноситься до категорії найуніверсальніших рішень. Принцип роботи цього пристрою полягає в обігріві повітряного потоку за методикою вентиляції.

Електричний калорифер має кілька конструктивних елементів, кожен із яких має функціональність і відіграє важливу роль забезпечення повітря потрібним температурним показником.

Ключовим передавальним нагрівальним пристроєм моделі даного типу є тен. Варто зазначити, що за рахунок нього калорифер швидко нагріває потік повітря, при цьому відрізняючись максимальним коефіцієнтом збереження вологості в кімнаті.

Сучасні моделі калориферів включають регулюючий термостат, який відповідає за підтримку обраного температурного режиму в кімнаті, і включає калорифер, якщо це необхідно. Також у конструкціях універсальної категорії є спеціальні органи перемикання, щоб задати робочий режим у примусовому порядку.

Канальний нагрівач має захисну систему від перепаду напруги. Його робота ґрунтується на захисті від перегріву всіх робочих елементів та коробка пристрою. Кожен калорифер оптимізовано під сильні робочі умови та навіть екстремальні роботи. Саме тому ці електричні повітрянагрівачі мають максимально високий рівень власного захисту.

Вигоди придбання електричного калорифера полягають у наступному:

- В першу чергу відзначимо безпеку використання пристрою за рахунок численної захисної системи.
- Можливість налаштування температурного режиму.
- Максимальні показники енергозбереження.
- Постійне, або можна навіть сказати, що рівномірне нагрівання потоку повітря, що проходить через тен.

За умови, що всі вищезгадані фактори підходять під заявлені вимоги, електричний калорифер є найкращим пристроєм для нагрівання повітря в кімнаті.



Рис. 1.2 – Калорифер каналний

Мета ведення процесу температуно-вологісного режиму – подання повітря у виробниче приміщення із заданими показниками температури та вологи.

При промисловому виробництві досягнення мети може бути виправдано тільки тоді, коли технологічний процес має сенс реалізувати, коли виконується цілий ряд вимог до технологічного процесу.

Технологічний процес температуно-вологісного режиму доцільно реалізовувати, якщо:

- тиск води в водопроводі для зрошення повинне бути не меншим 0,2МПа;
- повинна бути електроенергія в колах живлення вентилятора нагнітання повітря та ТЕНа;

Зовнішнє повітря вентилятором нагнітається до камери зрошування, де доводиться зрошуванням холодною водою до вологості 100% при температурі 14°C. Цим забезпечується такий вологовміст повітря, який при температурі 20°C

дасть відносну вологість 60%. Доведене до потрібного вологовмісту повітря поступає до камери підігрівання, де підігрівається електронагрівачем до заданої температури. Кондиційоване повітря надходить до виробничого приміщення. Результати параметризації наведені на рис. 1.3.

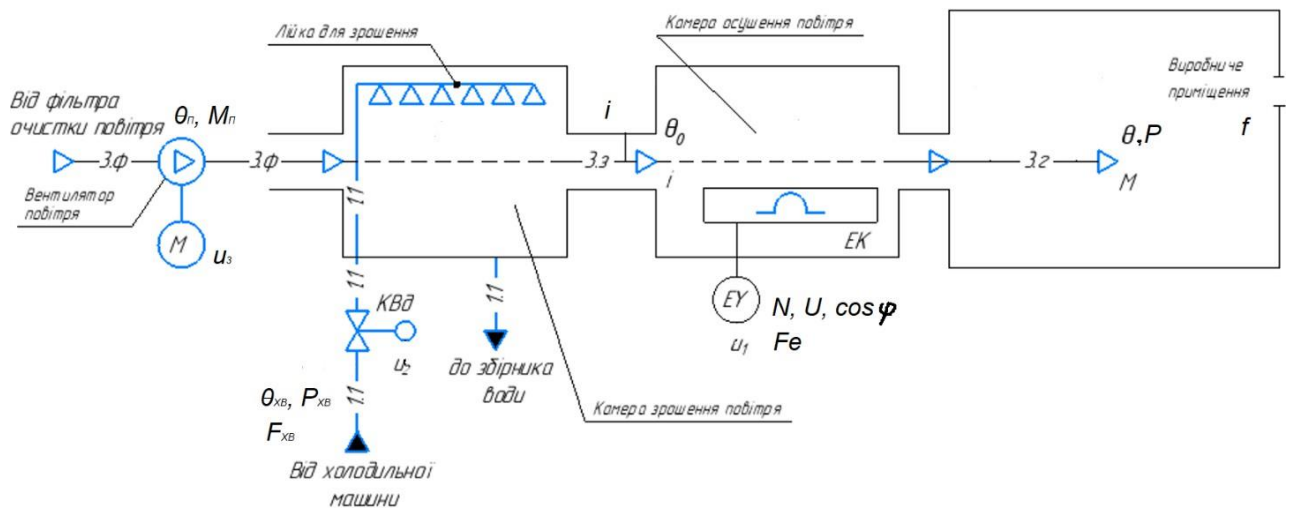


Рис. 1.3 – Параметризована технологічна схема процесу температурно-вологісного режиму

Позначення на параметризованій технологічній схемі:

- u_1 , % х.р.о. – положення регулюючого органу, що змінює потужність, що підводиться до електронагрівача;
- u_2 , % х.р.о. – положення регулюючого органу, що дроселює потік холодної води;
- u_3 , % х.р.о. – продуктивність приточного вентилятора;
- θ , °С – температура кондиційованого повітря;
- M , % – відносна вологість кондиційованого повітря;
- P , бар – надлишковий тиск у приміщенні;
- θ_0 , °С – температура повітря після камери зрощування;
- i , г / кг – вологовміст повітря після камери зрощування;
- θ_P , °С – температура зовнішнього повітря;
- M_P , % – відносна вологість зовнішнього повітря;
- $\theta_{хв}$, °С – температура холодної води;
- $P_{хв}$, МПа – тиск в трубопроводі холодної води;

$F_{хв}$, л / год – витрати холодної води;

N , кВт – максимальна потужність електронагрівача;

U , В – напруга в електромережі;

$\cos \varphi$ – частота в електромережі;

F_e , кВт / год – витрати електроенергії;

f , % – втрати тиску у приміщенні.

Основу нормативів складають три основних регламенти.

Технологічний регламент – визначає умови, при яких у результаті технологічного процесу буде отримано продукт із заданими властивостями. Він являє собою набір номінальних значень і допусків на відхилення від номіналу технологічних параметрів. Для технологічного процесу кондиціонування повітря у приміщенні температура та вологість повітря у приміщенні (θ , M), температура та вологовміст повітря після камери зрошування (θ_0 , i).

Експлуатаційний регламент – визначає умови нормальної безаварійної роботи технологічного обладнання. Він являє собою набір номінальних значень і допусків на відхилення експлуатаційних параметрів технологічного обладнання. Для технологічного процесу кондиціонування повітря у приміщенні до цієї групи параметрів відносять надлишковий тиск у приміщенні (P).

Техніко-економічний і екологічний регламент визначає умови ефективності ведення процесу і його екологічності. Він являє собою набір номінальних та гранично-припустимих значень техніко-економічних і екологічних параметрів. До цієї групи параметрів можна віднести витрати електроенергії (F_e) та витрати холодної води ($F_{хв}$).

Відхилення параметрів технологічного процесу від регламентних значень, що викликані зміною параметрів, характеризують умови ведення процесу навіть при досить ефективному керуванні процесом, можуть перевищувати встановлені допуски.

Відхилення температури повітря яке поступає в виробниче приміщення нижче граничного призведе до того що в приміщенні буде надто холодно і сиро, що може викликати розведення грибку та плісняви і інших непередбачуваних чинників а перевищення температури що в приміщенні буде надто гаряче і сухо що призведе до некомфортного перебування, та може призвести до зіпсуття продуктів які в ньому зберігаються. В обох випадках порушення регламенту веде до погіршення якості умов у виробничому приміщенні і навіть до неможливості в ньому довго знаходитись.

Відхилення тиску води в трубопроводі для зрошення повітря може призвести до того що повітря буде не зволожуватись або надмірного споживання води.

Допуски на відхилення поточних (режимних) значень регламентованих параметрів від номінальних прийнято розділяти і задавати у вигляді допусків на тривалі та короткочасні відхилення. Аналіз нормативів ведення технологічного процесу та експлуатації обладнання оформимо у вигляді таблиці регламентів 1.1.

Таблиця 1.1 – Таблиця регламентів

№ п/п	Найменування	Позначення	Одиниця вимірювання	Номінальні значення	Допустимі відхилення від номінала			Роль параметра
					Довготривалі		Короткочасні	
					Величина	Величина	Час	
1	Температура в приміщенні	θ	°C	22	±0,5	±2	120с	Забезпечує потрібну температуру
2	Відносна вологість в приміщенні	M	%	60	±1	±4	180с	Забезпечує потрібну вологість

Поточні значення нормативних параметрів завжди відрізняються від номінальних (і можуть виходити за межі допусків) внаслідок зміни умов, у яких

ведеться процес. Ці умови також характеризуються певними параметрами і можуть бути (для зручності) згруповані за деякими ознаками.

Сировинні параметри характеризують властивості продукту, що йде на переробку. До цієї групи параметрів віднесемо параметри очищеного повітря після фільтра, а саме його температуру ($\theta_{\text{П}}$) та відносну вологість ($M_{\text{п}}$).

Енергетичні параметри характеризують енергію, що підводить до технологічного встаткування ззовні й витрачається на зміну властивостей продуктів. До цієї групи параметрів віднесемо температуру ($\theta_{\text{хв}}$), тиск холодної води ($P_{\text{хв}}$), напруга (U) та частота ($\cos \varphi$) в електромережі.

Механічні (або інші специфічні) параметри технологічного обладнання характеризують стан її робочих органів. До цієї групи параметрів віднесемо положення регулюючого органу, що дроселює потік води (u_2) для зрошення, потужність, що підводиться до ТЕНу (u_1) та продуктивність приточного вентилятора (u_3), максимальна потужність електронагрівача (N), втрати тиску у приміщенні (f).

Параметризована схема ТП має змістовний характер. Формалізація опису взаємозв'язків між параметрами ТП досягається за рахунок переходу до формалізованої параметричної схеми ТП. При цьому ті параметри, які відображають мету функціонування об'єкту моделювання та додаткових вимог до нього, тобто регламентовані параметри будуть вихідними, а параметри, що відображають умови функціонування об'єкту – вхідними.

Зв'язок між вхідними і вихідними параметрами – причинно-наслідковий. У рамках даної схеми ці зв'язки задаються тільки на якісному рівні, згодом деякими зв'язками можна буде знехтувати, деякі представити опосередковано.

Параметрична схема процесу пастеризації соку наведена на рис. 1.4.

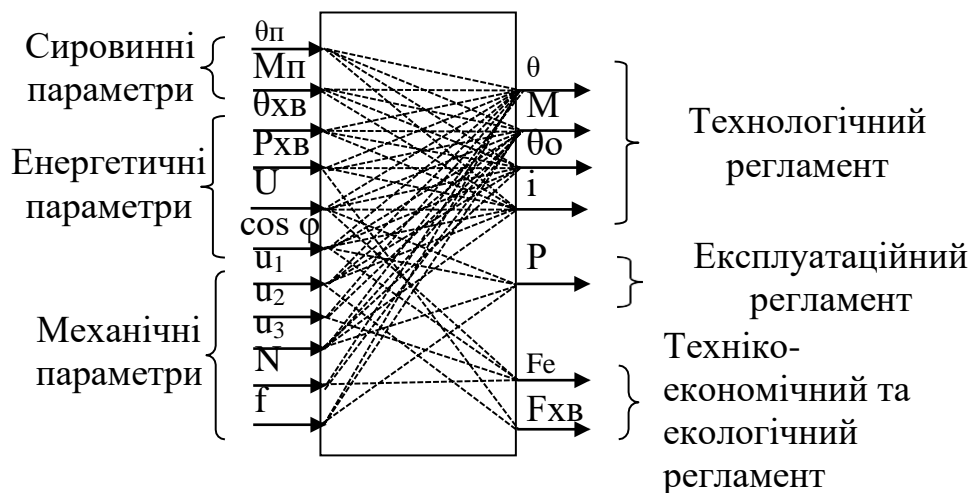


Рис. 1.4 – Параметрична схема кондиціонування повітря

1.3 Конкретизація мети модернізації системи

Для даної кваліфікаційної роботи, економічною метою є підвищення конкурентоспроможності компанії Seeberger.

Економічною метою роботи є підвищення конкурентоспроможності підприємства і прибутковості підприємства за рахунок підвищення якості регулювання регламентованих змінних та зменшення питомих витрат енергоресурсів при впровадженні модернізованої САК.

Як результат, після модернізації САК кондиціонування повітря, очікується зниження розходу холодоагенту у процесі виробництва приблизно на 9.31%. А також, зменшення витрат на води, приблизно на 10.2%. Система керування процесом кондиціонування повітря реалізується на базі технічних та програмних засобів з отриманням інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів, за допомогою ПК та МПК.

Система повинна реалізовувати наступні функції:

а) інформаційні:

- збір та обробка технологічної інформації;
- оперативне відображення технологічної інформації;
- зберігання технологічної інформації;

б) керуючі:

- стабілізація технологічних параметрів;

- вибір режимів керування;
- автоматичне логічне керування агрегатом в штатних та нештатних ситуаціях.

1.4 Висновок за розділом

Було зроблено опис та аналіз технологічного процесу кондиціонування повітря та необхідного обладнання.

Економічною метою роботи є підвищення конкурентоспроможності підприємства і прибутковості підприємства за рахунок підвищення якості регулювання регламентованих змінних та зменшення питомих витрат енергоресурсів при впровадженні модернізованої САК.

РОЗДІЛ 2. КОНКРЕТИЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ДОТРИМАННЯ РЕГЛАМЕНТІВ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ, РОЗРОБКА І РЕАЛІЗАЦІЯ КОМПЛЕКСУ ЙОГО МОДЕЛЕЙ ЯК ОБ'ЄКТА РЕГУЛЮВАННЯ

2.1 Розробка структурної (координатної) схеми об'єкта керування

Загальною метою функціонування підприємства в цілому є виконання планових завдань або договірних зобов'язань щодо номенклатури та обсягу продукції, а також отримання при цьому певного економічного ефекту.

Для процесу кондиціонування повітря в якості регульованої координати доцільно обрати температуру повітря яке надходить до виробничого приміщення θ та його відносну вологість M .

Необхідною умовою вирішення задач керування є наявність управляючих дій, що повинні бути входними змінними (координатами) ОК. Для задач регулювання, такими управляючими діями, насамперед, є дії, що цілеспрямовано можуть змінювати витрати матеріальних і енергетичних потоків, а саме – положення регульовальних органів. Кількість управляючих дій повинно бути рівним кількості регульованих змінних.

Для процесу регулювання температурно-вологісного режиму в виробничому приміщенні до управляючих дій доцільно віднести положення регульовального органу, що дроселює напругу на ТЕНі (u_1) та подачу води для зрошення (u_2).

Після того, як визначені управляючі дії, всі інші входні змінні відносять у розряд збурень, тобто таких дій середовища, зміна яких порушує хід технологічного процесу і режими роботи технологічного агрегату.

Для процесу контролю температурно-вологісного режиму повітря у приміщенні немає збурень, які доцільно віднести до контрольованих збурень. Тому всі входні дії, крім керуючих дій, віднесемо до неконтрольованих збурень f_1, f_2 .

Структурна схема ОК є черговим і останнім етапом формалізації подання технологічного процесу як ОК. Структурна схема ОК, по суті, є найбільш загальною (концептуальною) моделлю технологічного процесу як ОК. Структурна схема процесу контролю температурно-вологісного режиму наведена на рис. 2.1.

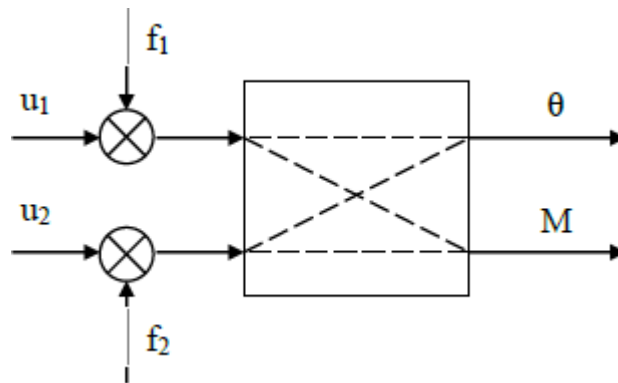


Рис. 2.1 – Структурна схема процесу контролю температурно-вологісного режиму як об'єкту регулювання

2.2 Ідентифікація моделей каналів перетворення координатних дій об'єкту керування

Перед початком експериментів доцільно на основі апріорних даних, виходячи з фізичної суті об'єкту, попередньо оцінити властивості каналів, моделі яких підлягають ідентифікації.

Для технологічного процесу контролю температурно-вологісного режиму як за каналом управління, так і за каналом контрольованого збурення ОК має властивість самовирівнювання, тому що технологічний процес є тепловим. Збільшення управляючої дії або тиску води для зрошування (контрольованого збурення) приведе до збільшення температури нагріву ТЕНу для осушення повітря (регульованої координати).

План активного експерименту

1. За допомогою зміни управляючих дій домагаємося значень регульованих координат, що перебували б в околицях їх номінальних значень.

Для нашого ОК значенням $u_1 = 60 \% \text{х.р.о.}$ та $u_2 = 60 \% \text{х.р.о.}$ будуть відповідати значення регульованих координат $\theta = 22^\circ\text{C}$, $M = 60\%$.

2. Чекаємо закінчення перехідних процесів в каналах та настання сталих режимів, при яких вихідні змінні перестануть змінюватися.

3. Змінимо управляючу дію u_1 ступінчастим чином на $10\% \text{х.р.о.}$, відзначивши при цьому момент початку його зміни.

4. Реєструємо зміну вихідних змінних до настання нових сталих режимів.

5. Повертаємо u_1 у вихідний стан, чекаємо закінчення перехідних процесів в каналах та настання сталих режимів.

6. Змінимо управляючу дію u_2 ступінчастим чином на $10\% \text{х.р.о.}$, відзначивши при цьому момент початку його зміни.

7. Реєструємо зміну вихідних змінних до настання нових сталих режимів.

Результати активного експерименту наведені на рис. 2.2.

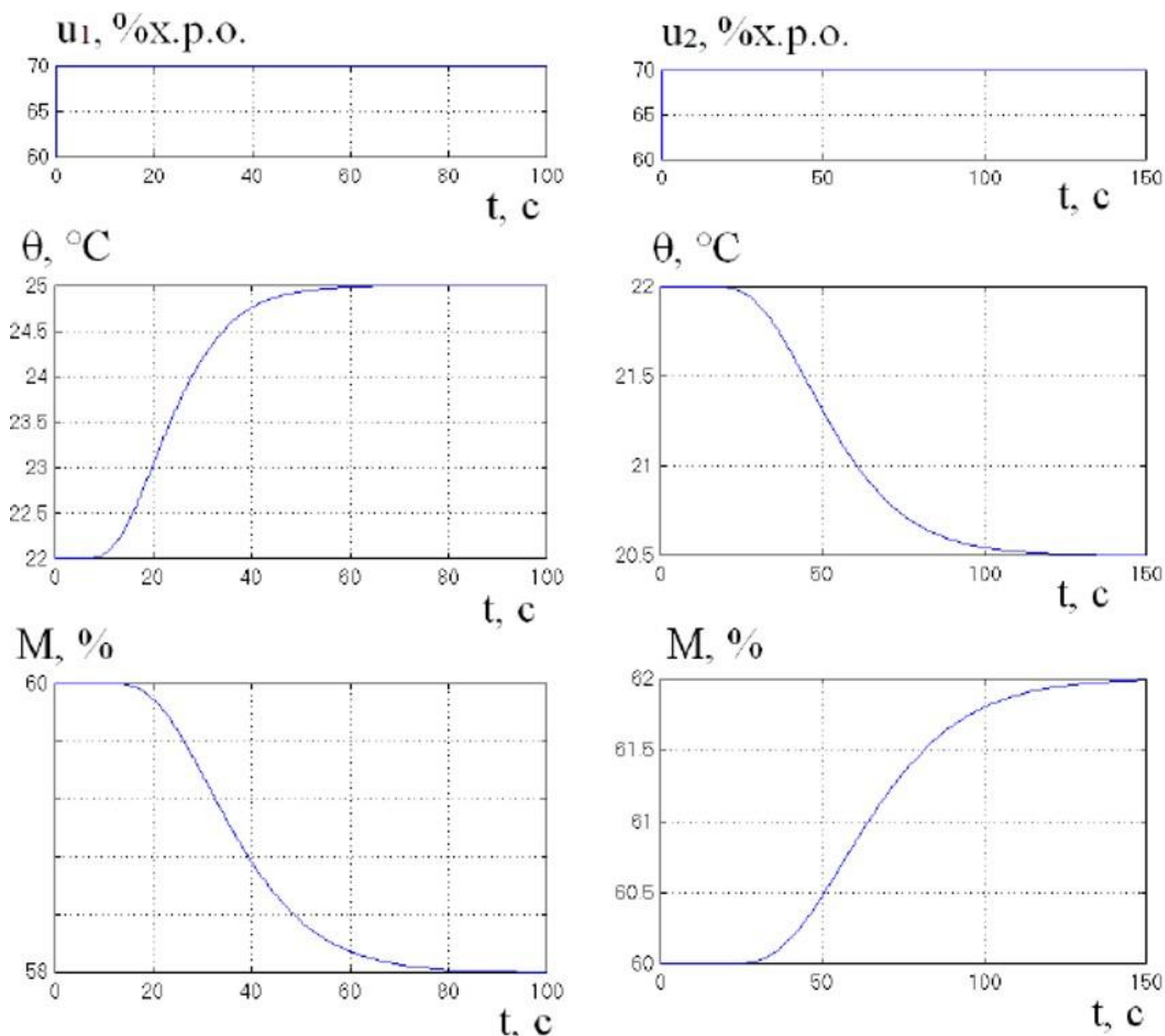


Рис. 2.2 – Результати активного експерименту

За результатами активного експерименту (рис. 2.2) можна зробити висновок, що канал управління нашого ОК має властивість самовирівнювання, а значить його модель може бути описана передаточними функціями: першого та другого порядку:

$$W_0(p) = \frac{K_0 \cdot e^{-c_0 p}}{T_0 \cdot p + 1}; \quad W_0(p) = \frac{K_0 \cdot e^{-c_0 p}}{(T_0 p + 1)^2}$$

Для параметричної ідентифікації моделей ОК зі статичними властивостями необхідно знайти коефіцієнт передачі ОК (K_0), сталу часу (T_0) і час запізнення (τ_0).

Канал « $u_1 - \theta$ »

Коефіцієнт передачі ОК визначають за формулою:

$$K_0 = \frac{\Delta\theta}{\Delta u_1} = \frac{25 - 22}{70 - 60} = 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}/\%x. p. o.$$

Для ідентифікації сталої часу та часу запізнення як для моделі 1-го порядку, так і для моделі 2-го порядків доцільно використовувати методики „двох загальних точок”.

Для моделі 1-го порядку проводимо графічні побудови (див. рис. 2.3), знаходимо $t_{0,33}$ і $t_{0,7}$.

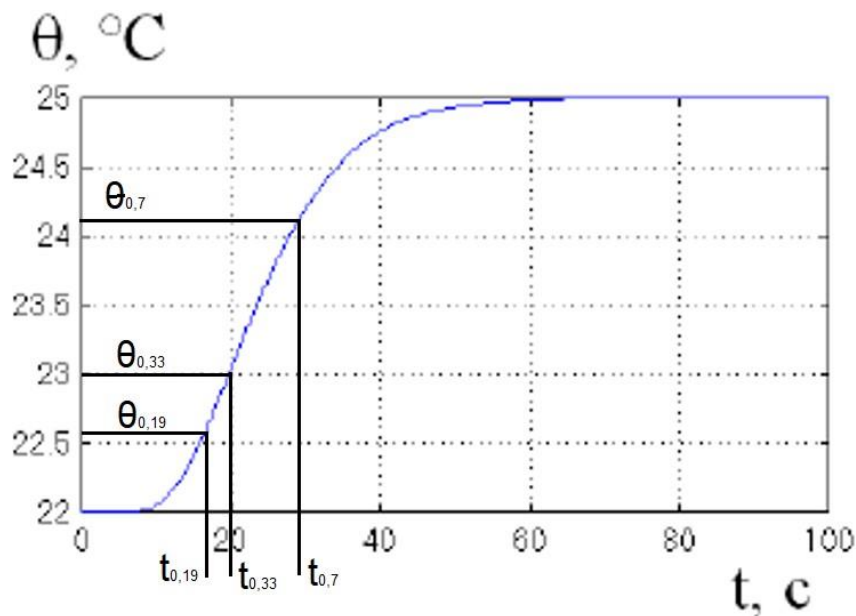


Рис. 2.3 – Параметрична ідентифікація моделі ОК за каналом « $u_1 - \theta$ »

$$t_{0,33} = 20 \text{ c};$$

$$t_{0,7} = 28,2 \text{ c}.$$

Тоді

$$r_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,33} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 20 - 28,2) = 15,9 \text{ c}$$

$$T_0 = (t_{0,7} - r_0)/1,2 = (28,2 - 15,9)/1,2 = 10,3 \text{ c}$$

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_0(p) = \frac{0,3 \cdot e^{-15,9p}}{10,3p + 1}$$

Для моделі 2-го порядку проводимо графічні побудови (див. рис. 2.3), знаходимо $t_{0,19}$.

$$t_{0,19} = 16,6 \text{ с.}$$

Тоді

$$r_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,19} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 16,6 - 28,2) = 10,8 \text{ с}$$

$$T_0 = (t_{0,7} - r_0)/2,4 = (28,2 - 10,8)/2,4 = 7,25 \text{ с}$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_0(p) = \frac{0,3 \cdot e^{-10,8p}}{(7,25p + 1)^2}$$

Канал « $u_1 - M$ »

Коефіцієнт передачі ОК визначають за формулою:

$$K_0 = \frac{\Delta M}{\Delta u_1} = \frac{58 - 60}{70 - 60} = -0,2 \text{ \% / \%х. р. о.}$$

Для ідентифікації сталої часу та часу запізнення як для моделі 1-го порядку, так і для моделі 2-го порядків доцільно використовувати методики „двох загальних точок”.

Для моделі 1-го порядку проводимо графічні побудови (див. рис. 2.4), знаходимо $t_{0,33}$ і $t_{0,7}$.

$$t_{0,33} = 30,6 \text{ с;}$$

$$t_{0,7} = 43,1 \text{ с.}$$

Тоді

$$r_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,33} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 30,6 - 43,1) = 24,4 \text{ с}$$

$$T_0 = (t_{0,7} - r_0)/1,2 = (43,1 - 24,4)/1,2 = 15,6 \text{ с}$$

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_0(p) = \frac{-0,2 \cdot e^{-24,4p}}{15,6p + 1}$$

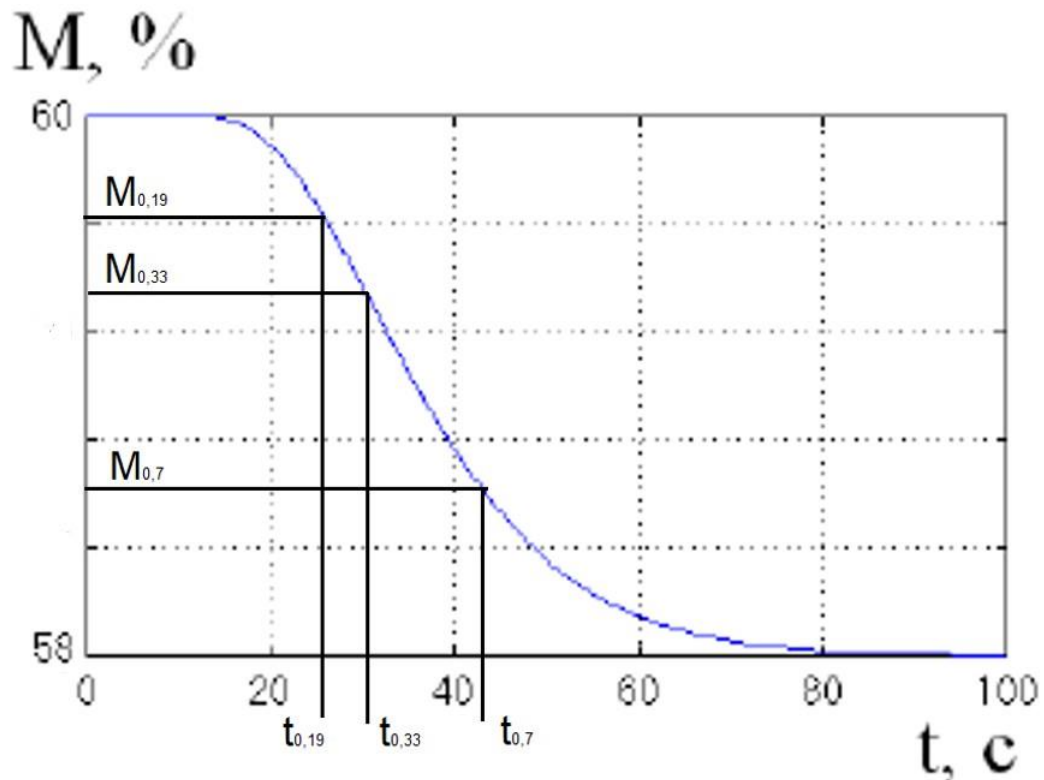


Рис. 2.4 – Параметрична ідентифікація моделі ОК за каналом « $u_1 - M$ »

Для моделі 2-го порядку проводимо графічні побудови (див. рис. 2.2), знаходимо $t_{0,19}$.

$$t_{0,19} = 25,8 \text{ с.}$$

Тоді

$$r_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,19} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 25,8 - 43,1) = 17,2 \text{ с}$$

$$T_0 = (t_{0,7} - r_0)/2,4 = (43,1 - 17,2)/2,4 = 10,8 \text{ с}$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_0(p) = \frac{-0,2 \cdot e^{-17,2p}}{(10,8p + 1)^2}$$

Канал « $u_2 - \theta$ »

Коефіцієнт передачі ОК визначають за формулою:

$$K_0 = \frac{\Delta\theta}{\Delta u_2} = \frac{20,5 - 22}{70 - 60} = -0,15 \text{ } ^\circ\text{C}/\% \text{ x. p. o.}$$

Для ідентифікації сталої часу та часу запізнення як для моделі 1-го порядку, так і для моделі 2-го порядків доцільно використовувати методики „двох загальних точок”.

Для моделі 1-го порядку проводимо графічні побудови (див. рис. 2.5), знаходимо $t_{0,33}$ і $t_{0,7}$.

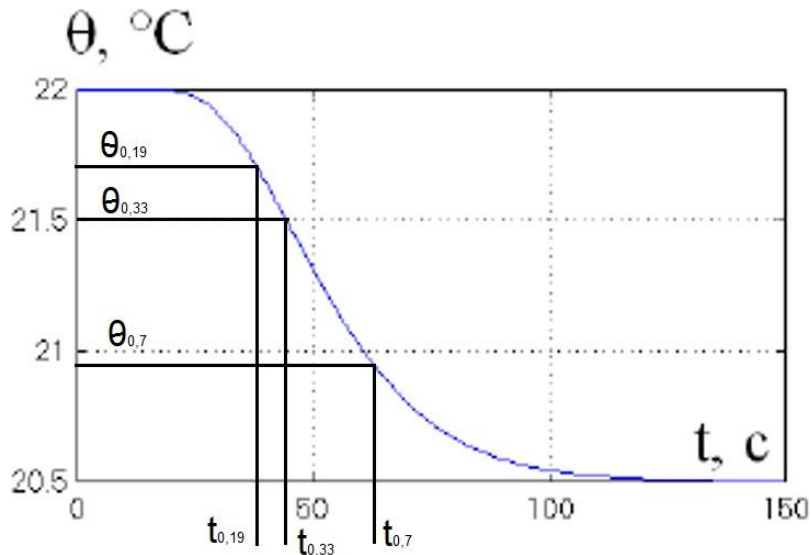


Рис. 2.5 – Параметрична ідентифікація моделі ОК за каналом « $u_2 - \theta$ »

$$t_{0,33} = 44,1 \text{ с};$$

$$t_{0,7} = 62,6 \text{ с}.$$

Тоді

$$r_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,33} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 44,1 - 62,6) = 34,9 \text{ с}$$

$$T_0 = (t_{0,7} - r_0)/1,2 = (62,6 - 34,9)/1,2 = 23,1 \text{ с}$$

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_0(p) = \frac{-0,15 \cdot e^{-34,9p}}{23,1p + 1}$$

Для моделі 2-го порядку проводимо графічні побудови (див. рис. 2.5), знаходимо $t_{0,19}$.

$$t_{0,19} = 38,1 \text{ с}.$$

Тоді

$$r_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,19} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 38,1 - 62,6) = 25,9 \text{ с}$$

$$T_0 = (t_{0,7} - r_0)/2,4 = (62,6 - 25,9)/2,4 = 15,3c$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_0(p) = \frac{-0,15 \cdot e^{-25,9p}}{(15,3p + 1)^2}$$

Канал « $u_2 - M$ »

Коефіцієнт передачі ОК визначають за формулою:

$$K = \frac{\Delta M}{\Delta u_2} = \frac{62 - 60}{70 - 60} = 0,2 \text{ \%} / \text{ \%х. р. о.}$$

Для ідентифікації сталої часу та часу запізнення як для моделі 1-го порядку, так і для моделі 2-го порядків доцільно використовувати методики „двох загальних точок”.

Для моделі 1-го порядку проводимо графічні побудови (див. рис. 2.6), знаходимо $t_{0,33}$ і $t_{0,7}$.

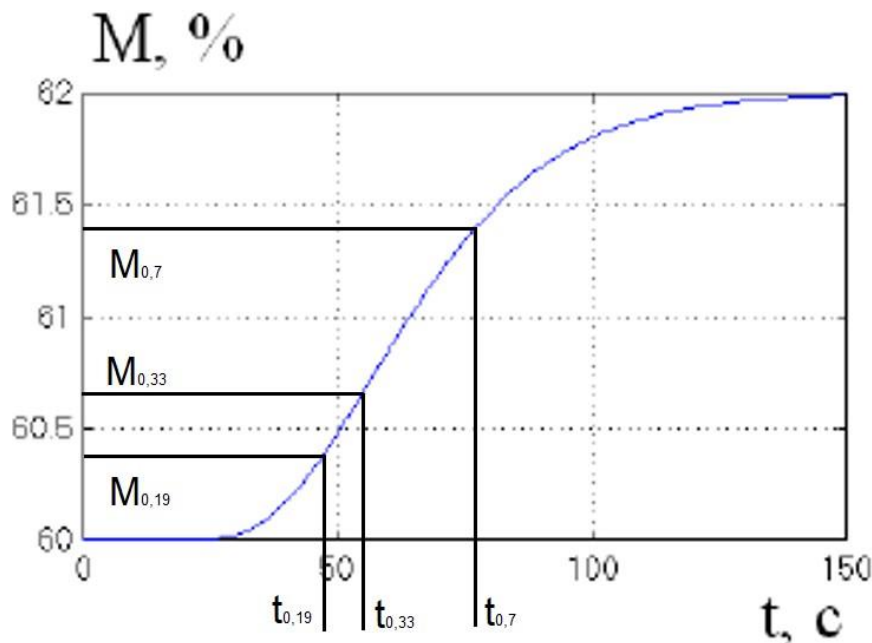


Рис. 2.6 – Параметрична ідентифікація моделі ОК за каналом « $u_2 - M$ »

$$t_{0,33} = 55 \text{ c};$$

$$t_{0,7} = 76,9 \text{ c.}$$

Тоді

$$r_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,33} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 55 - 76,9) = 44 \text{ с}$$

$$T_0 = (t_{0,7} - r_0)/1,2 = (76,9 - 44)/1,2 = 27,4 \text{ с}$$

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_0(p) = \frac{0,2 \cdot e^{-44p}}{27,3p + 1}$$

Для моделі 2-го порядку проводимо графічні побудови (див. рис. 2.6), знаходимо $t_{0,19}$.

$$t_{0,19} = 47,6 \text{ с.}$$

Тоді

$$r_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,19} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 47,6 - 76,9) = 33 \text{ с}$$

$$T_0 = (t_{0,7} - r_0)/2,4 = (76,9 - 33)/2,4 = 18,3 \text{ с}$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_0(p) = \frac{0,2 \cdot e^{-33p}}{(18,3p + 1)^2}$$

Статичні властивості ОК описуються статичними характеристиками (моделями) каналів. Вони відбивають взаємозв'язок між вхідними і вихідними координатами (перемінними) каналів ОК в статично сталих режимах, тобто після загасання всіх перехідних складових цих перемінних.

Кінцевим результатом ідентифікації математичної моделі статички є установлення функціональної залежності виду $y = \Phi(\vec{x})$ на основі експериментальних даних, де $x \in \{ \vec{u}, f \}$ – вхідні змінні ОУ.

Планування активного експерименту на об'єкті для реалізації обраного методу та відображення результатів натурального або уявного експериментів у вигляді оцінок статичних характеристик.

Суть планування експерименту полягає у виборі діапазонів зміни факторів, кроку збільшення факторів, послідовності їх зміни та числа повторів цих змін.

А. Діапазони зміни факторів в експерименті фактично визначає діапазон, де отримана модель може коректно використовуватися. Тому вони повинні відповідати реальним діапазонам зміни змінними, обумовлених факторами.

Б. Крок факторів повинен бути такими, щоб при перекритті необхідного діапазону їх зміни кількість дослідів не була б занадто великою або малою – найчастіше рекомендується 3...6 дослідів.

В. Кількість повторів (для компенсації випадкової складової) визначається інтенсивністю випадкових складових у вхідних і вихідних змінних ОК, кількістю факторів (цілеспрямовано змінюваних вхідних змінних) витратами часу та інших обставин. Кількість повторів приймається рівною 3...5. У деяких випадках повторів можна не робити взагалі.

Г. Послідовність зміни факторів особливо при їх великій кількості доцільно вибрати такою, щоб рандомизувати експеримент, тобто додати випадковій властивості ходу експерименту. Це можна зробити за рахунок запланованої заздалегідь випадкової зміни послідовності зміни факторів і, можливо, величин їх збільшень. Така організація експерименту дозволить “не пропустити” особливостей властивостей об'єкту, що при однакових з'єднаннях факторів при повторах можуть не виявитися. У найпростіших випадках можна використовувати і регулярні плани.

Результати експерименту для визначення статичної характеристики ОК зведено в таблицю 2.1 і на рис. 2.7 – 2.10.

Таблиця 2.1 – Результати експерименту для визначення статичної характеристики ОК

№ експерименту	u_1 , %х.р.о.	u_2 , %х.р.о.	θ , °С	М, %
1	60	60	22	60
2	70	60	25	58
3	80	60	28	56
4	50	60	19	62
5	40	60	16	64
6	60	70	20,5	62
7	60	80	19	64
8	60	50	23,5	58
9	60	40	25	56

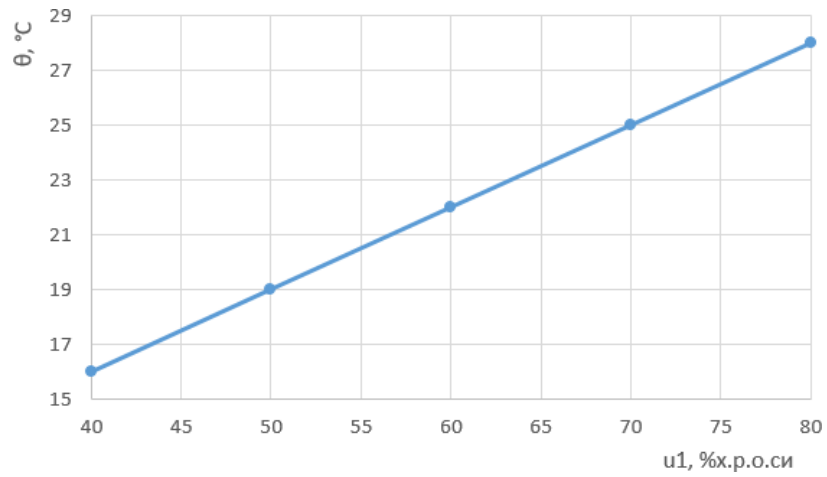


Рис. 2.7 – Результати експерименту для визначення статичної характеристики ОК за каналом « $u_1 - \theta$ »

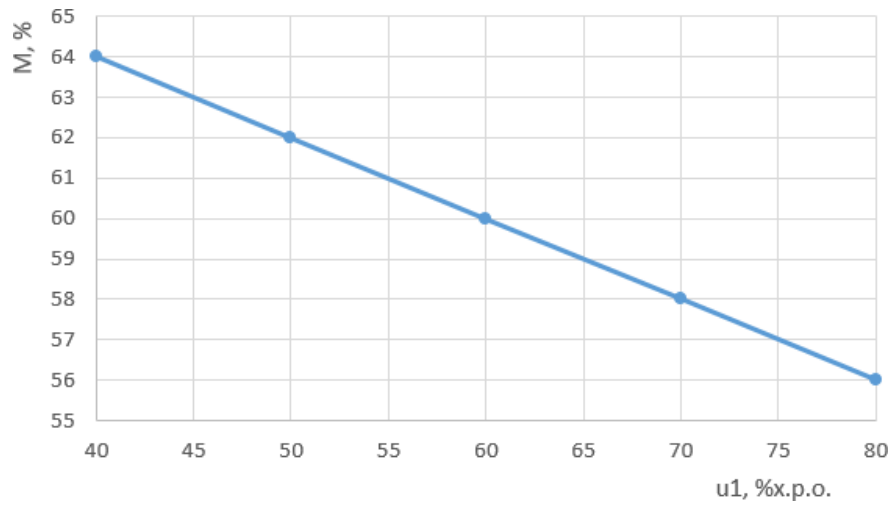


Рис. 2.8 – Результати експерименту для визначення статичної характеристики ОК за каналом « $u_1 - M$ »

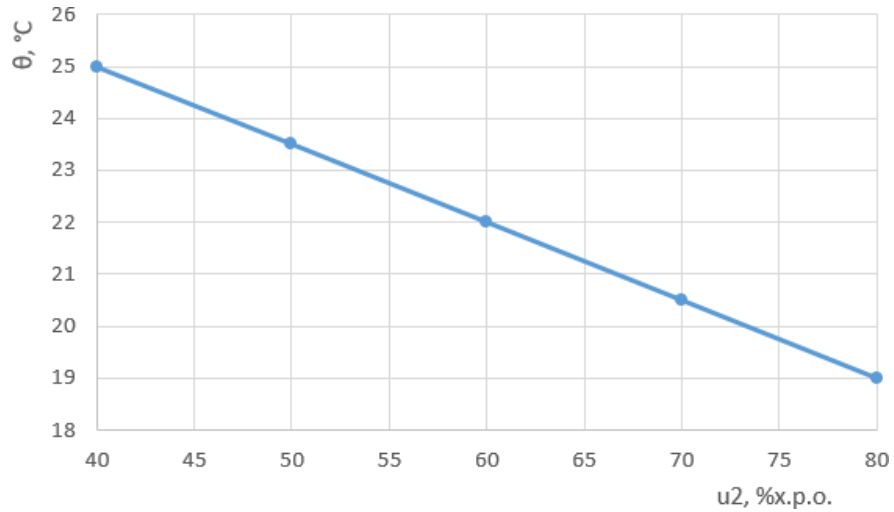


Рис. 2.9 – Результати експерименту для визначення статичної характеристики ОК за каналом «u₂ – θ»

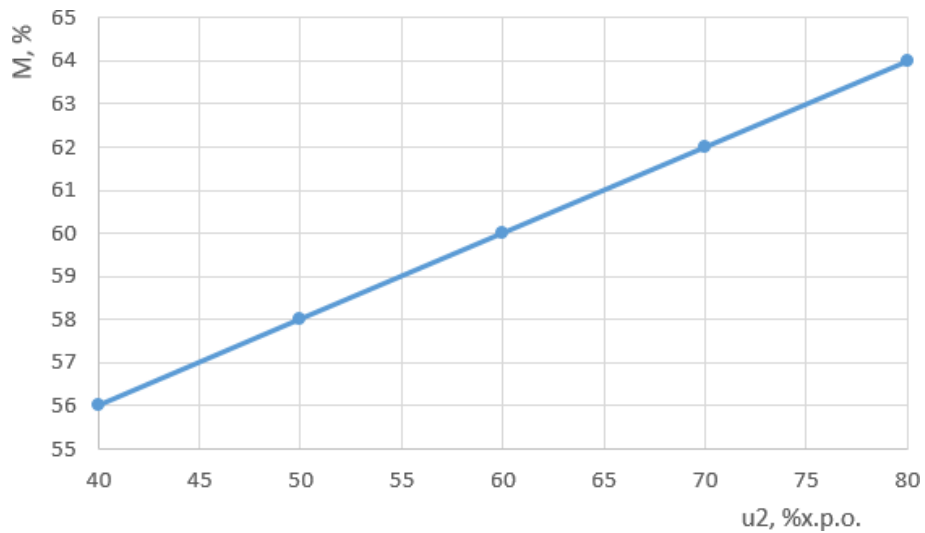


Рис. 2.10 – Результати експерименту для визначення статичної характеристики ОК за каналом «u₂ – M»

Для досліджуваного ОК статичні характеристики можуть бути описані лінійними залежностями виду:

$$\theta = a_1 \cdot u_1 + a_2 \cdot u_2 + a_0$$

$$M = b_1 \cdot u_1 + b_2 \cdot u_2 + b_0$$

Параметри a_1, a_2, b_1, b_2 були визначені в процесі ідентифікації в підрозділі 2.2. При цьому $a_1 = K_{u_1-\theta} = 0,3 \text{ } ^\circ\text{C}/\% \text{х.р.о.}$, $a_2 = K_{u_2-\theta} = -0,15 \text{ } ^\circ\text{C}/\% \text{х.р.о.}$, $b_1 = K_{u_1-M} = -0,2 \text{ } \%/ \% \text{х.р.о.}$, $b_2 = K_{u_2-M} = 0,2 \text{ } \%/ \% \text{х.р.о.}$,

Параметр a_0 можна визначити із залежності:

$$a_0 = \theta - a_1 \cdot u_1 - a_2 \cdot u_2 = 22 - 0,3 \cdot 60 + 0,15 \cdot 60 = 13 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$b_0 = M - b_1 \cdot u_1 - b_2 \cdot u_2 = 60 + 0,2 \cdot 60 - 0,2 \cdot 60 = 60 \text{ } \%$$

Отже, статичні характеристики досліджуваного ОК будуть описані залежностями:

$$\theta = 0,3 \cdot u_1 - 0,15 \cdot u_2 + 13$$

$$M = -0,2 \cdot u_1 + 0,2 \cdot u_2 + 60$$

2.3 Реалізація моделей у середовищі імітаційного моделювання і підтвердження їх відповідності експериментальним даним

У цьому підрозділі роботи в пакеті Simulink середовища Матлаб для каналів ОК розроблялися схеми моделювання як для моделей 1-го, так і для моделей 2-го порядку.

Канал « $u_1 - \theta$ »

Передаточна функція моделі 1-го порядку

$$W_0(p) = \frac{0,3 \cdot e^{-15,9p}}{10,3p + 1}$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку ОК буде мати вигляд:

$$W_0(p) = \frac{0,3 \cdot e^{-10,8p}}{(7,25p + 1)^2}$$

Моделі повинні мати один вхід, вихід моделей виводиться на графік в одній системі координат. У цю ж систему координат зводяться експериментальні дані. Для додавання в схему експериментальних даних попередньо готують експериментальні дані в табличному виді і реалізують їх у компоненті Look-Up-Table. Для досліджуваного каналу ОК експериментальні дані зведено в таблицю 2.2. Схема моделювання каналу управління ОК наведена на рис. 2.11. Результати моделювання наведені на рис. 2.12.

Таблиця 2.2 – Експериментальні дані

t, c	$\theta, ^\circ\text{C}$	t, c	$\theta, ^\circ\text{C}$
0	22	40	24,76
8	22	45	24,86
10	22,06	50	24,93
15	22,4	55	24,97
20	23,06	60	24,99
25	23,67	65	25
30	24,19	70	25
35	24,54	80	25

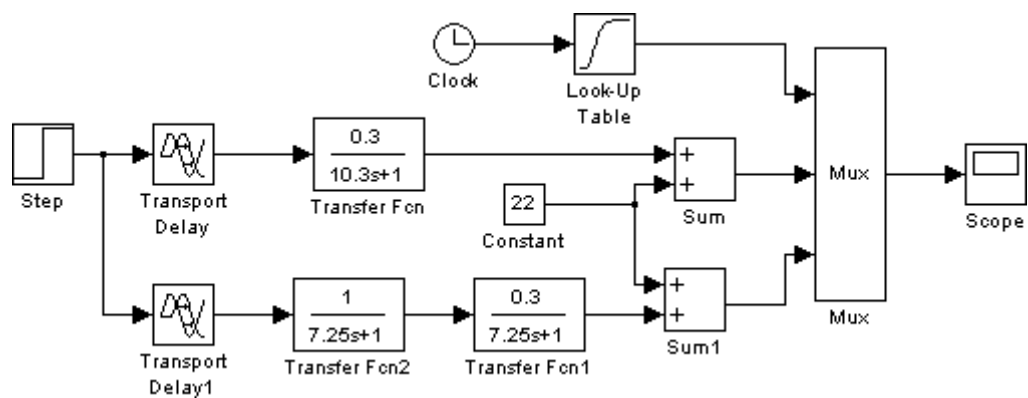


Рис. 2.11 – Схема моделювання каналу « $u_1 - \theta$ » ОК

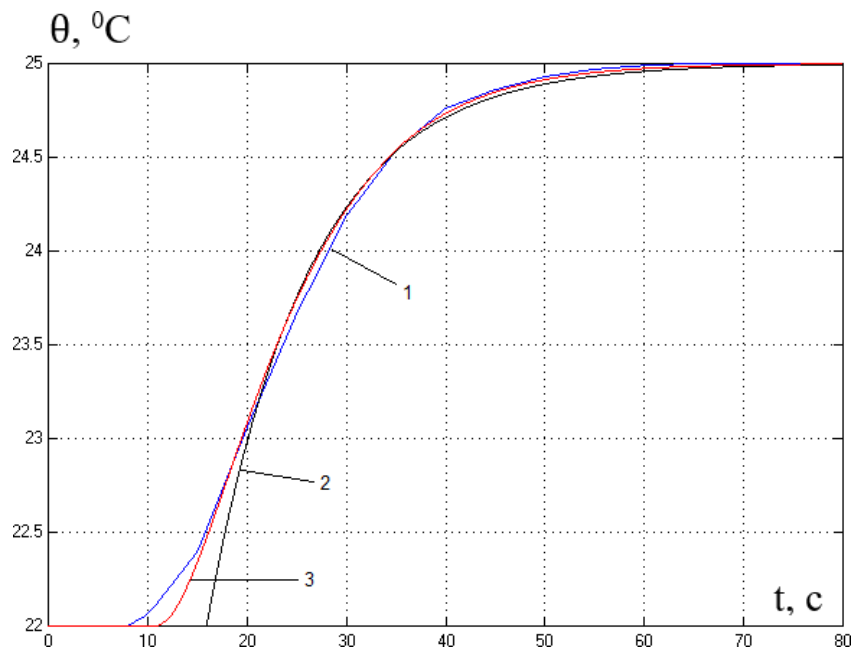


Рис. 2.12 – Результати моделювання ОК по каналу « $u_1 - \theta$ »: 1 – експериментальні дані; 2 – модель 1-го порядку; 3 – модель 2-го порядку

Канал « $u_1 - M$ »

Передаточна функція моделі 1-го порядку:

$$W_0(p) = \frac{-0,2 \cdot e^{-24,4p}}{15,6p + 1}$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку:

$$W_0(p) = \frac{-0,2 \cdot e^{-17,2p}}{(10,8p + 1)^2}$$

Для досліджуваного каналу ОК експериментальні дані зведено в таблицю 2.3. Схема моделювання каналу управління ОК наведена на рис. 2.13. Результати моделювання наведені на рис. 2.14.

Таблиця 2.3 – Експериментальні дані

t, c	M, %	t, c	M, %
0	60	45	58,548
13,9	60	50	58,364
15	59,986	55	58,242
20	59,89	60	58,15
25	59,68	70	58,058
30	59,388	80	58
35	59,068	90	58
40	58,768	100	58

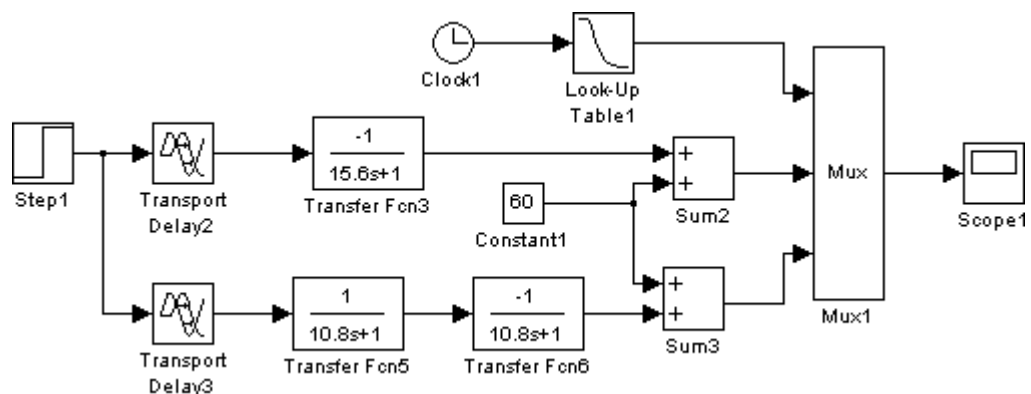


Рис. 2.13 – Схема моделювання каналу « $u_1 - M$ » ОК

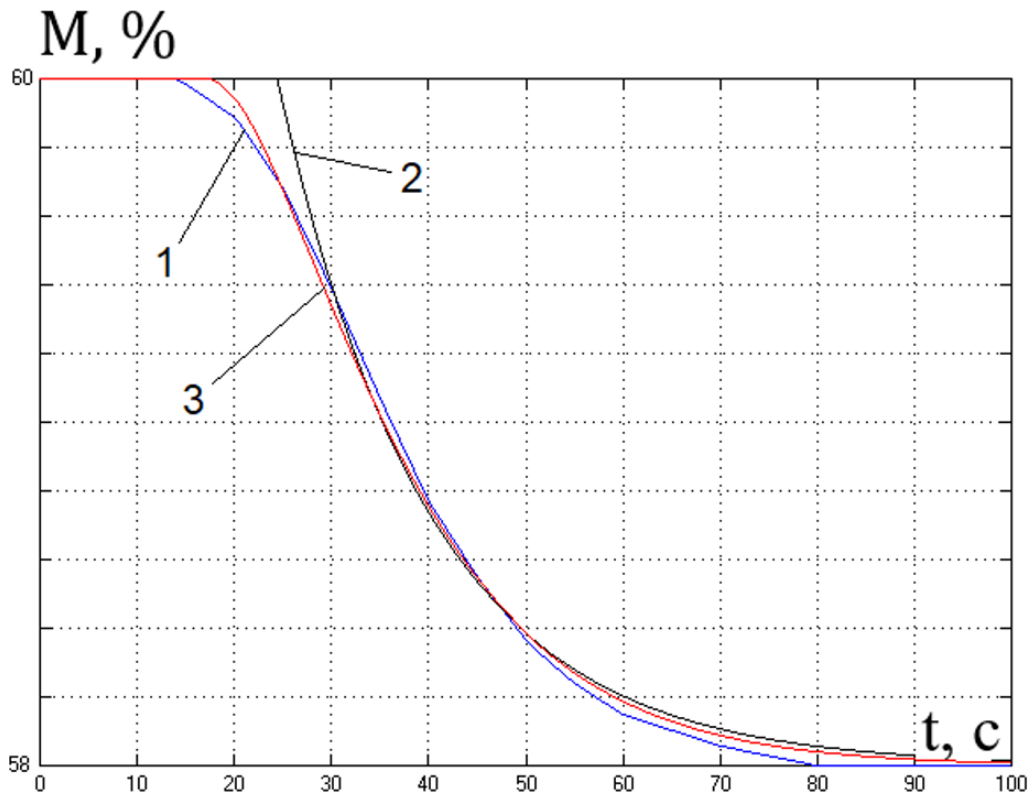


Рис. 2.14 – Результати моделювання ОК по каналу « $u_1 - M$ »: 1 – експериментальні дані; 2 – модель 1-го порядку; 3 – модель 2-го порядку

Канал « $u_2 - \theta$ »

Передаточна функція моделі 1-го порядку:

$$W_0(p) = \frac{-0,15 \cdot e^{-34,9p}}{23,1p + 1}$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку:

$$W_0(p) = \frac{-0,15 \cdot e^{-25,9p}}{(15,3p + 1)^2}$$

Для досліджуваного каналу ОК експериментальні дані зведено в таблицю 2.4. Схема моделювання каналу управління ОК наведена на рис. 2.15. Результати моделювання наведені на рис. 2.16.

Таблиця 2.4 – Експериментальні дані

t, c	θ , °C	t, c	θ , °C
0	22	75	20,7
19,8	22	80	20,65
25	21,97	85	20,6
30	21,89	90	20,58
35	21,77	95	20,55
40	21,62	100	20,54
45	21,45	110	20,52
50	21,31	120	20,5
55	21,12	130	20,5
60	20,98	140	20,5
65	20,88	150	20,5
70	20,77		

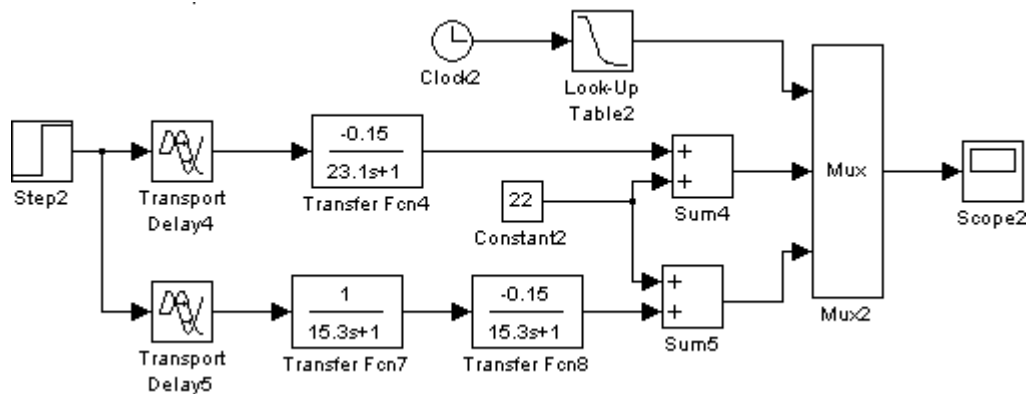


Рис. 2.15 – Схема моделювання каналу « $u_2 - \theta$ » ОК

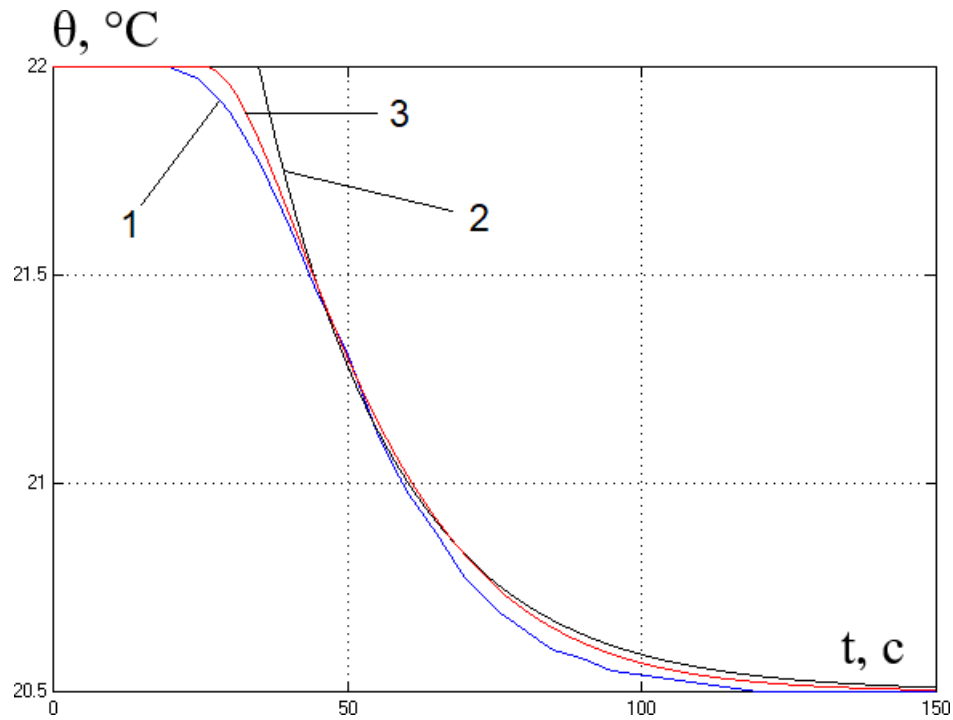


Рис. 2.16 – Результати моделювання ОК по каналу « $u_2 - \theta$ »: 1 – експериментальні дані; 2 – модель 1-го порядку; 3 – модель 2-го порядку

Канал « $u_2 - M$ »

Передаточна функція моделі 1-го порядку:

$$W_0(p) = \frac{0,2 \cdot e^{-44p}}{27,3p + 1}$$

Передаточна функція моделі 2-го порядку:

$$W_0(p) = \frac{0,2 \cdot e^{-33p}}{(18,3p + 1)^2}$$

Для досліджуваного каналу ОК експериментальні дані зведено в таблицю 2.5. Схема моделювання каналу управління ОК наведена на рис. 2.17. Результати моделювання наведені на рис. 2.18

Таблиця 2.5 – Експериментальні дані

t, c	M, %	t, c	M, %
0	60	90	61,67
27,3	60	100	61,81
30	60,02	110	61,88
40	60,16	120	61,94
50	60,49	130	61,97
60	60,85	140	61,99
70	61,19	150	62
80	61,46	160	62

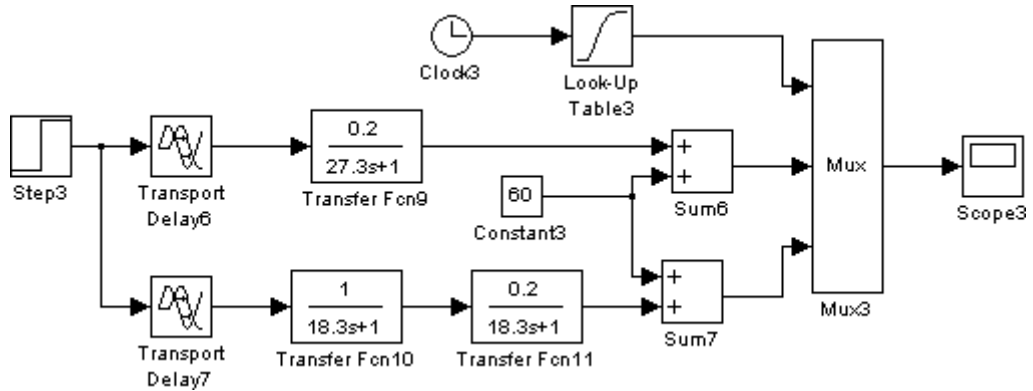


Рис. 2.17 – Схема моделювання каналу « $u_2 - M$ » ОК

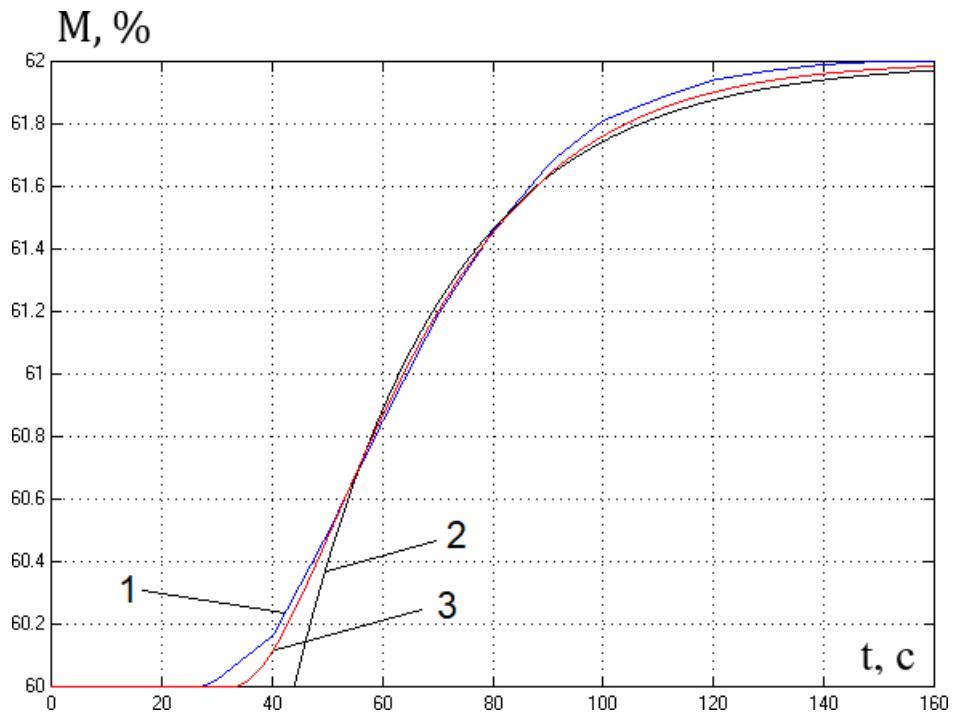


Рис. 2.18 – Результати моделювання ОК по каналу « $u_2 - M$ »: 1 – експериментальні дані; 2 – модель 1-го порядку; 3 – модель 2-го порядку

Моделі статичних характеристик:

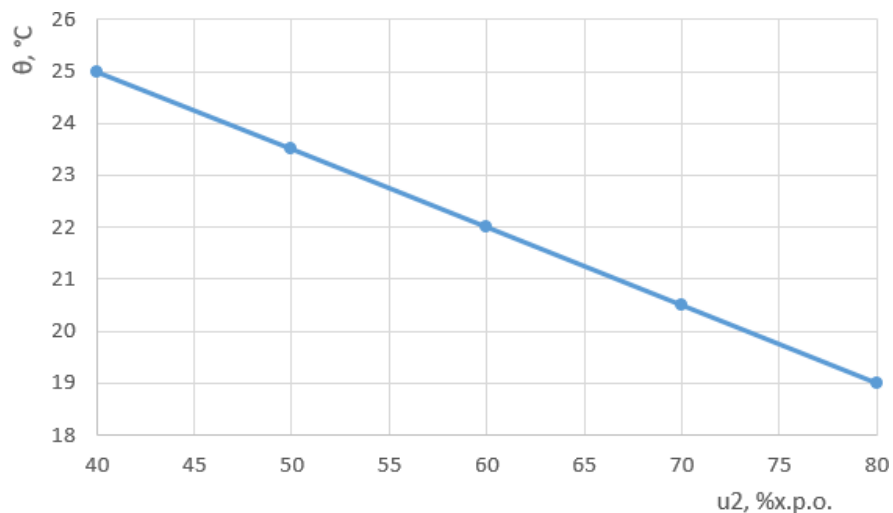
$$\theta = 0,3 \cdot u_1 - 0,15 \cdot u_2 + 13$$

$$M = -0,2 \cdot u_1 + 0,2 \cdot u_2 + 60$$

Для виконання цього розділу роботи скористаємося можливостями додатка MS Excel. Експериментальні дані для перевірки моделі статички наведені в таблиці 2.1, результати розрахунків зведені в таблицю 2.6 та на рис. 2.19. Як видно з таблиці та рисунку, результати моделювання достатньо точно повторюють експериментальні дані, а, отже, модель є правильною.

Таблиця 2.6 – Результати розрахунку моделі статички

u_1 , %х.р.о.	u_2 , %х.р.о.	θ , °C	M, %	θ_M , °C	M _м , %
60	60	22	60	22	60
70	60	25	58	25	58
80	60	28	56	28	56
50	60	19	62	19	62
40	60	16	64	16	64
60	70	20,5	62	20,5	62
60	80	19	64	19	64
60	50	23,5	58	23,5	58
60	40	25	56	25	56



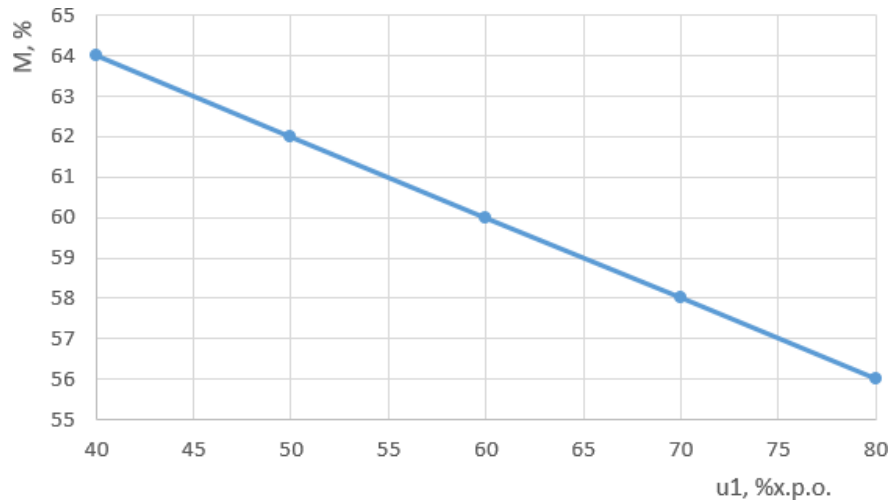


Рис. 2.19 – Результати розрахунку моделі статички

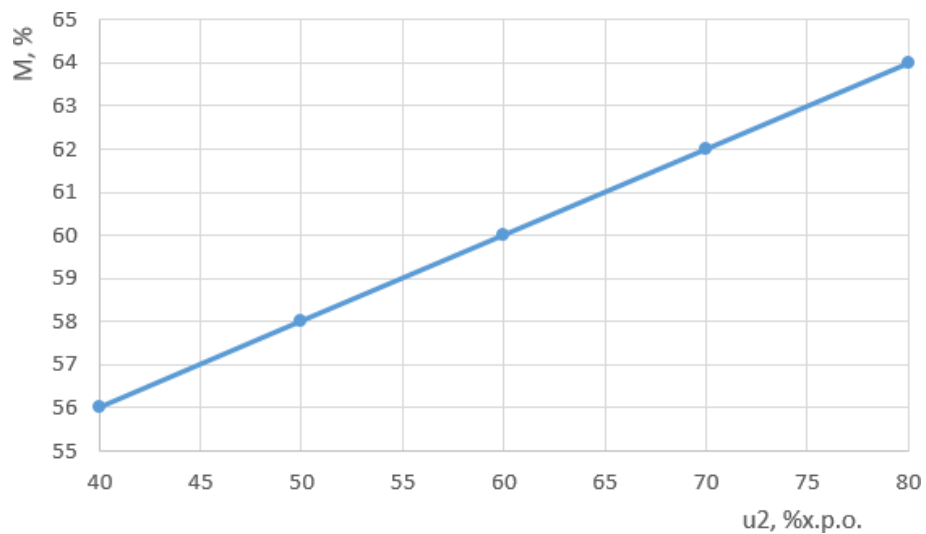


Рис. 2.19 (закінчення) – Результати розрахунку моделі статички

Для реалізації повної моделі ОК об'єднаємо моделі динаміки і статички каналів ОК. Схема моделювання в середовищі Матлаб, що відображує модель ОК, наведена на рис. 2.20, а результати моделювання – на рис. 2.21.

Як видно з результатів моделювання, модель ОК достатньо точно відображує експериментальні дані. Це означає, що отримана модель ОК є адекватною.

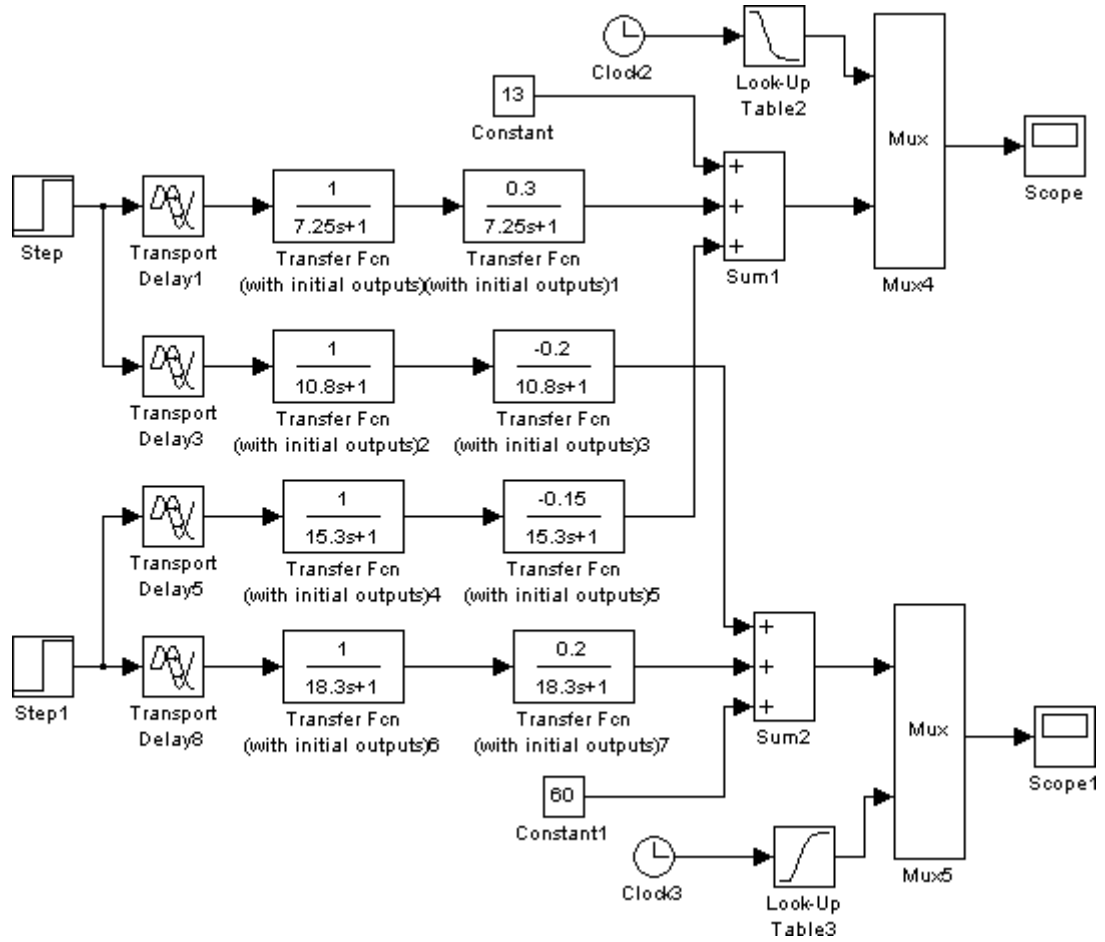


Рис. 2.20 – Схема моделювання

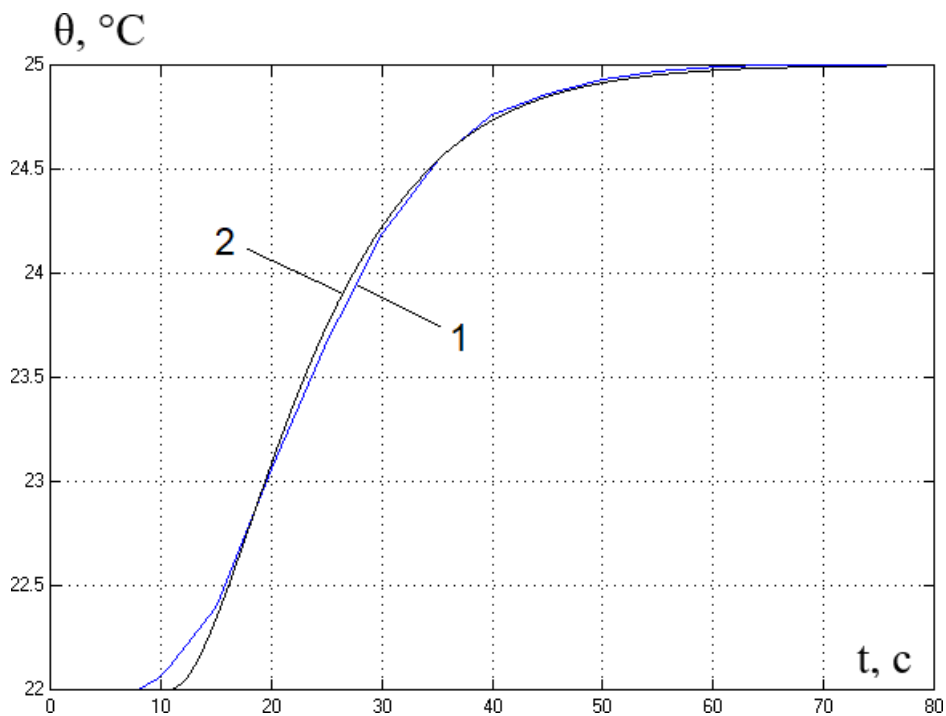


Рис. 2.21 – Результати моделювання ОК: 1 – експериментальні дані; 2 – модель

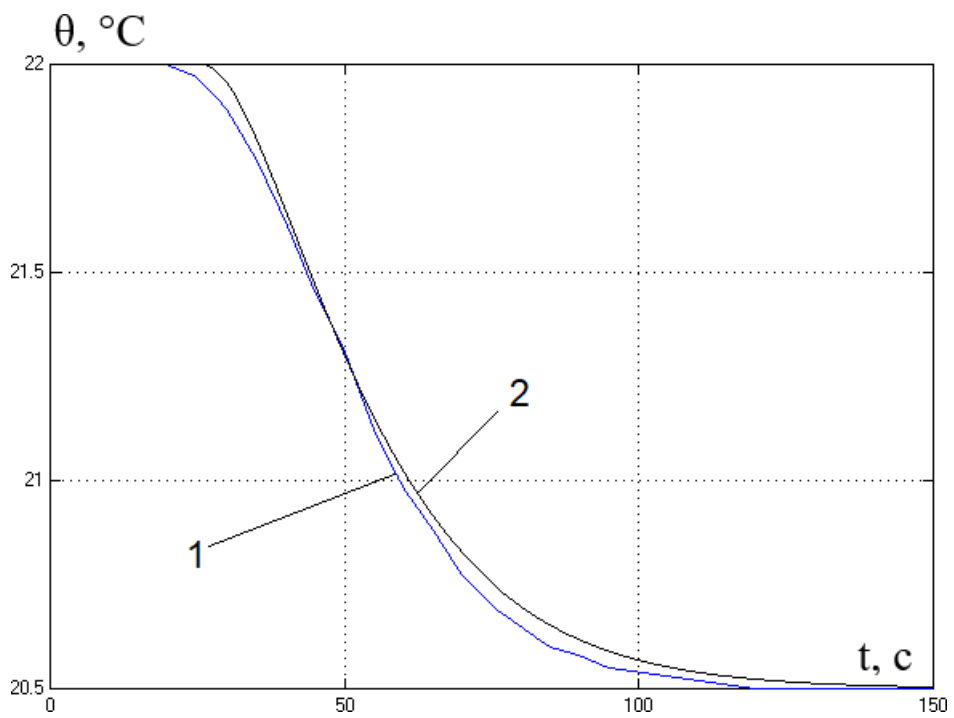
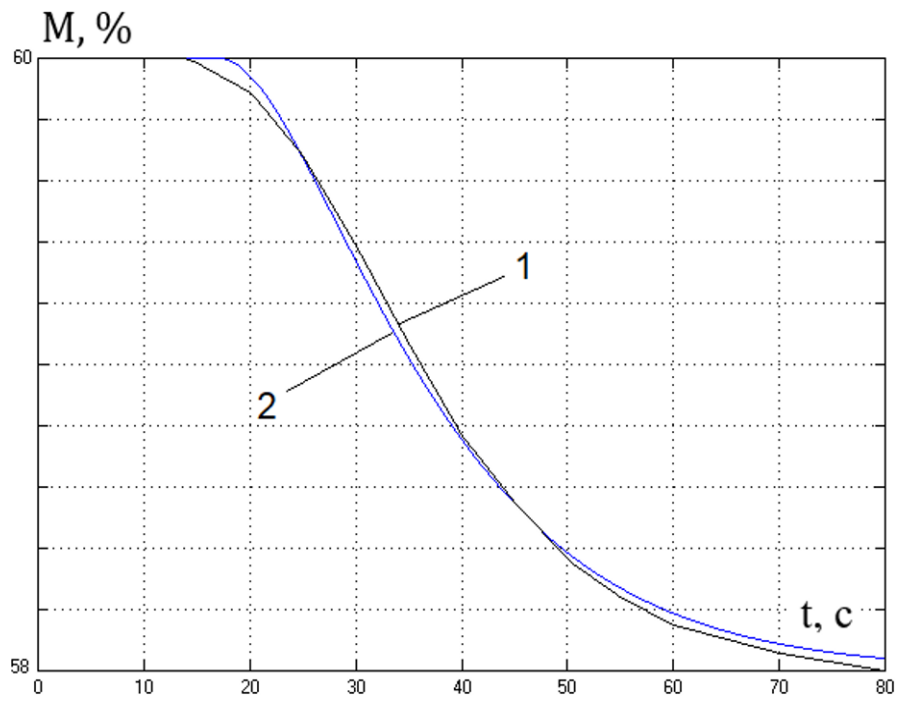


Рис. 2.21 (продовження) – Результати моделювання ОК: 1 – експериментальні дані; 2 – модель

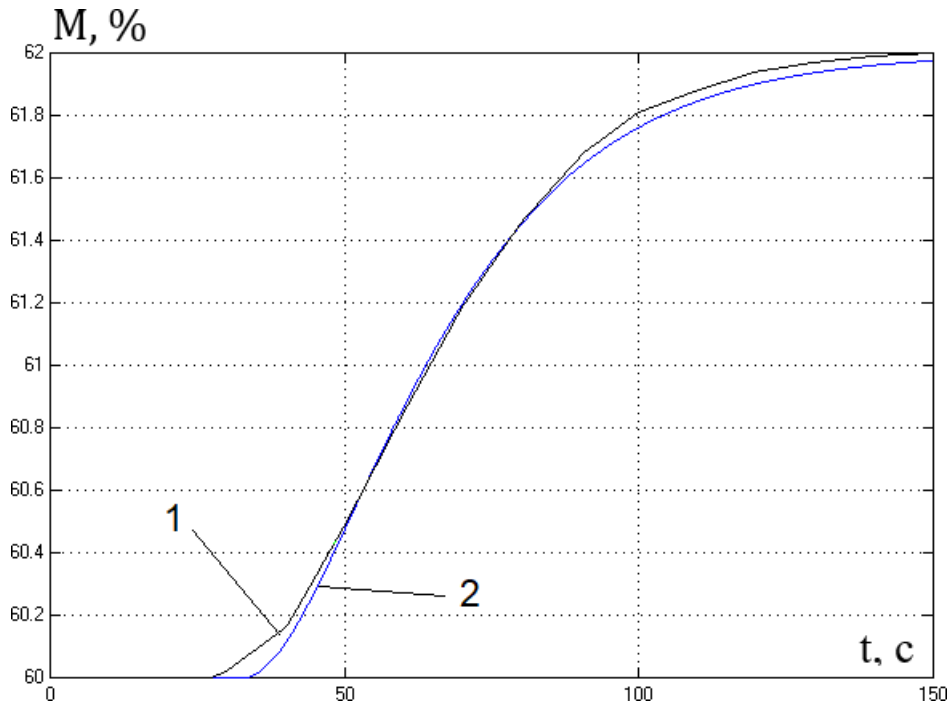


Рис. 2.21 (закінчення) – Результати моделювання ОК: 1 – експериментальні дані;
2 – модель

2.4 Висновки за розділом

Якісна реалізація технологічного процесу кондиціонування повітря у виробничому приміщенні залежить від точності підтримки режимних параметрів: температури та відносної вологості повітря.

За усіма каналах об'єкт має статичні властивості і найбільш точно може бути описаний моделями другого порядку. Ідентифікація моделей каналів ОК, доступних для цілеспрямованої дії, проводилася методом активного експерименту з нанесенням на вхід каналу 10%-ї ступінчастої дії, для параметричної ідентифікації моделей каналу управління застосовувалися методики двох загальних точок для моделей першого і другого порядку.

Відтворення отриманих моделей у середовищі імітаційного моделювання здійснювалося в середовищі моделювання MATLAB.

Далі отримана модель буде використана для синтезу САР базової структури, а надалі і підвищеної динамічної точності.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА І ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ, ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ САР

3.1 Конкретизація задач регулювання технологічним агрегатом

Загальною метою керування є керування матеріальними та енергетичними потоками для отримання властивостей продукту необхідного виду і якості.

Із загальної мети керування можна виділити окремі задачі:

- підтримання регульованих параметрів об'єкту керування (θ , M) на їх заданих значеннях ($\theta^{\text{здн}}$, $M^{\text{здн}}$) - задача регулювання.
- пристосування в процесі роботи об'єкту управління до його змінних властивостей - задача адаптації;
- забезпечення ефективних режимів роботи об'єкту керування - задача оптимізації;
- забезпечити ввімкнення і вимкнення при пусках, зупинках, аварійних ситуаціях - завдання логічного керування.

Необхідно і доцільно автоматизувати кожен із завдань управління.

Для завдання регулювання автоматизація необхідна для автоматичного регулювання заданої змінної в околиці бажаного значення із заданою точністю без фізичної участі людини. Для якісної і економічно доцільною реалізації технологічного процесу контролю температурно-вологісного режиму необхідно регулювати температуру нагріву повітря θ та відносту вологість в приміщенні M .

Відповідно до нормативів ведення технологічних процесів (див. табл. 1.1) температура в приміщенні θ має підтримуватися на рівні 22°C з точністю $\pm 2^{\circ}\text{C}$. За цим параметром припустимі короточасні відхилення до $\pm 5^{\circ}\text{C}$ протягом часу не більше 120 секунд. Регламентна зона за цим параметром наведена на рис. 3.1.

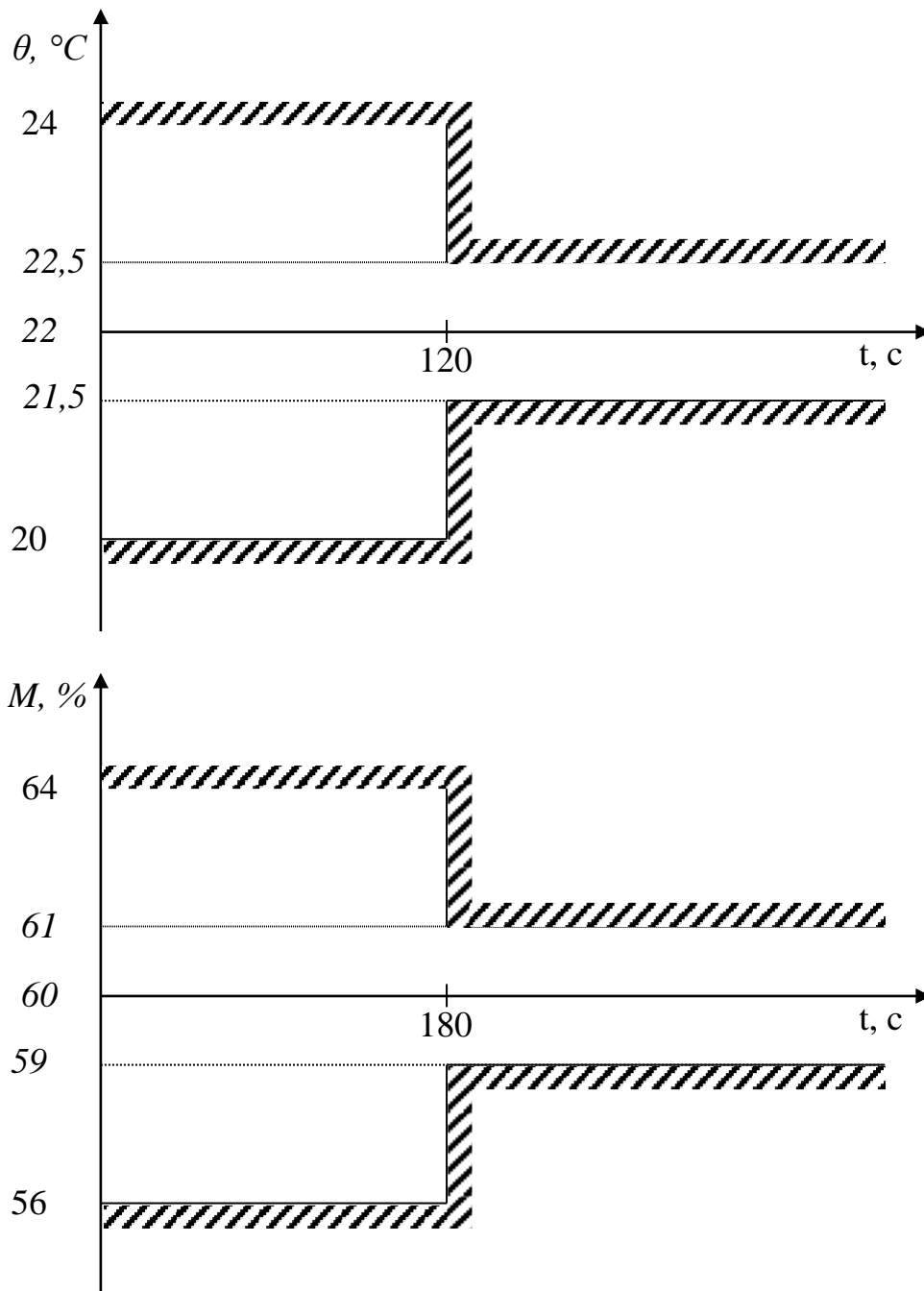


Рис. 3.1 – Регламентні зони для температури та відносної вологості повітря в виробничому приміщенні

Як видно з регламентів на САР для процесу температурно-вологісного режиму особливо жорсткі вимоги пред'являються до довготривалих відхилень, так як саме недотримання цих регламентів може призвести до неякісного температурно-вологісного режиму в виробничому приміщенні. При цьому малі відхилення регламентуються дуже жорстко. Тому в якості інтегрального критерію застосуємо саме інтегральний квадратичний критерій, сильно штрафи

більші відхилення. Тому ефективність роботи САР температури і відносної вологості повітря та підвищення її динамічної точності доцільно вести за таким критерієм:

$$J = \int_0^{t_M} \left[\frac{(\Delta\theta(t))^2}{2} + \frac{(\Delta M(t))^2}{4} \right] dt$$

де t_M – час моделювання;

$\Delta\theta(t)$ – помилка регулювання температури;

$\Delta M(t)$ – помилка регулювання відносної вологості.

Оснoву керування становить інформація про мету керування або про бажаний стан ОУ \bar{y}^* , про поточний стан ОУ \bar{y} та про збурення \bar{f} . Залежно від обсягу використовуваної керуючим пристроєм (КП) інформації про ОУ виділяють чотири принципи побудови САР: принцип розімкнутого твердого (програмного) керування; принцип розімкнутого керування по збурюванню; принцип замкнутого керування по стані ОУ або керування зі зворотним зв'язком; комбінований принцип керування.

Для системи керування процесу тепературно-вологісного режиму доступною, крім інформації про бажаний стан ОК ($\theta^{здн}$, $M^{здн}$), є інформація про поточний стан ОК (θ , M). Такий обсяг інформації для формування керуючих дій (u_1 , u_2) достатній для реалізації замкнутого принципу керування. Тому саме цей принцип і буде покладено в основу розроблюваної САР температури та відносної вологості повітря базової структури та підвищеної динамічної точності. Структурна схема цього принципу управління приведена на рис. 3.2.

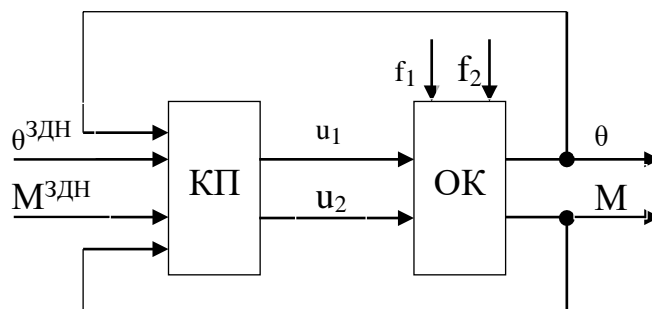


Рис. 3.2 – Структурна схема системи керування, що відповідає замкненому принципу керування

3.2 Синтез і аналіз системи автоматичного регулювання базової структури

Координатна схема процесу контролю температурно-вологісного режиму в виробничому приміщенні наведена на рис. 1.5. Відповідно до неї та до структурної схеми, що відповідає замкненому принципу керування (рис. 2.1), структурна схема САР матиме вигляд, наведений на рис. 3.3.

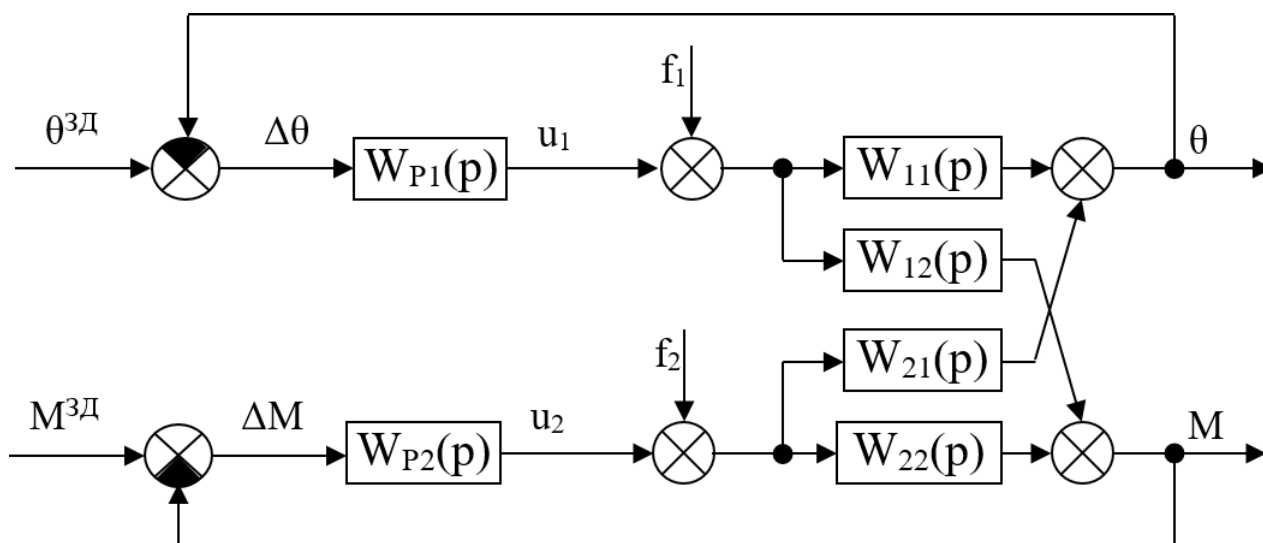


Рис. 3.3 – Структурна схема САР температури та вологості повітря у виробничому приміщенні базової структури

На рисунку:

u_1 – положення регулюючого органу підводу потужності до ТЕНа;

u_2 – положення регулюючого органу подачі холодної води;

θ , M – температура і вологість яка контролюється у виробничому приміщенні ;

f_1, f_2 – вектори неконтрольованих збурень;

$W_{p1}(p)$ – передаточна функція регулятора температури нагріву повітря;

$W_{p2}(p)$ – передаточна функція регулятора відносної вологості повітря;

$\theta^{зд}$ – задане значення температури;

$\Delta\theta$ – помилка регулювання температури;

$M^{зд}$ – задане значення відносної вологості повітря у приміщенні;

ΔM – помилка регулювання відносної вологості повітря у приміщенні.

Процес контролю температурно-вологісного режиму в виробничому приміщенні за всіма каналами має статичні властивості, тому в якості альтернативних варіантів алгоритмів регулювання обираємо пропорційно-інтегральний (ПІ) і пропорційно-інтегрально-диференціальний (ПІД) алгоритми регулювання.

Передаточна функція ПІ-регулятора

$$W_p(p) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{из} \cdot p}\right)$$

Передаточна функція ПІД-регулятора

$$W_p(p) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{из} p} + T_{np} p\right)$$

Розробка структурної схеми цифрового імітаційного моделювання САР при детермінованих та стохастичних вхідних діях.

В результаті виконання 2 розділу роботи була проведена ідентифікація моделей каналів перетворення координатних дій технологічного процесу кондиціонування повітря у виробничому приміщенні. Результати ідентифікації зведені в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 –Результати ідентифікації каналів перетворення координатних дій ОК

Канал ОК	Модель динаміки	
	1-го порядку	2-го порядку
« $u_1 - \theta$ »	$W_{11}(p) = \frac{0,3 \cdot e^{-15,9p}}{10,3p + 1}$	$W_{11}(p) = \frac{0,3 \cdot e^{-10,8p}}{(7,25p + 1)^2}$
« $u_1 - M$ »	$W_{12}(p) = \frac{-0,2 \cdot e^{-24,4p}}{15,6p + 1}$	$W_{12}(p) = \frac{-0,2 \cdot e^{-17,2p}}{(10,8p + 1)^2}$
« $u_2 - \theta$ »	$W_{21}(p) = \frac{-0,15 \cdot e^{-34,9p}}{23,1p + 1}$	$W_{21}(p) = \frac{-0,15 \cdot e^{-25,9p}}{(15,3p + 1)^2}$
« $u_2 - M$ »	$W_{22}(p) = \frac{0,2 \cdot e^{-44p}}{27,3p + 1}$	$W_{22}(p) = \frac{0,2 \cdot e^{-33p}}{(18,3p + 1)^2}$

Структурна схема моделювання САР с ПІ-регулятором наведена на рис. 3.4, а с ПІД-регулятором - на рис. 3.5. Структурна схема моделювання ОК наведена на рис. 3.6.

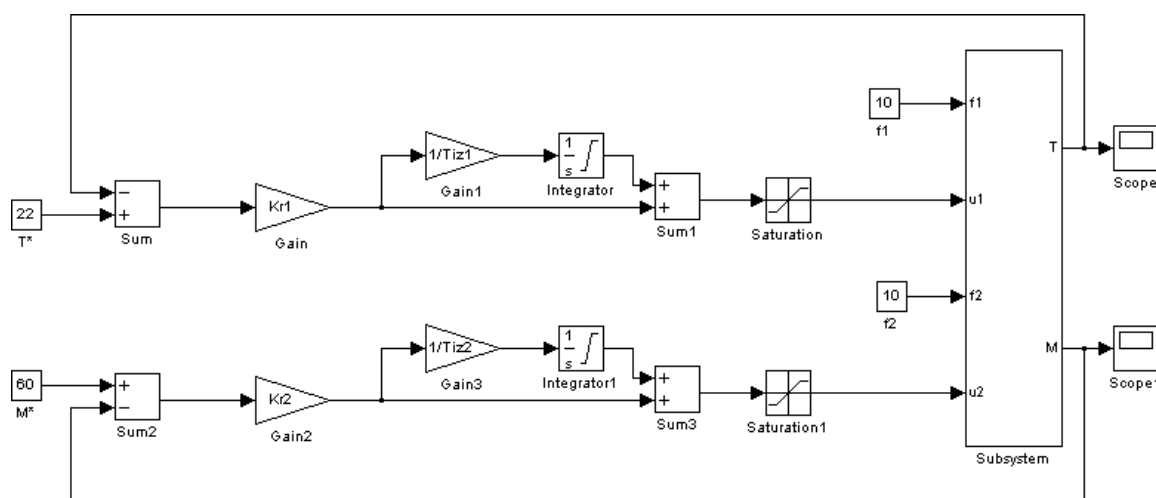


Рис. 3.4 – Структурна схема моделювання САР з ПІ-регулятором

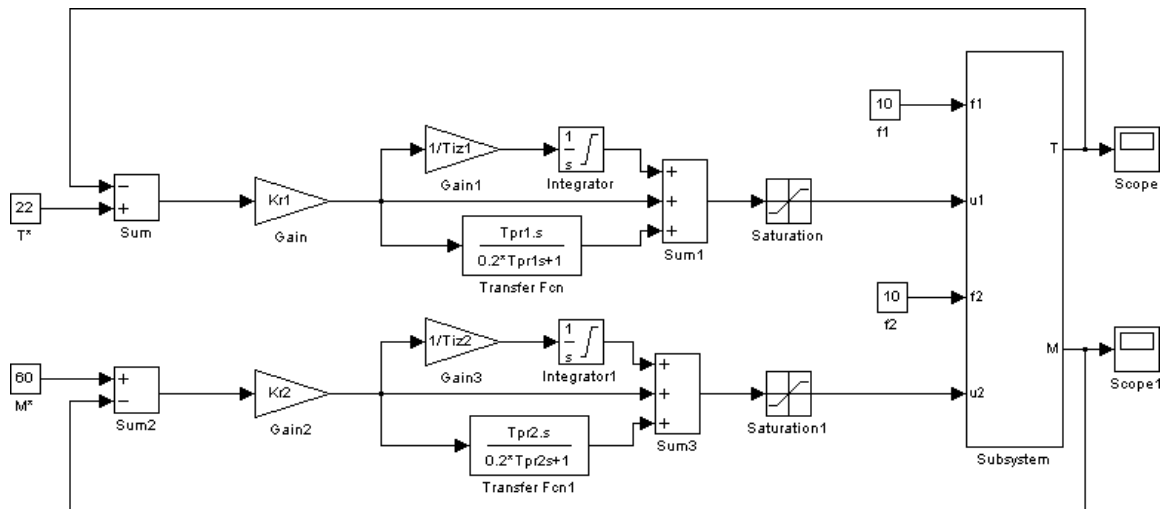


Рис. 3.5 – Структурна схема моделювання САР з ПІД-регулятором

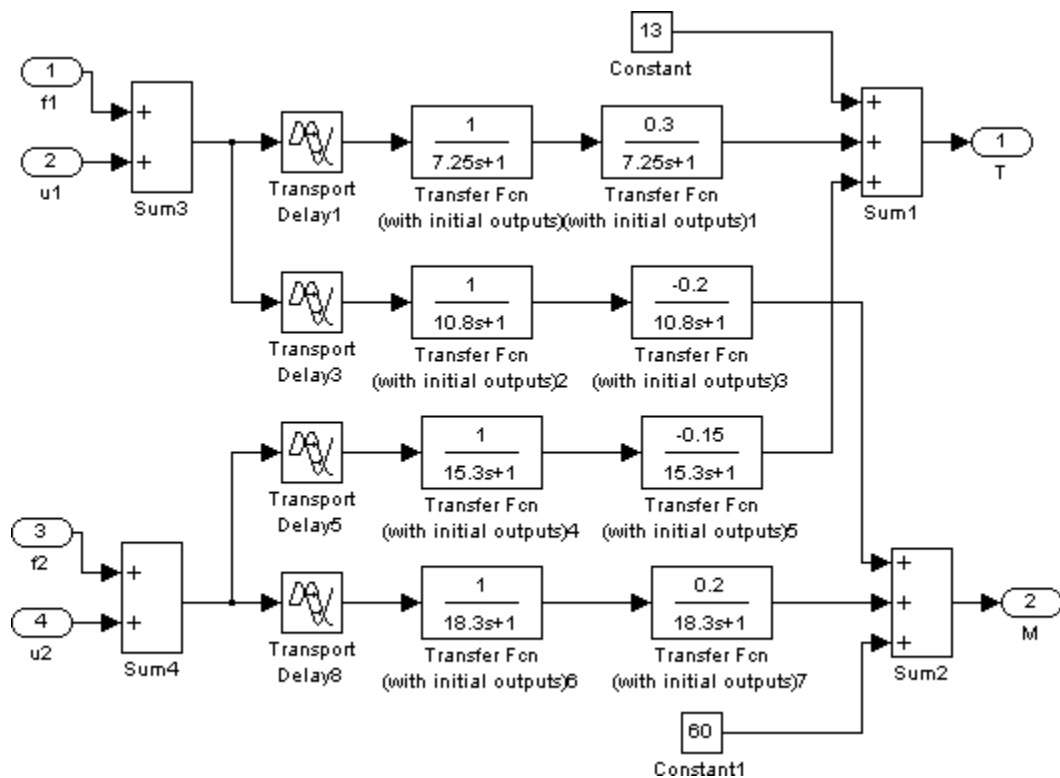


Рис. 3.6 – Структурна схема моделювання ОК

Розрахунок налаштувань регулятора температури $W_{PI}(p)$

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК:

$$W_{11}(p) = \frac{0,3 \cdot e^{-15,9p}}{10,3p + 1}$$

Розрахунок параметрів ПІ- регулятора:

$$K_{PI} = 1,1 \cdot T_O / (K_O \cdot \tau_o) = 1,1 \cdot 10,3 / (0,3 \cdot 15,9) = 2,4 \text{ } ^\circ\text{C} / \% \text{х.р.о.}$$

$$T_{ИЗ1} = 2,0 \cdot \tau_O = 2,0 \cdot 15,9 = 31,8 \text{ с.}$$

Розрахунок параметрів ПД- регулятора:

$$K_{P1} = 1,2 \cdot T_O / (K_O \cdot \tau_O) = 1,2 \cdot 10,3 / (0,3 \cdot 15,9) = 2,6 \text{ }^\circ\text{C} / \% \text{х.р.о.}$$

$$T_{ИЗ1} = 1,4 \cdot \tau_O = 1,4 \cdot 15,9 = 22,3 \text{ с}$$

$$T_{ПР1} = 0,5 \cdot \tau_O = 0,5 \cdot 15,9 = 8 \text{ с}$$

Розрахунок налаштувань регулятора відносної вологості $W_{P2}(p)$

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК:

$$W_{22}(p) = \frac{0,2 \cdot e^{-44p}}{27,3p + 1}$$

Розрахунок параметрів ПІ- регулятора:

$$K_{P2} = 1,1 \cdot T_O / (K_O \cdot \tau_O) = 1,1 \cdot 27,3 / (0,2 \cdot 44) = 3,4 \% / \% \text{х.р.о.}$$

$$T_{ИЗ2} = 2,0 \cdot \tau_O = 2,0 \cdot 44 = 88 \text{ с.}$$

Розрахунок параметрів ПД- регулятора:

$$K_{P2} = 1,2 \cdot T_O / (K_O \cdot \tau_O) = 1,2 \cdot 27,3 / (0,2 \cdot 44) = 3,7 \% / \% \text{х.р.о.}$$

$$T_{ИЗ2} = 1,4 \cdot \tau_O = 1,4 \cdot 44 = 61,6 \text{ с}$$

$$T_{ПР2} = 0,5 \cdot \tau_O = 0,5 \cdot 44 = 22 \text{ с}$$

Для оптимального параметричного синтезу САР температури та відносної вологості повітря з ПІ-регулятором будемо використовувати структурну схему моделювання, наведену на рисунку 3.7. Результати оптимізації налаштувань ПІ-регулятора наведені на рис. 3.8

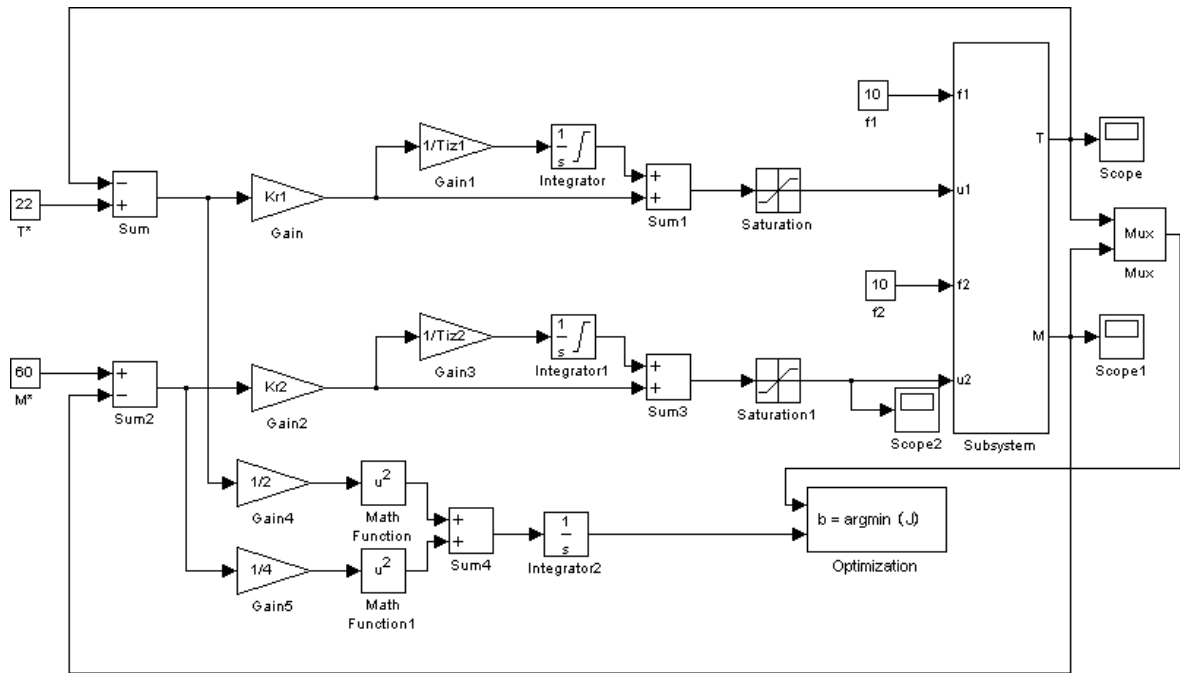
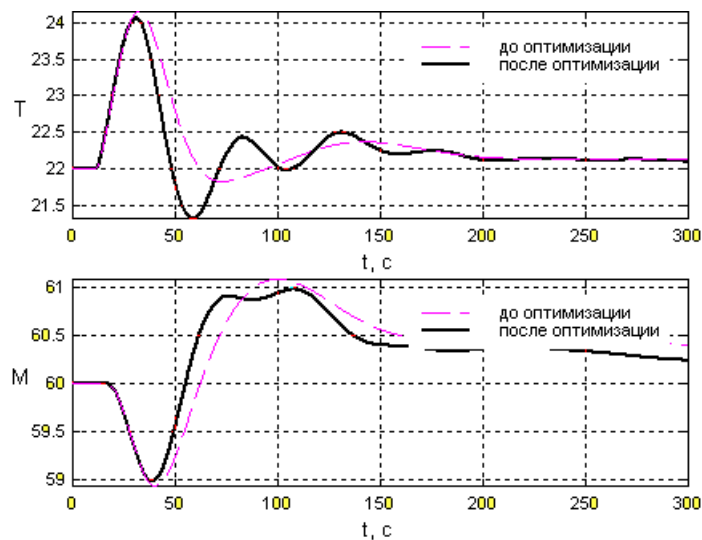


Рис. 3.7 – Структурна схема моделювання САР для оптимізації налаштувань ПІ-регулятора



Имя переменной	Оптимальное значение	Нижний предел	Начальное приближение	Верхний предел	Значение критерия оптимальности:
Kr1	4.5147	0	2.4	20	до - 33.3374
Ti1	43.9088	1	31.8	200	после - 27.2484
Kr2	4.7381	0	3.4	20	оптимизации.
Ti2	73.2917	1	88	1200	Количество шагов процедуры оптимизации:
					максимальное - 1000
					фактическое - 231

Рис. 3.8 – Результати оптимізації налаштувань ПІ-регулятора

Для оптимального параметричного синтезу САР температури пастеризації соку з ПІД-регулятором будемо використовувати структурну схему моделювання, наведену на рисунку 3.9. Результати оптимізації налаштувань ПІД-регулятора наведені на рисунку 3.10.

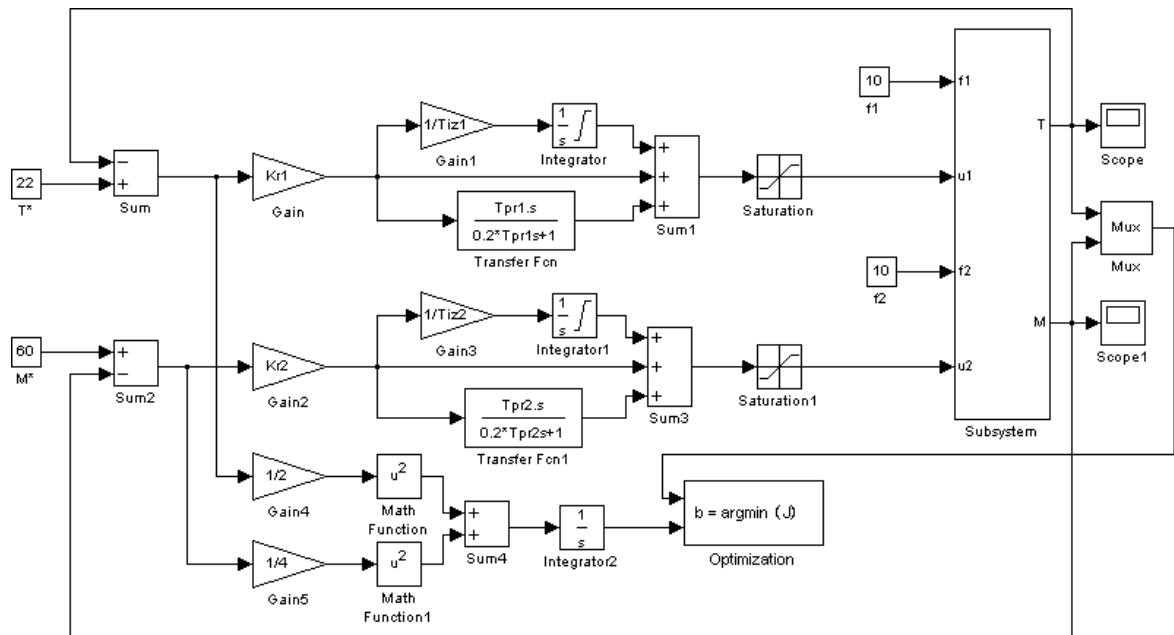
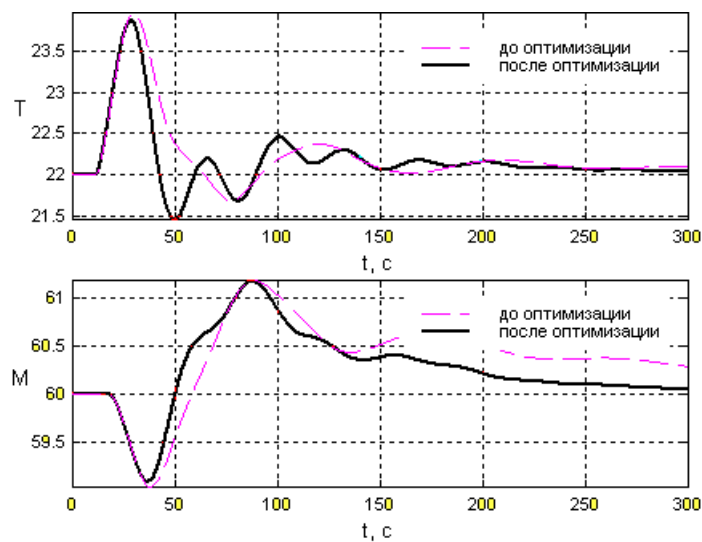


Рис. 3.9 - Структурна схема моделювання САР для оптимізації налаштувань ПІД-регулятора



Имя переменной	Оптимальное значение	Нижний предел	Начальное приближение	Верхний предел	Значение критерия оптимальности:
Kr1	5.0502	0	2.6	20	до - 24.3654
Tiz1	27.7426	1	22.3	200	после - 18.3601
Tpr1	5.3855	0	8	50	оптимизации.
Kr2	4.8763	0	3.7	20	Количество шагов
Tiz2	38.5262	1	61.6	800	процедуры оптимизации:
Tpr2	16.3696	0	22	50	максимальное - 1000
					фактическое - 435

Рис. 3.10 – Результати оптимізації налаштувань ПІД-регулятора

Для проведення порівняльного аналізу САР з ПІ- та ПІД-регулятором будемо використовувати структурну схему моделювання, наведену на рис. 3.11. При цьому структурна схема моделювання САР з ПІ-регулятором наведена на

рис. 3.12, а САР з ПІД-регулятором - на рис. 3.13. Результати порівняння варіантів САР наведені на рис. 3.14 і в таблиці 3.2.

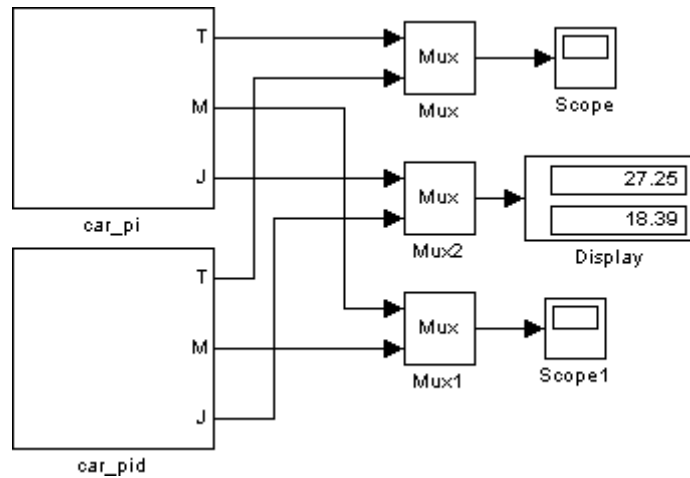


Рис. 3.11 - Структурна схема моделювання для порівняльного аналізу варіантів САР

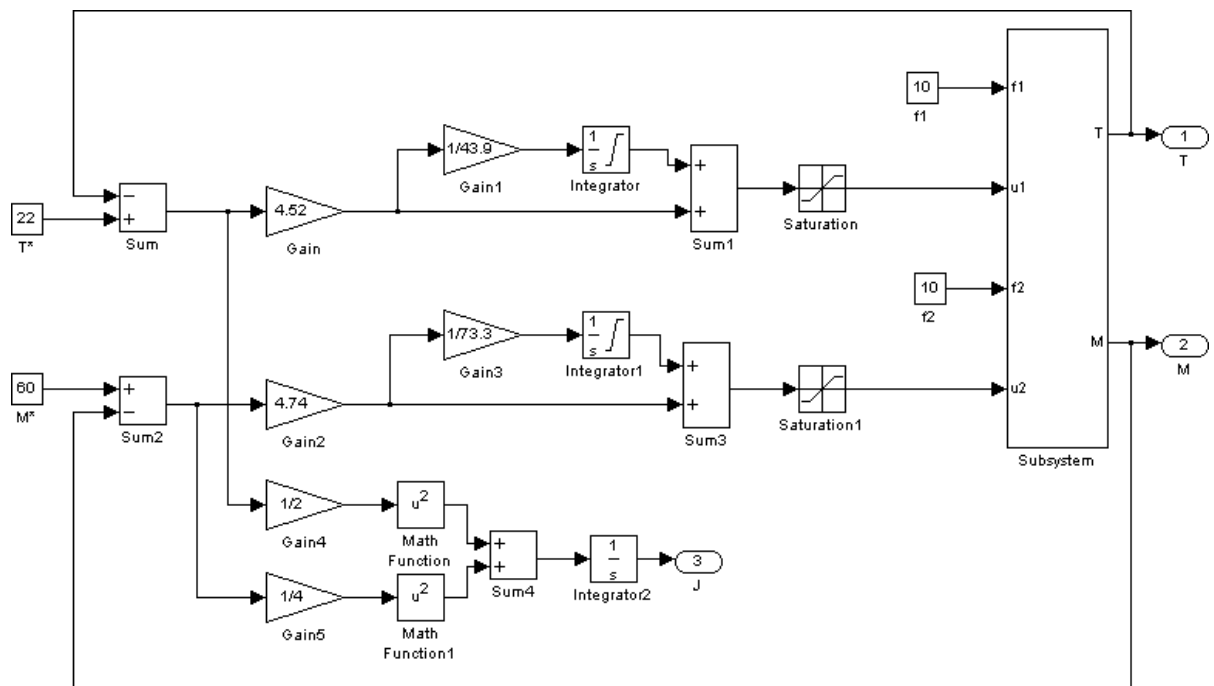


Рис. 3.12 – Структурна схема моделювання САР з ПІ-регулятором

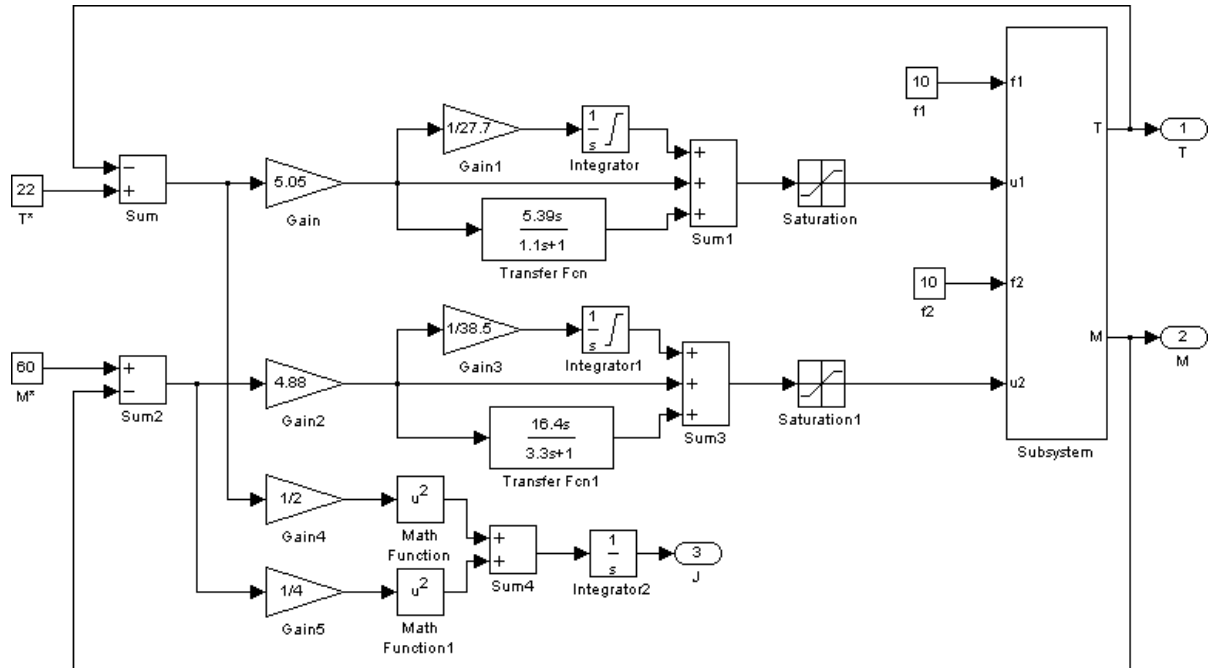


Рис. 3.13 – Структурна схема моделювання САР з ПІД-регулятором

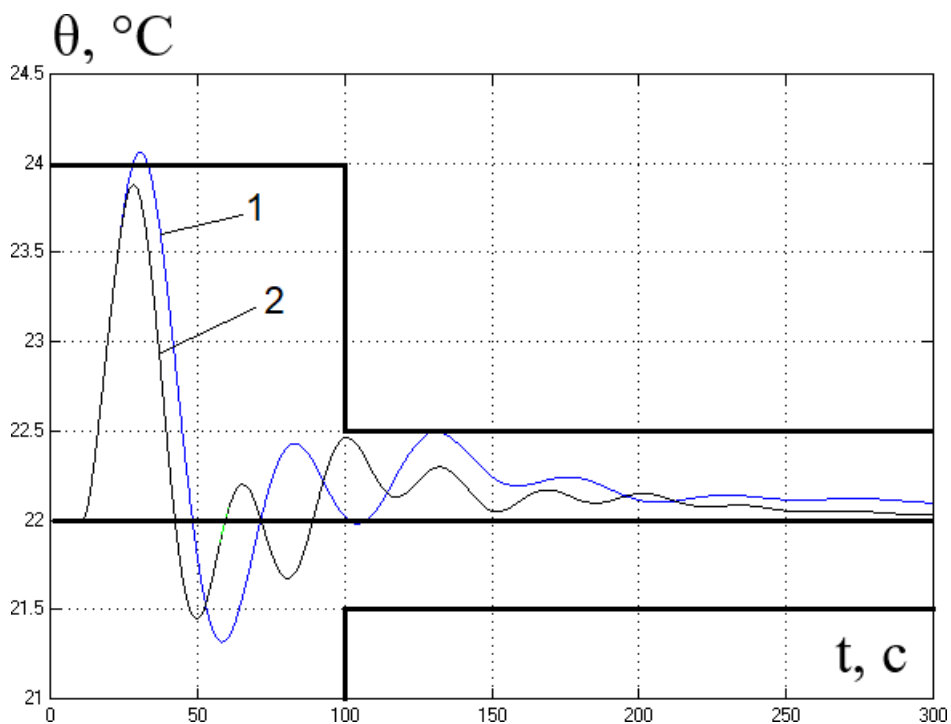


Рис. 3.14 – Результати порівняння варіантів САР: 1 – з ПІ-регулятором; 2 – з ПІД-регулятором.

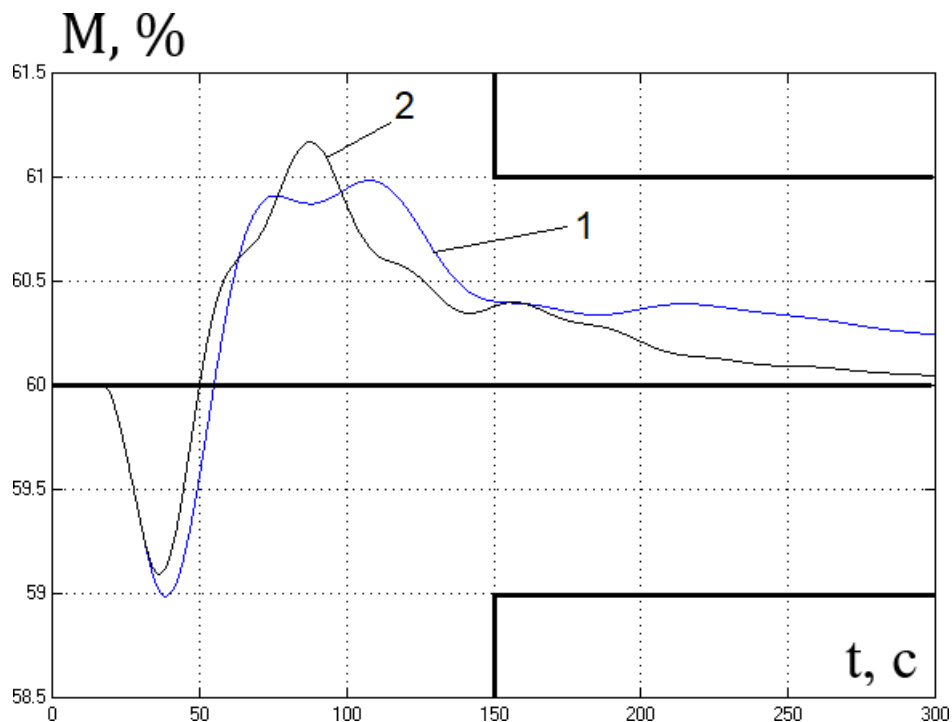


Рис. 3.14 (закінчення) – Результати порівняння варіантів САР: 1 – з ПІ-регулятором; 2 – з ПІД-регулятором.

Таблиця 3.2 – Результати порівняння варіантів САР

Алгоритм регулювання	Прямі показники якості				Критерій
	$\Delta\theta^{\text{МАКС}}$, °С	$T_{\text{пш1}}$, с	$\Delta M^{\text{МАКС}}$, %	$T_{\text{пш2}}$, с	
ПІ	2,06	64,1	1,01	40,1	27,25
ПІД	1,88	51,95	1,17	96,08	18,4

Як видно з результатів порівняння перехідних процесів, САР з ПІД-регулятором є кращої за більшістю показників і, найголовніше, за інтегральним критерієм. Тому ПІД-закон регулювання будемо використовувати і надалі.

В процесі роботи установки кондиціонування повітря може змінюватися час запізнення в каналах ОК. Слід відзначити, що внаслідок нелінійності, параметри каналів можуть варіювати в межах до $\pm 20\%$. При цьому дослідження САР на грубість слід проводити в умовах дії детермінованих ступінчастих неконтрольованих збурень $10\% \times \text{р.о.}$ і детермінованого ступінчастого контрольованого збурення в 10. Структурні схеми моделювання для аналізу САР з ПІ- та ПІД-регуляторами на грубість наведені на рис. 3.7 і 3.9.

Результати оцінки САР з ПІ-регулятором на грубість наведені на рис. 3.15, а САР з ПІД-регулятором – на рис. 3.16. Як видно з результатів, САР і з ПІ-регулятором, і з ПІД-регулятором є грубою, оскільки в умовах варіації параметрів ОК дає перехідні процеси, що сходяться. Але також в умовах дії збурень детермінованого характеру перехідні процеси в САР виходять за рамки регламентних зон.

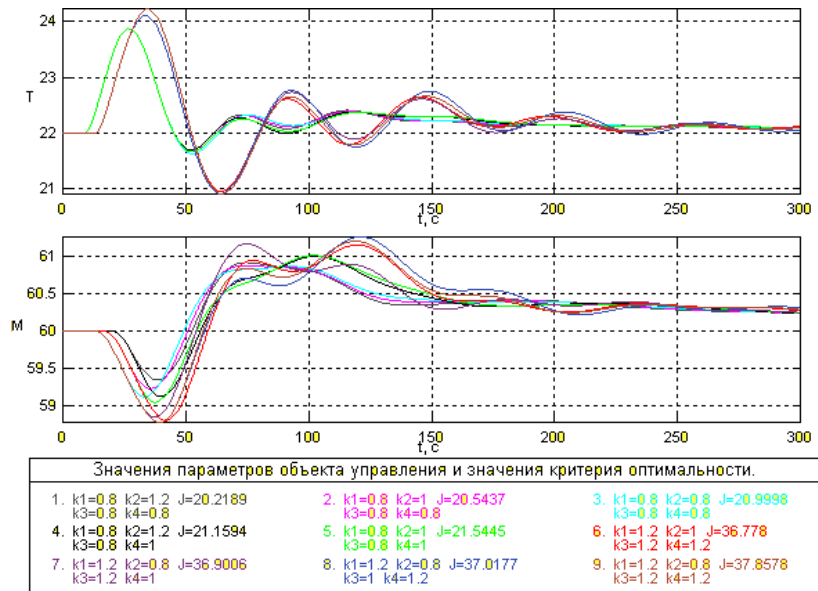


Рис. 3.15 - Аналіз на грубість САР з ПІ-регулятором в умовах дії детермінованих контрольованих та неконтрольованих збурень

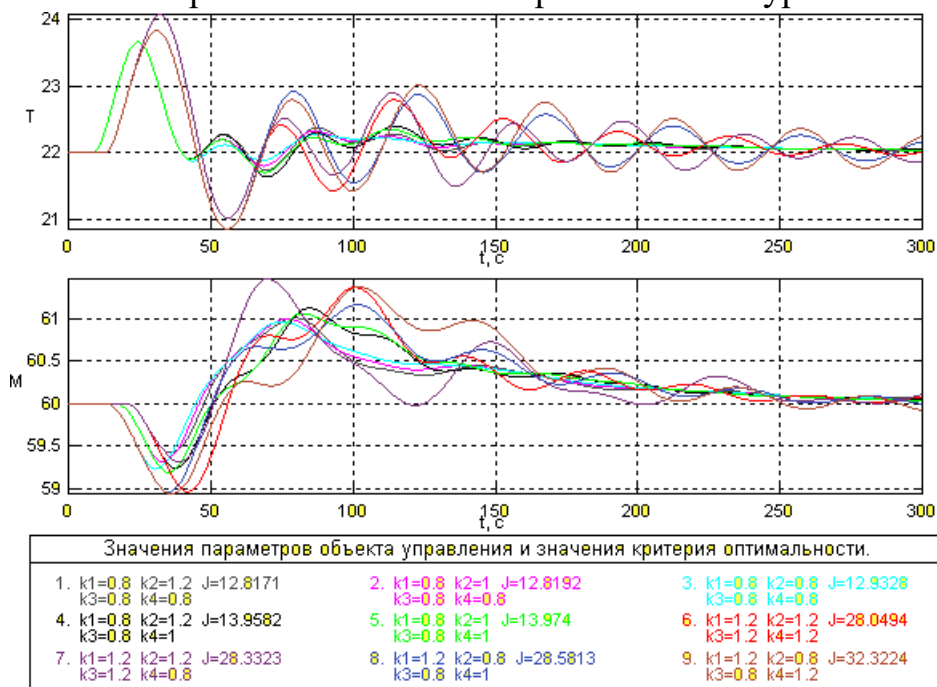


Рис. 3.16 - Аналіз на грубість САР з ПІД-регулятором в умовах дії детермінованих контрольованих та неконтрольованих збурень

3.3 Синтез та аналіз САР підвищеної динамічної точності

Причиною недостатньої точності САР можуть бути зовнішні умови: дія інтенсивних контрольованих та неконтрольованих обурень, інтенсивна зміна завдання САР, а також внутрішні особливості ОУ та САР (значне співвідношення τ_0/T_0 , взаємний вплив каналів у багатовимірній САР).

У нашому випадку основною причиною недостатньої динамічної точності САР є наявність перехресних зв'язків в об'єкті керування. Основним шляхом підвищення динамічної точності саме САР, що розглядається, є побудова САР автономної структури. Згідно завдання до роботи, ми маємо розглянути автономну САР температури повітря в камері.

В основу підвищення динамічної точності САР буде покладено принцип двоканальності Петрова, сутність якого у введенні додаткового каналу впливу " $u_2 - \theta$ " через коригуючий зв'язок. Відповідно до принципу двоканальності Петрова структурна схема автономної САР наведений на рис. 3.17.

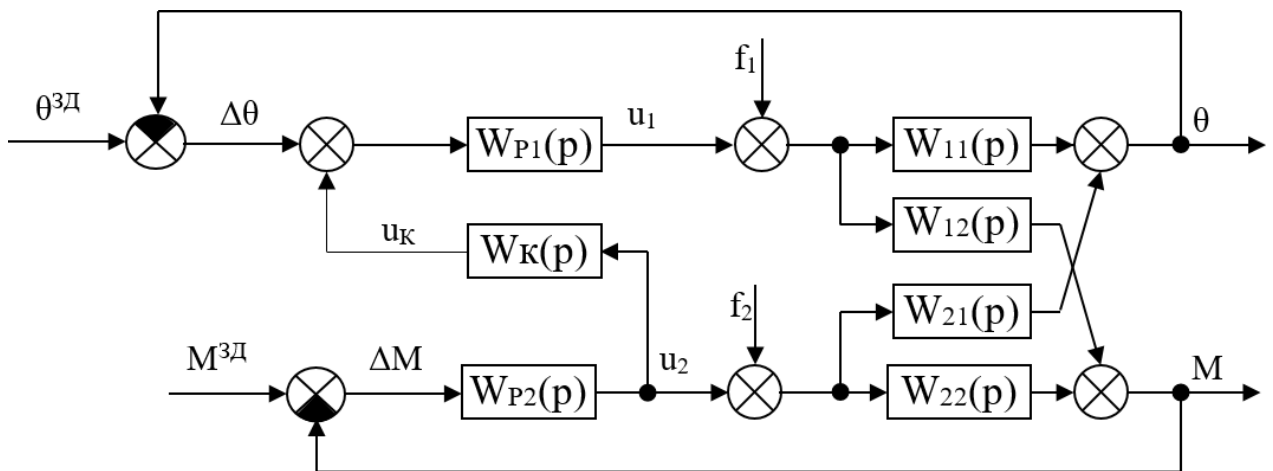


Рис. 3.17 - Структурна схема автономної САР

На схемі $W_K(p)$ - передаточна функція коригуючого зв'язку;

u_K – коригуюча керуюча дія.

Необхідною умовою реалізації САР є фізична можливість організації додаткового каналу впливу контрольованого обурення, а для САР, що розглядається, така можливість є. Достатньою умовою реалізації САР є фізична реалізованість передаточної функції коригуючого зв'язку.

Необхідною умовою реалізації автономності контуру регулювання температури відносно контуру регулювання відносної вологості є:

$$\theta = \theta_1 + \theta_2 = 0$$

$$\theta_1 = u_2 \cdot W_{21}(p); \theta_2 = u_2 \cdot W_K(p) \cdot W_{P1}(p) \cdot W_{11}(p)$$

$$u_2 \cdot W_{21}(p) + u_2 \cdot W_K(p) \cdot W_{P1}(p) \cdot W_{11}(p) = 0$$

$$u_2 \neq 0 \rightarrow W_{21}(p) + W_K(p) \cdot W_{P1}(p) \cdot W_{11}(p) = 0$$

$$W_K(p) = - \frac{W_{21}(p)}{W_{P1}(p) \cdot W_{11}(p)}$$

$$W_{11}(p) = \frac{0,3 \cdot e^{-15,9p}}{10,3p + 1}$$

$$W_{21}(p) = \frac{-0,15 \cdot e^{-34,9p}}{23,1p + 1}$$

$$W_{P1}(p) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{изp}} + T_{np}p\right) = 5,05 \cdot \frac{149p^2 + 27,7p + 1}{27,7p}$$

$$\begin{aligned} W_K(p) &= - \frac{\frac{-0,15 \cdot e^{-34,9p}}{23,1p + 1}}{5,05 \cdot \frac{149p^2 + 27,7p + 1}{27,7p} \cdot \frac{0,3 \cdot e^{-15,9p}}{10,3p + 1}} = \\ &= - \frac{-0,15}{5,05 \cdot 0,3} \cdot e^{(-34,9+15,9)p} \cdot \frac{27,7p \cdot (10,3p + 1)}{(23,1p + 1) \cdot (149p^2 + 27,7p + 1)} \\ &= 0,1 \cdot e^{-19p} \cdot \frac{27,7p \cdot (10,3p + 1)}{(23,1p + 1) \cdot (149p^2 + 27,7p + 1)} \end{aligned}$$

Достатньою умовою реалізації САР є фізична реалізованість передаточної функції коригуючого зв'язку. Отримана передаточна функція коригуючого зв'язку є фізично реалізовуваною.

Структурна схема моделювання передаточної функції коригуючого зв'язку наведена на рис. 3.18, а її перехідна характеристика – на рис. 3.19.

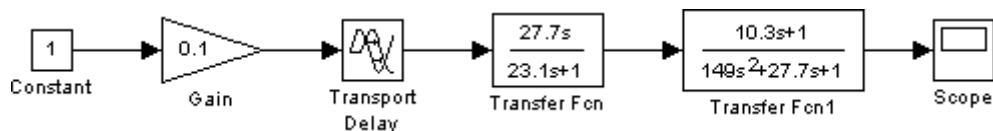


Рис. 3.18 – Структурна схема моделювання передаточної функції коригуючого зв'язку

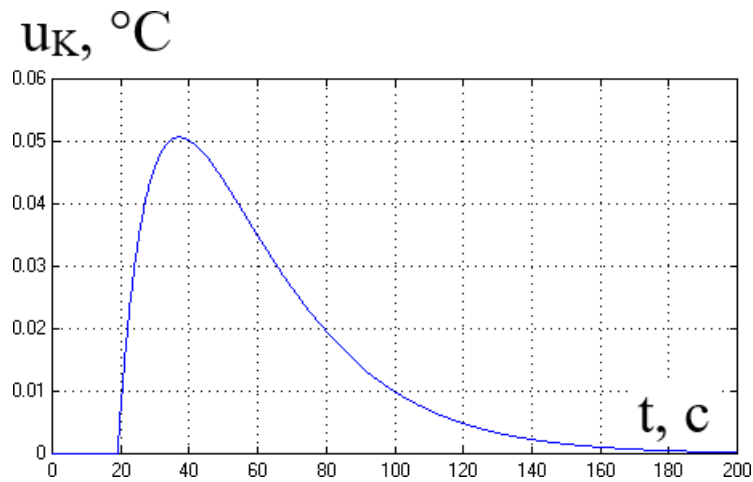


Рис. 3.19 – Перехідна характеристика коригуючого зв'язку

Отримана передаточна функція коригуючого зв'язку представлена занадто складною передаточною функцією, тому її доцільно спростити при збереженні її диференціюючих властивостей. Спрощена передаточна функція коригуючого зв'язку матиме вигляд:

$$W_K(p) = K_K \cdot e^{-T_{K1}p} \cdot \frac{T_{K2}p}{(T_{K2}p+1)^2}$$

Як початкові наближення параметрів коригувального зв'язку приймемо такі значення параметрів: $K_K = 0,1$; $T_{K1} = 19c$; $T_{K2} = 27,7 c$. Для уточнення початкових наближень параметрів коригуючого зв'язку скористаємося схемою моделювання, наведеною на рис. 3.20. Результати розрахунку початкових наближень параметрів коригуючого зв'язку наведено на рис. 3.21, а результати моделювання – на рис. 3.22.

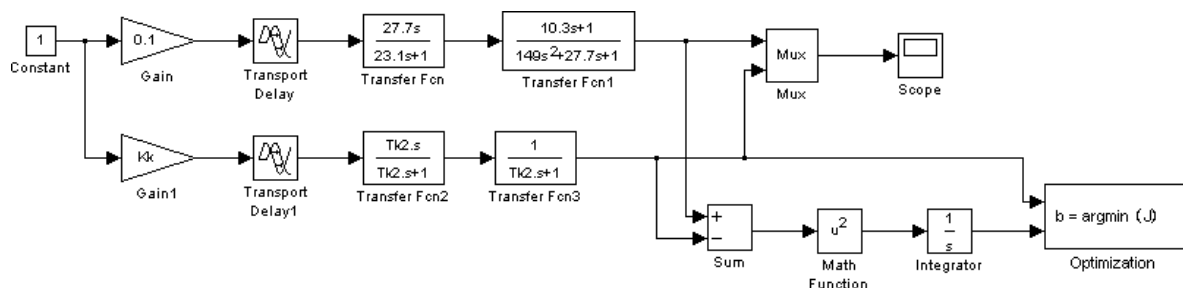
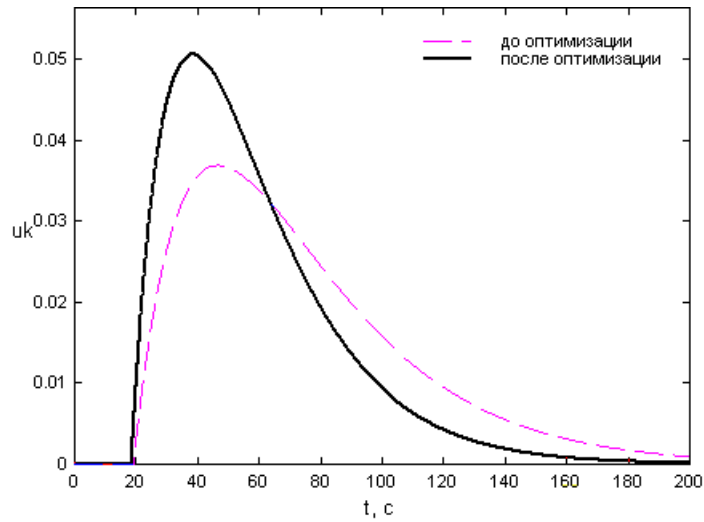


Рис. 3.20 – Схема моделювання для уточнення початкових наближень параметрів коригувального зв'язку



Имя переменной	Оптимальное значение	Нижний предел	Начальное приближение	Верхний предел	Значение критерия оптимальности:
Kk	0.1371	0	0.1	10	до - 0.0088293
Tk1	18.4851	0	19	50	после - 7.8969e-005
Tk2	19.9311	1	27.7	200	оптимизации.
					Количество шагов
					процедуры оптимизации:
					максимальное - 1000
					фактическое - 79

Рис. 3.21 – Результати розрахунку початкових наближень параметрів коригувального зв'язку

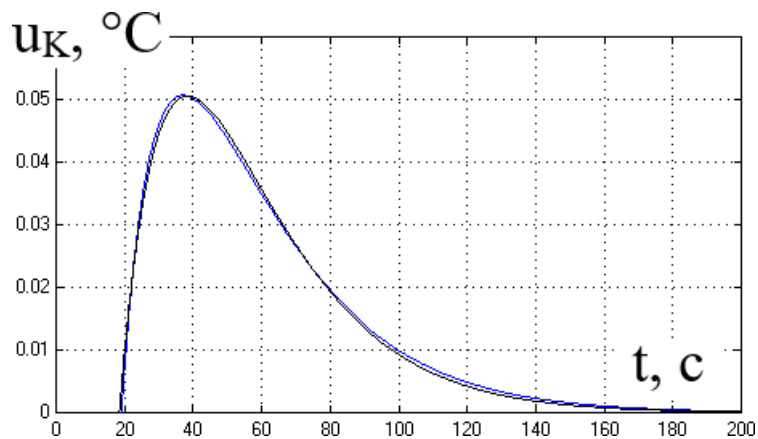


Рис. 3.22 – Перехідна характеристика розрахункового та спрощеного коригувального зв'язку

Схема моделювання САР підвищеної динамічної точності для оптимального параметричного синтезу коригувального зв'язку наведено на рис. 3.23, а результати оптимізації – на рис. 3.24.

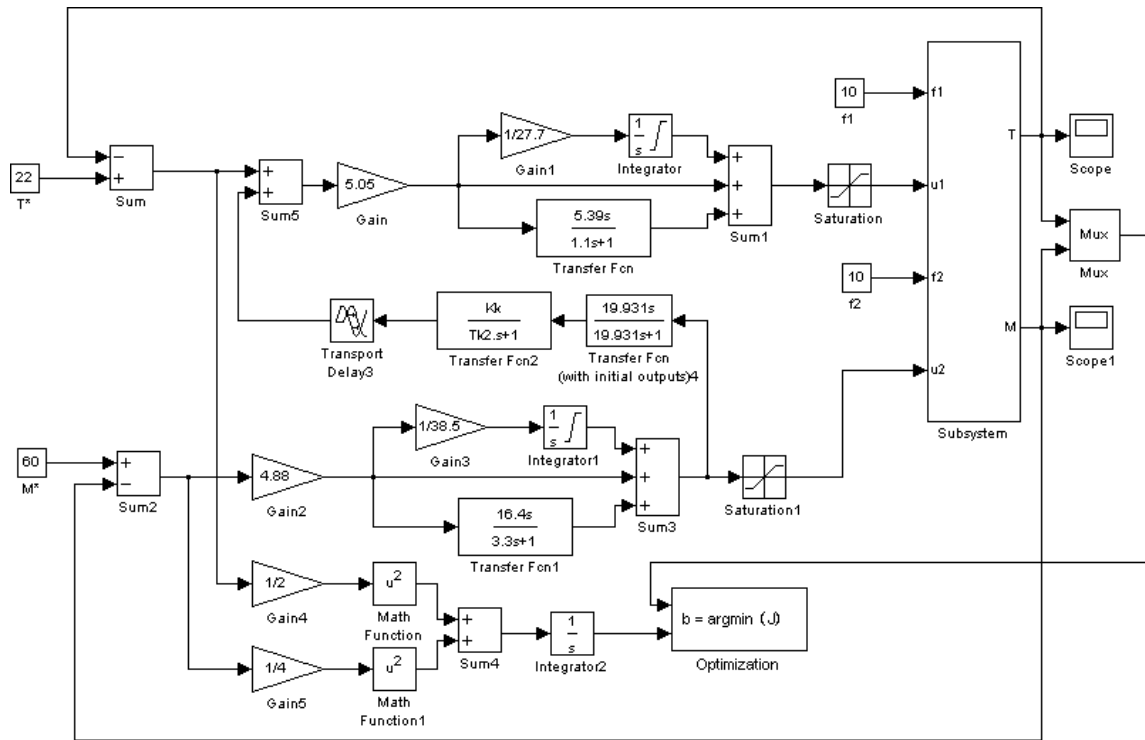
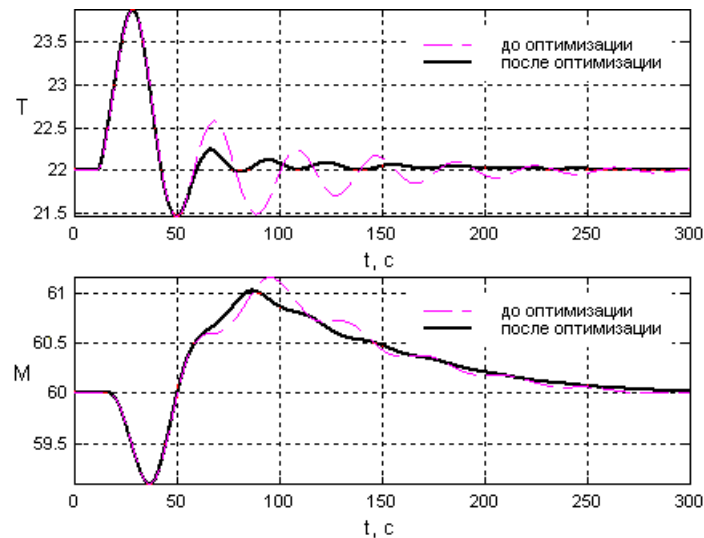


Рис. 3.23 – Схема моделювання САР підвищеної динамічної точності для оптимального параметричного синтезу коригувального зв'язку



Имя переменной	Оптимальное значение	Нижний предел	Начальное приближение	Верхний предел	Значение критерия оптимальности: до - 19.141 после - 16.9043 оптимизации.
Kk	0.087078	-10	0.14	10	
Tk1	26.4232	0	18.5	50	Количество шагов процедуры оптимизации: максимальное - 1000 фактическое - 102
Tk2	21.2969	1	19.9	200	

Рис. 3.24 – Результати оптимізації параметрів коригувального зв'язку

Як і у випадку САР базової структури, САР підвищеної динамічної точності досліджуємо на грубість в умовах варіації параметрів ОУ, а саме часу запізнення в каналах ОУ $\pm 20\%$.

Результати перевірки САР підвищеної динамічної точності на грубість за умов варіації параметрів ОУ наведено на рис. 3.25. Як видно з результатів оцінки САР на грубість, в умовах варіації параметрів ОУ САР дає перехідні процеси, що сходяться, а значить, САР є грубою.

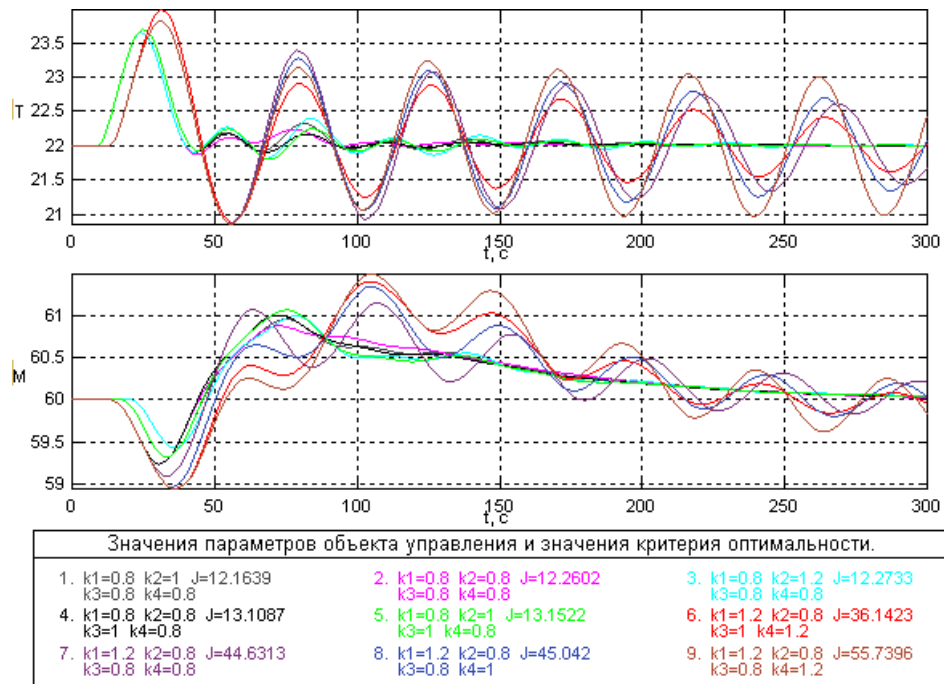


Рис. 3.25 – Аналіз САР підвищеної динамічної точності на грубість за умов варіації параметрів ОУ

3.4 Порівняльний аналіз перехідних процесів у параметрично оптимальних САР за величинами критеріїв та показників, на які встановлені гранично-допустимі значення.

Для порівняння якості роботи САР базової структури та підвищеної динамічної точності розроблено структурну схему моделювання, наведену на рис. 3.26. Результати порівняння наведено на рис. 3.27 та у таблиці 3.3.

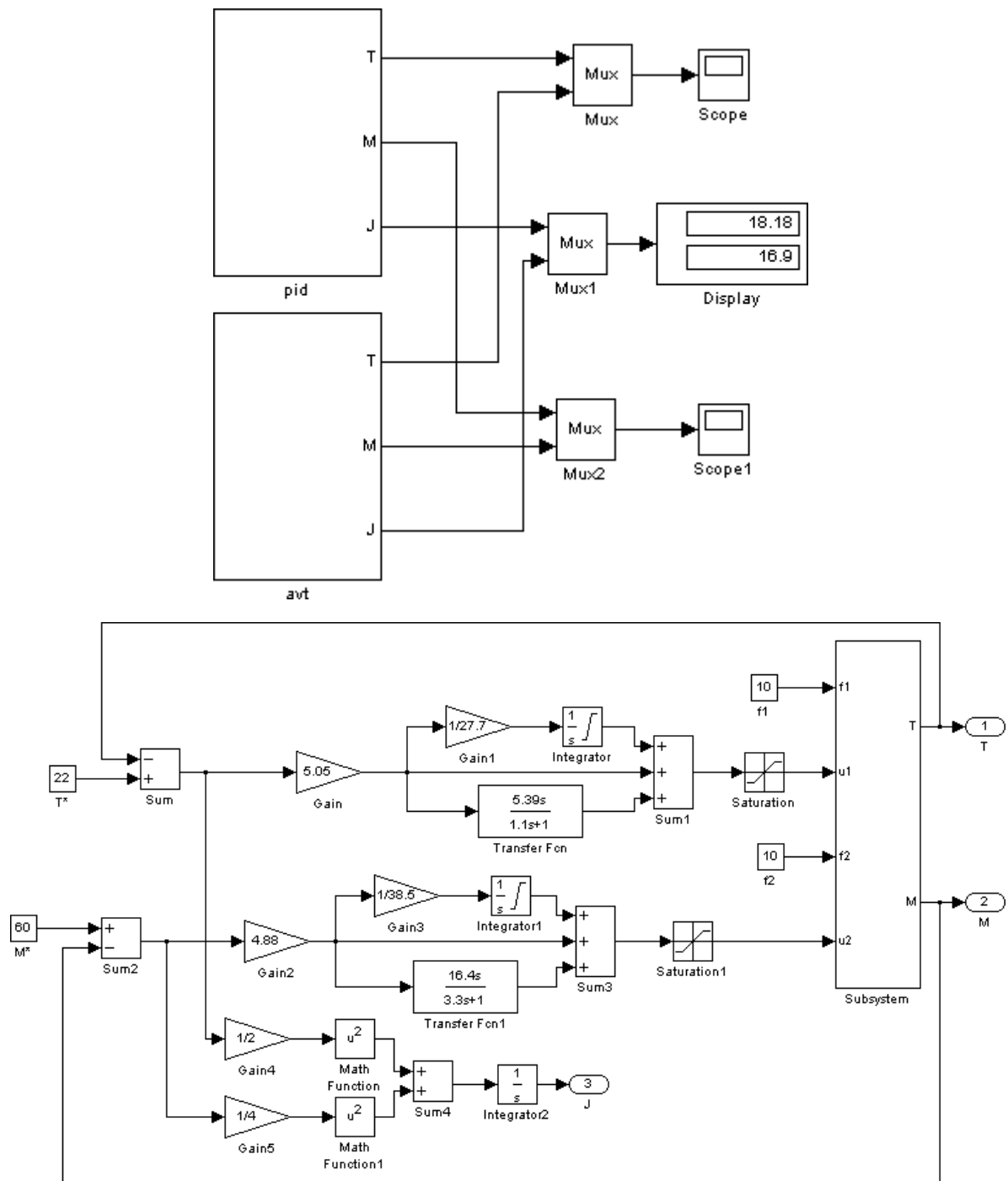


Рис. 3.26 - Структурна схема моделювання для порівняння САР базової структури та САР підвищеної динамічної точності в перехідних режимах

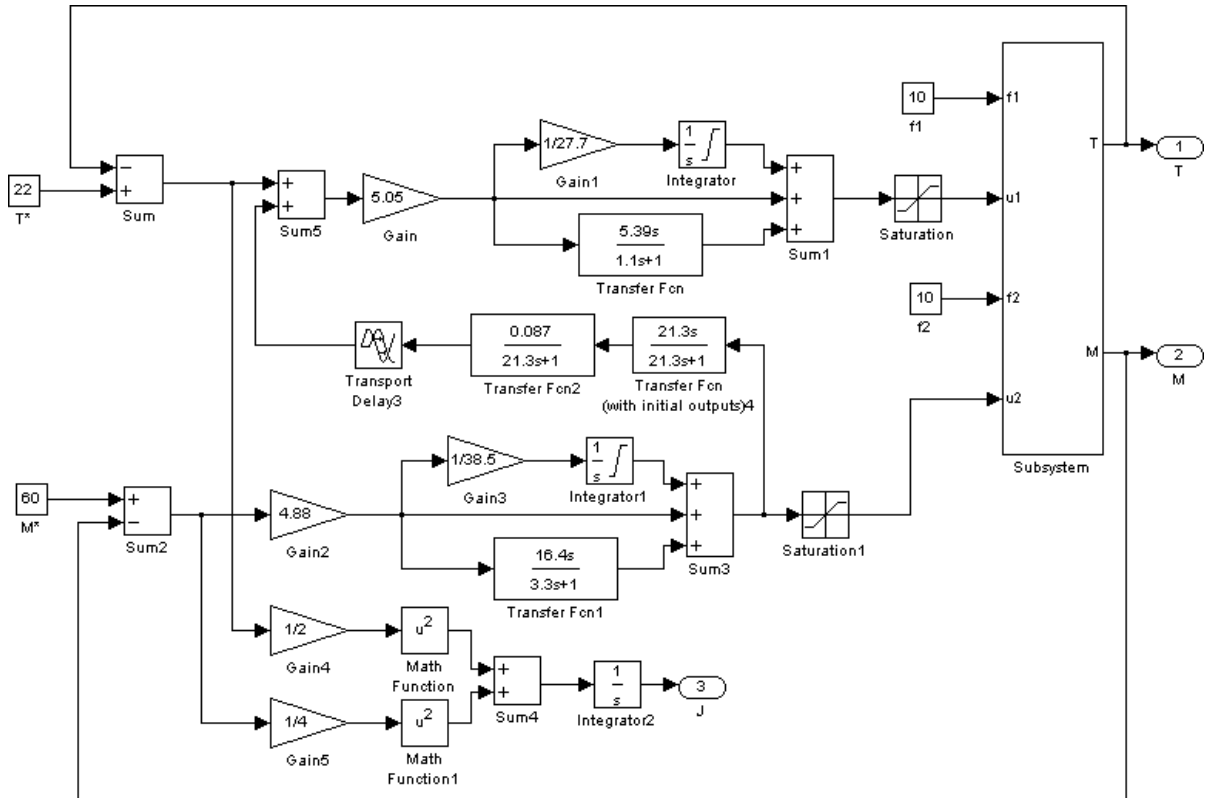


Рис. 3.27 (закінчення) – Структурна схема моделювання для порівняння САР базової структури та САР підвищеної динамічної точності в перехідних режимах

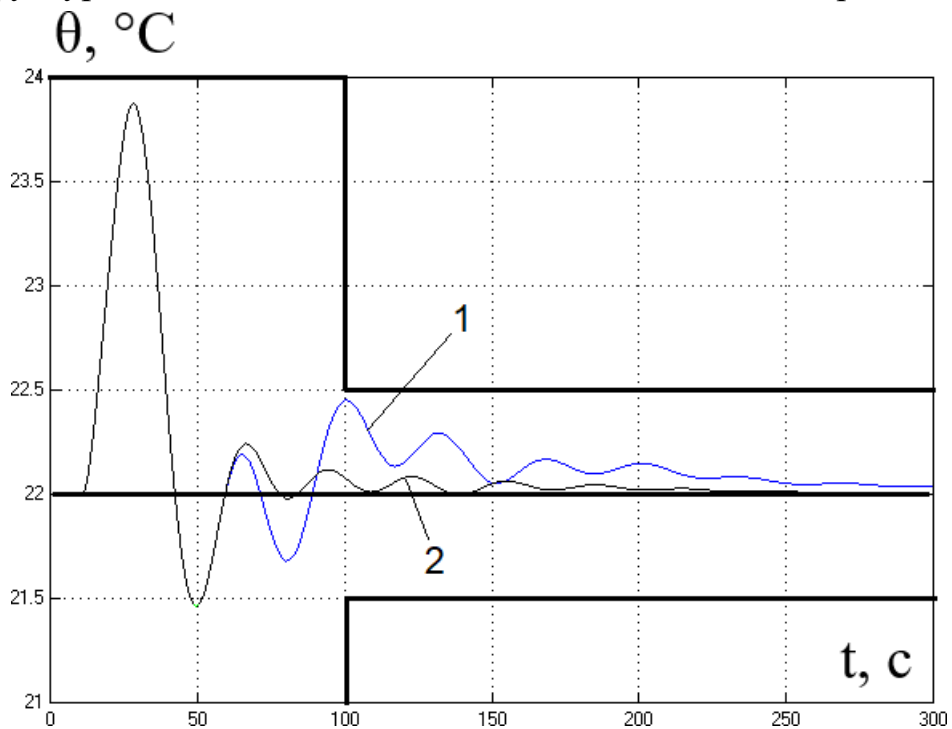


Рис. 3.28 – Перехідні процеси в САР базової структури та САР підвищеної динамічної точності

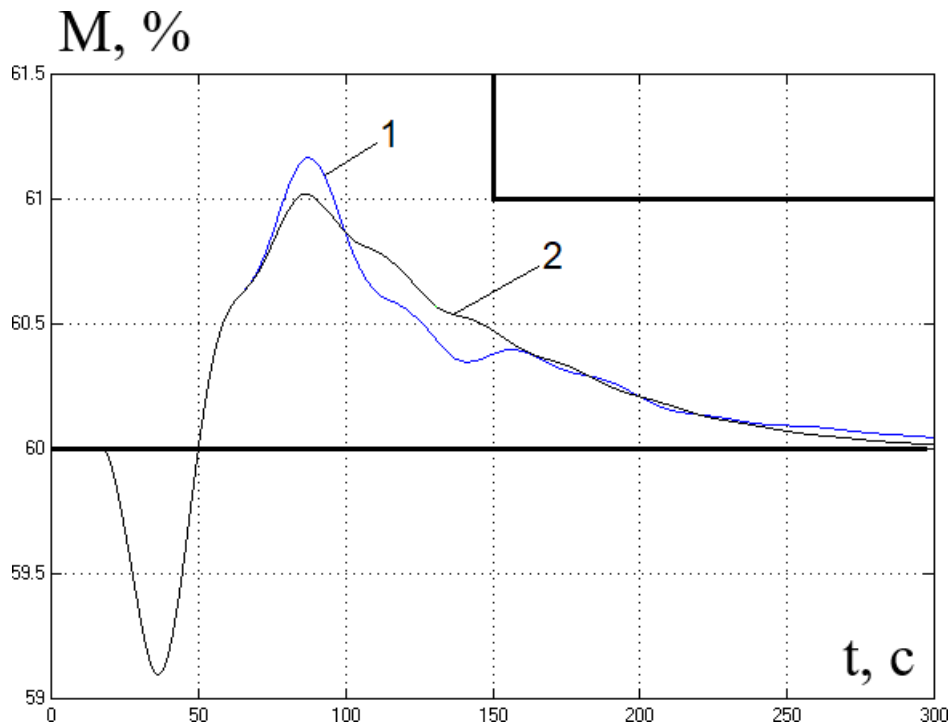


Рис. 3.29 – Перехідні процеси в САР базової структури та САР підвищеної динамічної точності

Таблиця 3.3 – Результати порівняння САР базової структури та САР підвищеної динамічної точності у перехідних режимах

Структура САР	Прямі показники якості				Критерій
	$\Delta\theta^{\text{МАКС}}$, °С	$T_{\text{ПП1}}$, с	$\Delta M^{\text{МАКС}}$, %	$T_{\text{ПП2}}$, с	
базова	1,88	51,95	1,17	96,08	18,18
Підвищеної динамічної точності	1,88	51,95	1,02	90,3	16,9

3.5 Отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів

При виробництві температурно-вологісний режим в виробничому приміщенні підтримується штатною САР в якості якої в даній роботі обрано контроллер фірми SIEMENS SIMATIC S7-300 найпростішої структури з позиційними регуляторами температури θ і вологості ϕ . Тип регулятора θ – РТ-3, вологості – з комплекту вологоміра типу ГС-212.

3.6 Висновки за розділом

САР з ПД-регулятором в перехідних режимах задовольняє гранично припустимим вимогам, а САР температури з П-регулятором не задовольняє цим вимогам за максимальним динамічним відхиленням.

І САР з П-регулятором, і САР з ПД-регулятором є грубими.

За більшістю показників якості САР з ПД-регулятором є кращою, ніж САР з П-регулятором. Тому в подальших дослідженнях в якості базового алгоритму регулювання будемо застосовувати ПД-регулятор.

САР підвищеної динамічної точності задовольняє гранично припустимим вимогам. Після підвищення динамічної точності показники якості перехідного процесу несуттєво покращилися. САР підвищеної динамічної точності є грубою.

Оскільки для САР підвищення динамічної точності дає покращення інтегрального показника якості регулювання, тому САР підвищеної динамічної точності використовувати доцільно.

В якості цифрового аналогу САР яка б забезпечувала температурно-вологісний режим згідно регламенту було обрано контролер фірми SIEMENS SIMATIC S7-300.

РОЗДІЛ 4. КОНКРЕТИЗАЦІЯ ЗАДАЧІ І РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ЛОГІЧНОГО КЕРУВАННЯ ПІДГОТОВКОЮ ПОВІТРЯ В ПРОМИСЛОВОМУ КОНДИЦІОНЕРІ

4.1 Конкретизація задачі логічного керування процесом кондиціювання повітря

В якості об'єкта модернізації системи автоматизації обрана ділянка регулювання температуро-вологісного режиму повітря яке поступає у виробниче приміщення рис. 4.1.

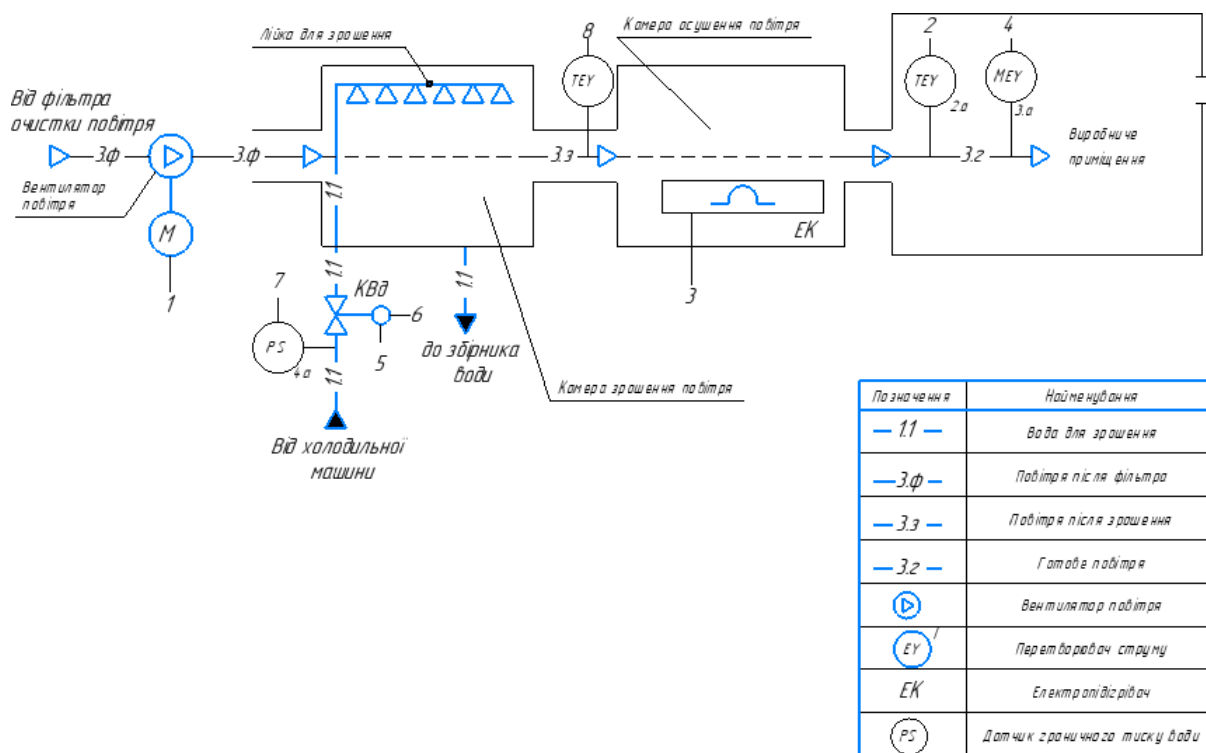


Рис. 4.1 – Апаратурно-технологічна схема процесу регулювання температуро-вологісного режиму повітря виробничого приміщення

Очищене повітря після фільтра нагнітається вентилятором (привод М) в камеру для зрошення, де з допомогою лійок для зрошення зрошується до 100% вологості та нормалізується до температури 14°C. Вода до лійок для зрошення поступає по трубопроводу із холодильної машини розхід якою регулюються клапаном для води **KBД** також з допомогою граничного датчика тиску води **PS** ведеться сповіщення про наявність необхідного тиску води для зрошення.

Далі зрошене повітря надходить до камери осушування, попередньо перед входом в камеру осушування повітря проходить контроль датчиком температури **ТЕУ2** на відповідність заданній температурі. В камері осушення повітря нагрівається з допомогою **ТЕНу** до температури 20°C яка забезпечить відносну вологість 60%. Потужність **ТЕНа** складає 2 кВт. Регулювання температури в камері осушування забезпечується завдяки подачі на **ТЕН** змінного струму через регулюючий перетворювач (**ЕУ**). Вимірювання температури готового повітря що поступає у виробниче приміщення здійснюється датчиком **ТЕУ1**, а відносної вологості – датчиком **МЕУ**.

Процес кондиціонування повітря в виробниче приміщення складається з етапів: очищення повітря з допомогою фільтра, нагнітання повітря з допомогою вентилятора, зрошення та охолодження повітря, нагріву та осушення повітря.

Послідовність етапів, що складає процес кондиціонування повітря є наступною. Спочатку вмикатися електропривод **М** вентилятора нагнітання повітря, потім одночасно вмикається **ТЕН** камери осушування та подача води для зрошення до лійок в камеру зрошення.

Повітря, що подається в виробниче приміщення, фільтрується, зволожується та нагрівається **ТЕНом** до $\theta = 20^{\circ}\text{C}$ та відносній вологості $M = 60\%$.

Згідно до отриманих раніше вихідних даних (за дослідженнями з ідентифікації **ОК**) розглядалися регламенти на роботу виробничого кондиціонеру, основні з них наведені в табл. 1.1

4.2 Формалізація регламентів, розробка алгоритмів автоматичного логічного керування пуском ділянки в роботу та нормальною зупинкою

Для складання регламенту функціонування виробничого кондиціонеру, як вихідні дані розглянемо такі характеристики обладнання (рис. 1): електродвигун **М** керується дискретно; клапан подачі води **КВд** регульований (аналогової дії); через перетворювач струму здійснюється плавне регулювання **ТЕНом**.

Також використаємо дані попередніх досліджень з ідентифікації ОК за каналами керування температурою та вологістю, відповідно « $u - \theta$ » та « $u - M$ », а також результати синтезу системи регулювання, що наведемо у табл. 3.1 та 3.2

Складемо блок-схему регламенту функціонування виробничого кондиціонера за його пуском (з аварійною зупинкою) (рис. 2), згідно до наведеного вище словесного опису.

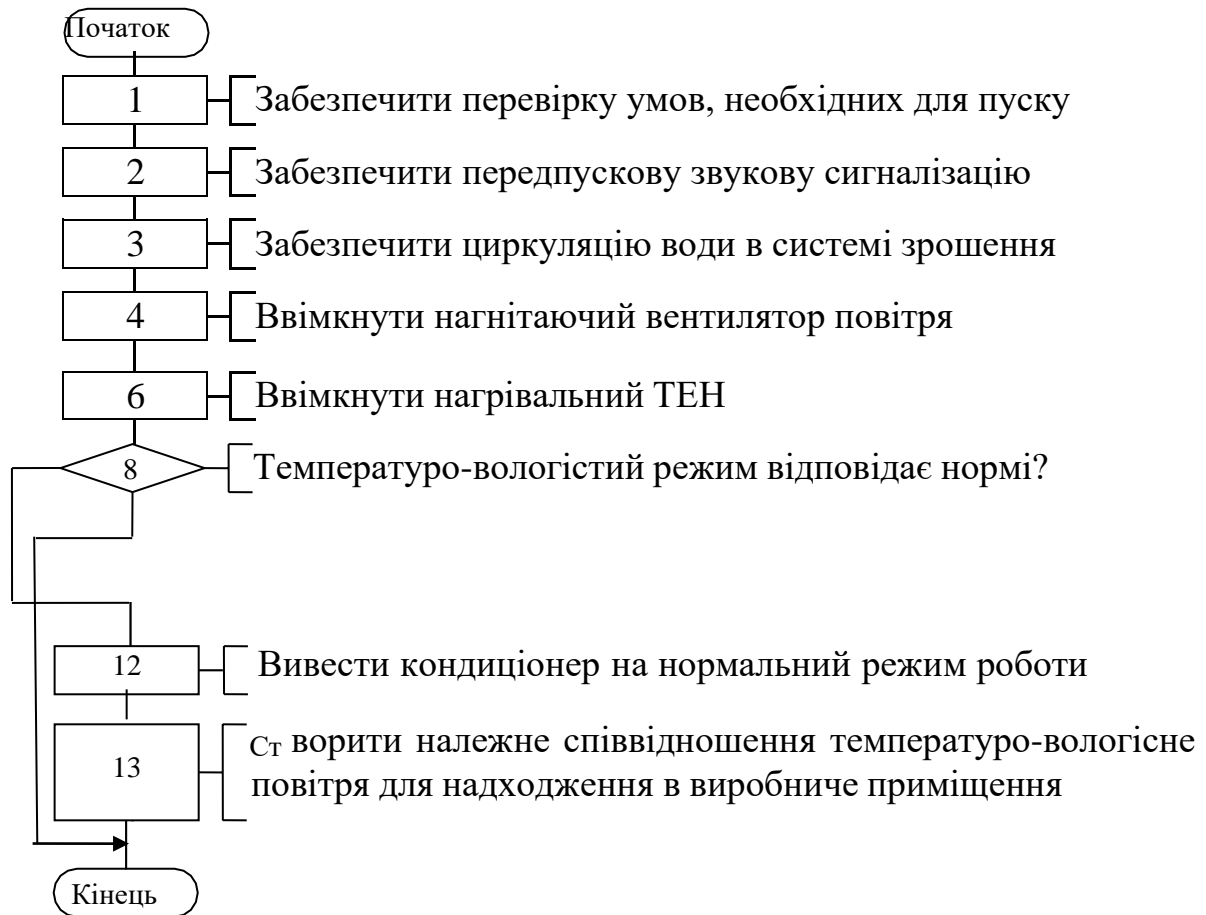


Рис. 4.2 – Блок-схема регламенту функціонування промислового кондиціонера за його пуском (з аварійною зупинкою)

Складемо блок-схему регламенту функціонування промислового кондиціонера за його штатною зупинкою (рис. 4.3).

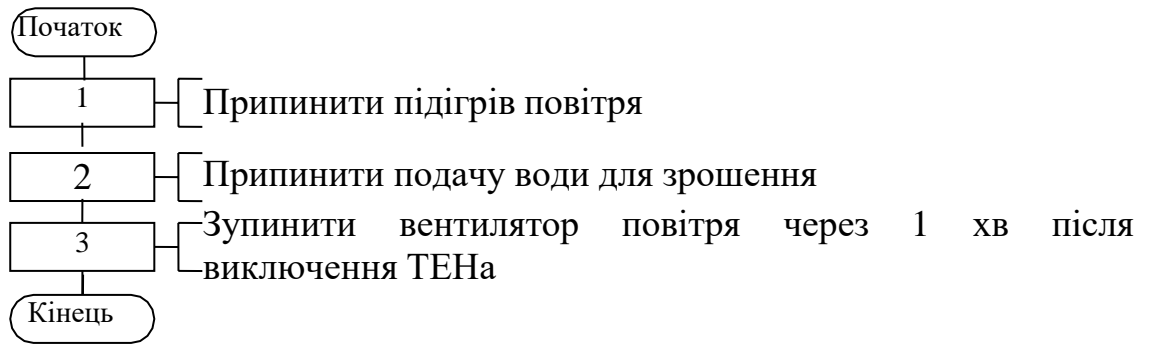


Рис. 4.3. – Блок-схема регламенту функціонування промислового кондиціонера за штатною зупинкою

Розглянемо регламент функціонування промислового кондиціонера за аварійною зупинкою. Причиною аварійної зупинки печі, будемо вважати аварійну зупинку приводу М вентилятору повітря. Якщо перевірка в процесі роботи кондиціонера показує наявність аварії ($M=0$), необхідно негайно вимкнути ТЕН і перекрити подачу води для зволоження.

Складемо блок-схему регламенту функціонування за аварійною зупинкою кондиціонера (рис. 4.4).

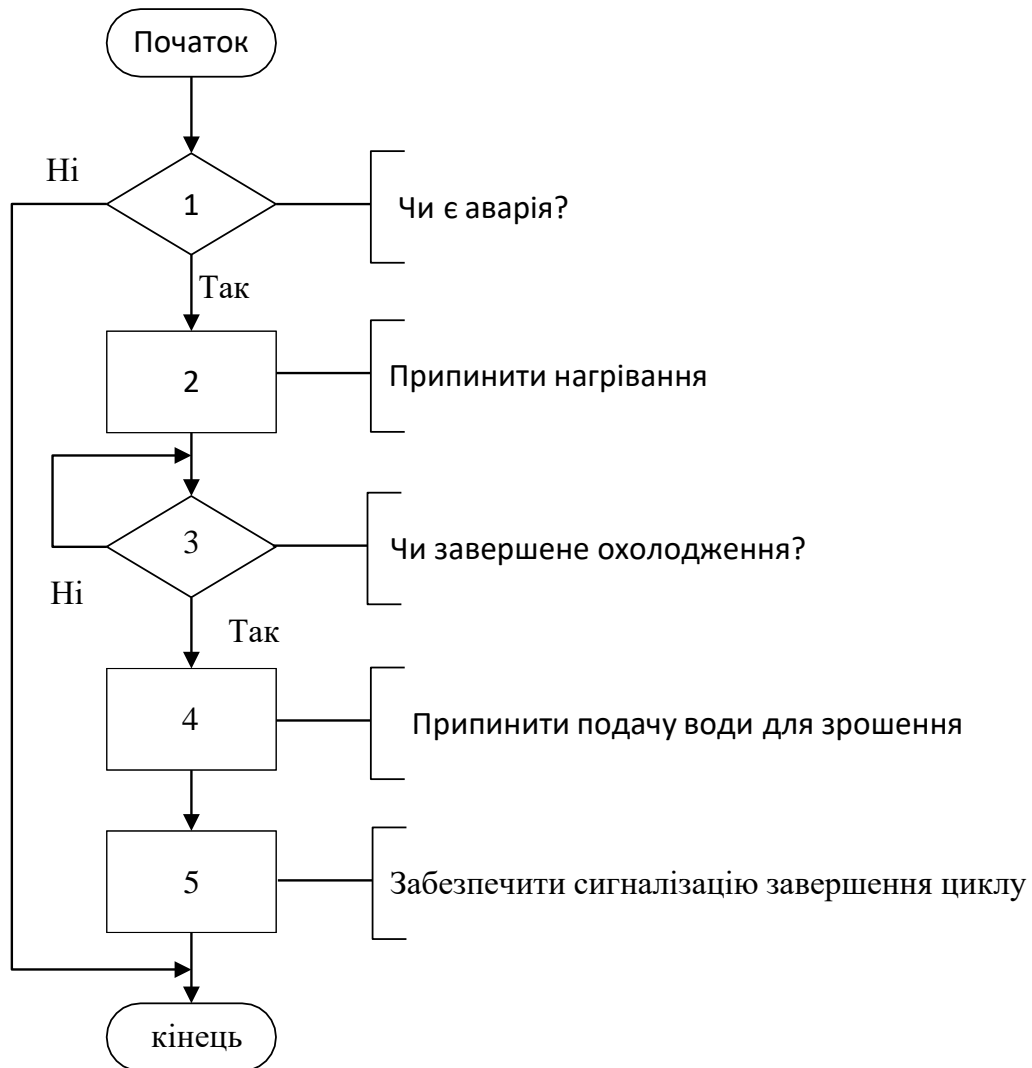


Рис. 4.4– Блок-схема регламенту функціонування промислового кондиціонера за аварійною зупинкою.

4.3 Формалізація регламентів та розробка алгоритмів логічного управління для підсистем зупинки в нештатних ситуаціях

На основі регламенту функціонування ТОК, складеному в попередньому підрозділі, розробимо алгоритми керування (тобто послідовність формування та видачі керуючих дій на ТОК) у вигляді окремих блок-схем, на аналогічних етапах циклу функціонування агрегату: керування за пуском та технологічною зупинкою.

Пуск процесу здійснюється за натисканням оператором кн. «PUSK».

Перед початком технологічного процесу перевіряються передпускові умови, тобто: наявний достатній тиск води ($PS=1$) в водопроводі. Якщо умови виконані, то починається процес. Спочатку включається передпускова сигналізація. Через 10 сек. вона виключається, потім включається електропривод, вентилятора повітря (М). Після подачі повітря відкривається клапан подачі води для зрошення повітря, після якого вмикається регульований нагрівач, та датчиком подається величина струму на 40% від максимально можливого. Коли температура в камері осушування досягне нижньої межі діапазону – $\theta > 20^{\circ}\text{C}$ (за датчиком ТЕУ), переключається керування ТЕНом на вихід регулятора температури (КР θ), при цьому зовнішній датчик регулятора ($\theta^{zd} = 22^{\circ}\text{C}$) повинен бути до нього підключений. Після включення КР θ відкривається КВд. подача води в камеру зрошування. Датчик спочатку встановлюється на 60% діапазону, а після досягнення вологості до нижньої межі діапазону – $M = 59\%$ (за датчиком МЕУ), переключається керування КВд води на вихід регулятора вологості (КР M), при цьому внутрішній датчик регулятора вологості встановлений на 60%.

Блок-схема алгоритму керування за пуском промислового кондиціонера наведена на рис. 5

Технологічна зупинка здійснюється після появи звукового сигналу (2с) та світловий, шляхом натискання оператором кн. «STOP», після чого реалізується алгоритм технологічної зупинки кондиціонера.

По-перше, необхідно вимкнути КР θ , внаслідок чого відключається ТЕН, завдяки чому починається процес охолодження. За досягненням початкових значень температури охолодження – $\theta = 18^{\circ}\text{C}$, відносної вологості $M = 70\%$, вимикають електропривод М вентилятора та перекриваю подачу води для зволоження регулюючим клапаном КВд. Останньою дією є подання сигналу про зупинку кондиціонера. Блок-схема алгоритму керування за штатною зупинкою промислового кондиціонера наведена на рис. 4.6

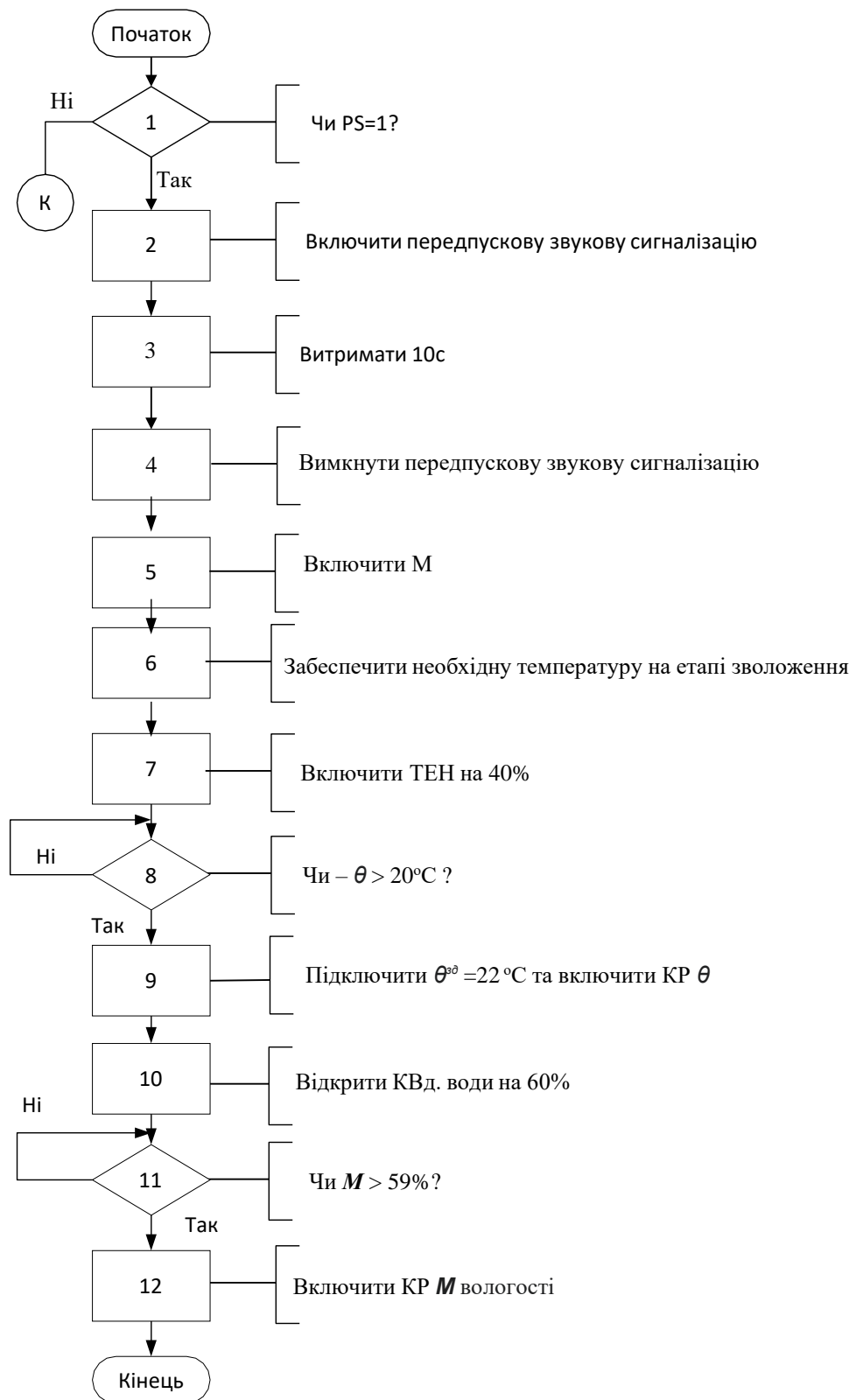


Рис. 4.5 – Блок-схема алгоритму керування промисловим кондиціонером за його пуском

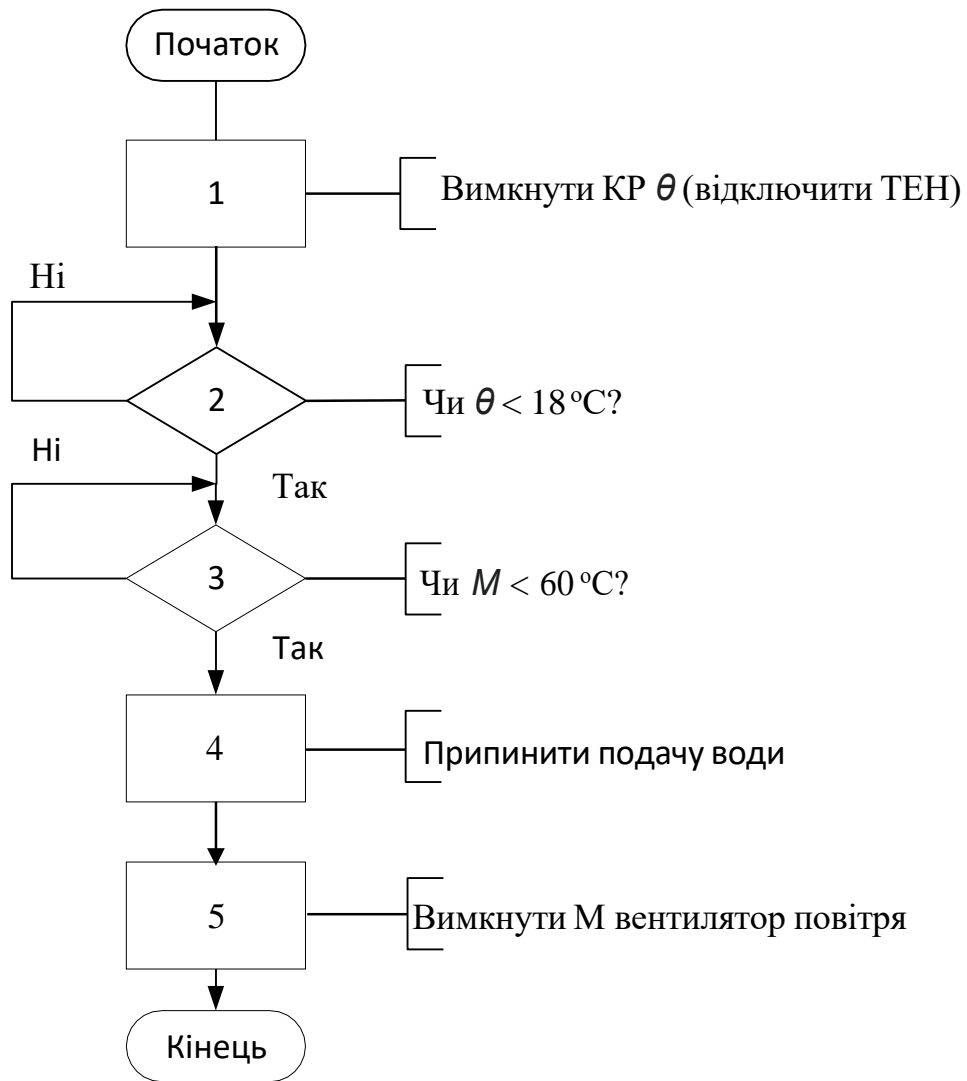


Рис. 4.6– Блок-схема алгоритму керування промисловим кондиціонером за штатною зупинкою

Аварійна зупинка здійснюється автоматично за сигналом аварійного вимикання електроприводу М. Блок-схема наведена на рис. 4.7. Спочатку перевіряється наявність аварії, якщо її нема алгоритм завершений. Якщо перевірка в процесі роботи кондиціонера показує наявність аварії ($M1=0$), негайно вимикається контур регулювання (КР Т), внаслідок чого відключається ТЕН.

Складемо блок-схему регламенту функціонування за аварійною зупинкою промислового кондиціонера (рис. 4.7).

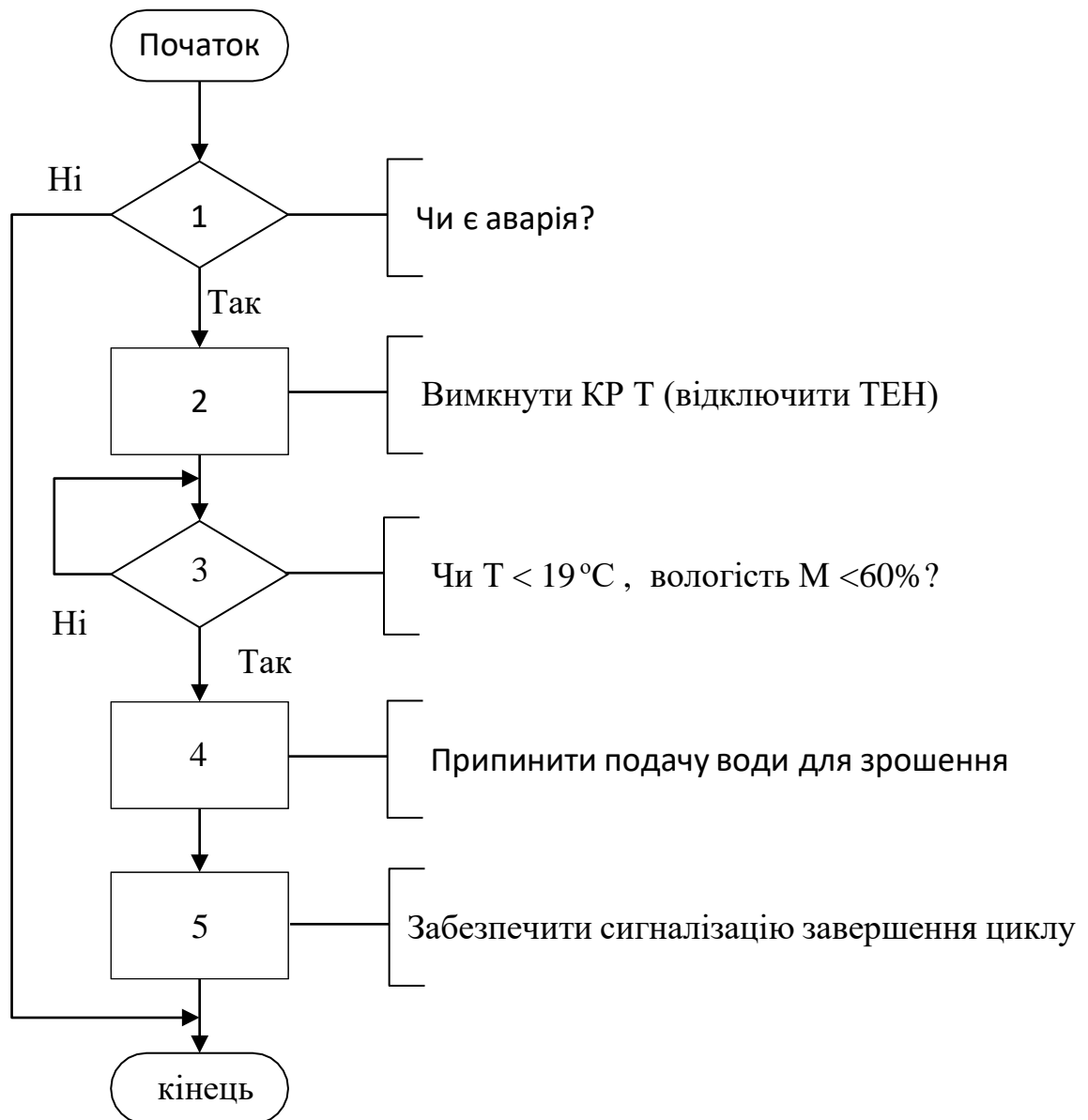


Рис. 7– Блок-схема регламенту функціонування промислового кондиціонера за аварійною зупинкою.

4.4 Реалізація алгоритмів логіко-програмного управління в виді функціональної логічної схеми

ФЛС процесу наведена на рис. 4.8. Формування умов необхідних для запуску здійснюється елементом 8 за сигналами від датчику реле 1 тиску (PS=1) води в водопроводі, а також від кнопки «PUSK» 2, котрі приходять у схему, через ДЦП 6-7. Підхоплення сигналу пуску здійснює RS-тригер 10. Після появи

логічної «I» на виході RS-тригера включається передпускова звукова сигналізація (ППЗС). Витримку часу забезпечує таймер 17 (10 с). Формує сигнал включення на ППЗС елемент 11 «&» через ЦДП 13. Після витримки часу сигнал «I» подається на RS-тригер 35 і через ЦДП 36, включає М (привод вентилятора). Після включення М, від RS-тригера 35, також, сигнал «I» подається на блок «&» 26, а потім на RS-тригер 49, від котрого сигнал іде до задатчика 50, звідки сигнал подається до перемикача 51 (зверху), та включає нагрівач ТЕН (на відповідний % потужності), через ЦАП 52 та перетворювач струму.

Датчик температури через АЦП 27 подає сигнал на регулятор 30, через який він подається на перемикач 51 (збоку). Одночасно датчик температури через АЦП 52 подає сигнал на пороговий елемент 29 ($\theta > 20\text{ }^{\circ}\text{C}$), через який (за виконанням умови) він подається на блок «&» 53, куди також, сигнал раніше подається від RS-тригера 49. Від блоку «&» 26 сигнал подається на перемикач 51 (знизу). Внаслідок перемикання блока 51, на ТЕН через ЦАП 52 та перетворювач струму подається сигнал керування (u_{θ}) від регулятора температури 27.

Після нагріву ТЕНа кондиціонера більш $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ включається КВД холодної води. При цьому від RS-тригера 10, сигнал «I» подається на блок «&» 46 та 40, RS-тригер 41 і задатчик 42 (69%), подається сигнал до перемикача 44 (зверху), котрий відкриває клапан пари до зволожувача (на 70%), через ЦАП 45.

Датчик вологості через АЦП 43 подає сигнал на регулятор вологості, через який він подається на перемикач 48 збоку. Також, датчик вологості через АЦП 44 подає сигнал на пороговий елемент 47 ($M > 69,5\%$), через який він (за досягненням нижнього порогового значення діапазону) подається на блок «&» 40. Туди, також, раніше поданий сигнал від RS-тригера 41. Від блоку «&» 39 сигнал подається на перемикач 44 знизу, що забезпечує підключення сигналу керування (u_M) від регулятора вологості до клапану води до зволожувача через ЦАП 45.

Скидання низки тригерів для підготовки наступного циклу роботи здійснюється за наступним натисканням кнопки «PUSH».

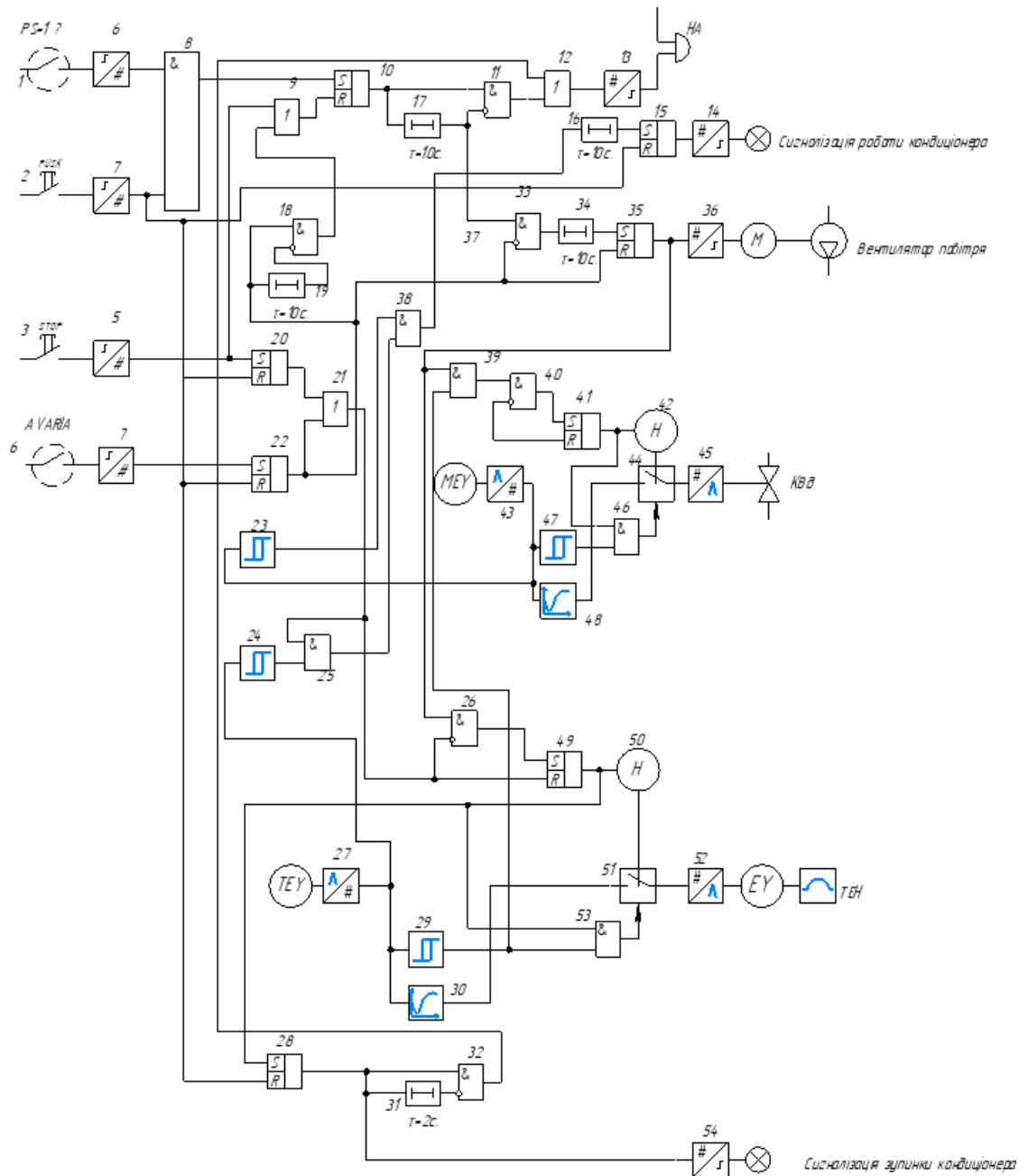


Рис. 4.8 – Функціонально логічна схема керування процесом роботи кондиціонера

4.5 Імітаційне моделювання роботи алгоритмів логічного керування

Програма моделювання роботи САК наведена на рис. 4.9. Для скорочення часу моделювання деякі параметри блоків масштабовані (зменшені), а саме: блок 180с Timer4 – 90с, блок 780с Timer5 – 380с, блок 6420с Timer6 – 1700с.

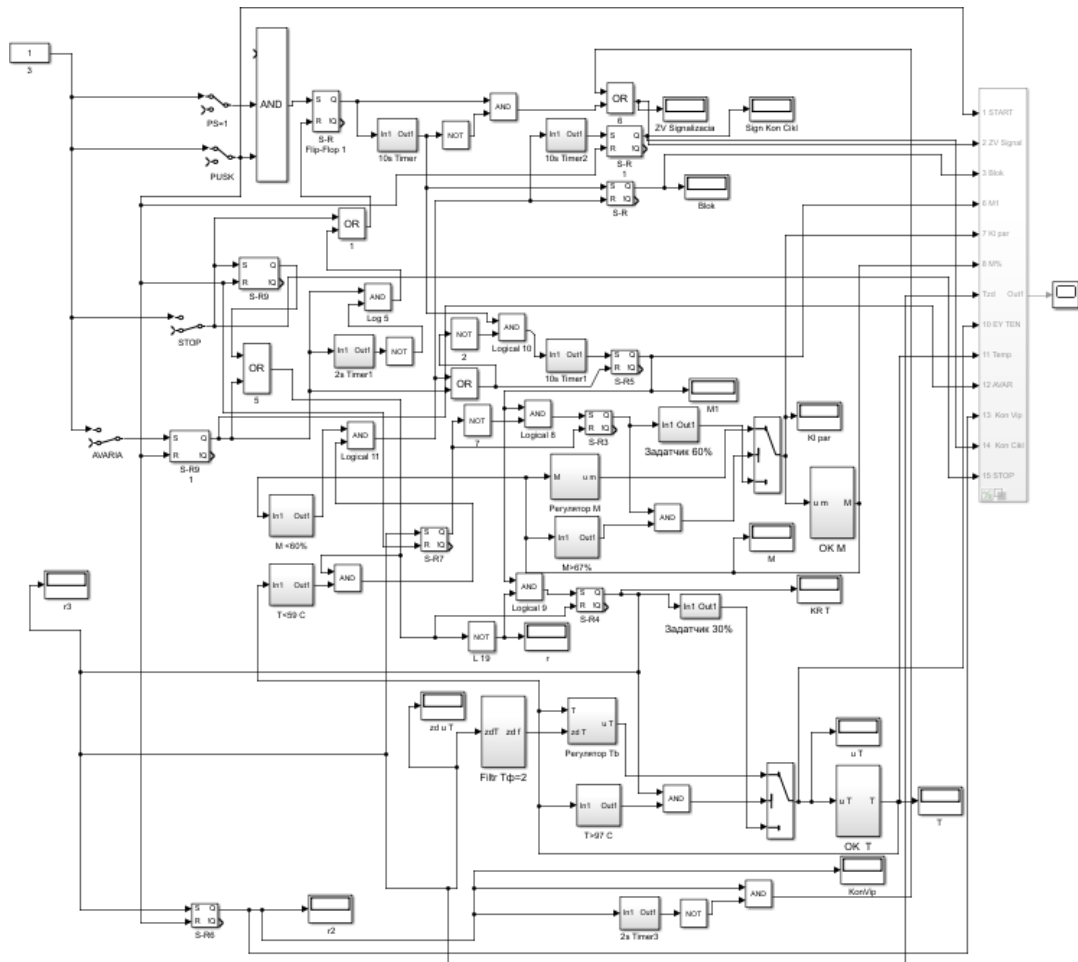


Рис. 4.9 – Схема моделювання роботи алгоритму керування за пуском, технологічною та аварійною зупинкою котла, реалізована в MATLAB

Моделювання роботи САК здійснюється в середовищі MATLAB, при цьому використані характеристики ОК, регламенти, параметри налаштування регуляторів та програми зміни температурних режимів випікання ідентичні здобутим у попередніх дослідженнях.

Формування умов необхідних для *запуску* здійснюється елементом AND (Logical operator1 – AND1) за сигналами від датчику реле тиску PS=1 наявність пари в паропроводі, також від кнопки PUSK. З AND1 сигнал надходить на вхід «S» тригера SR Flip-Flop 1, котрий зводиться, і через AND2 починає працювати передпускова звукова сигналізація (ППЗС). Витримку часу на ППЗС забезпечує таймер 10s Timer, сигнал від якого через інвертор (NOT3), потрапляє в логічний елемент AND2, вихідний сигнал із котрого, формує сигнал на ППЗС.

Програма ПІ-регулятора із зовнішнім завданням наведена на рис. 10.

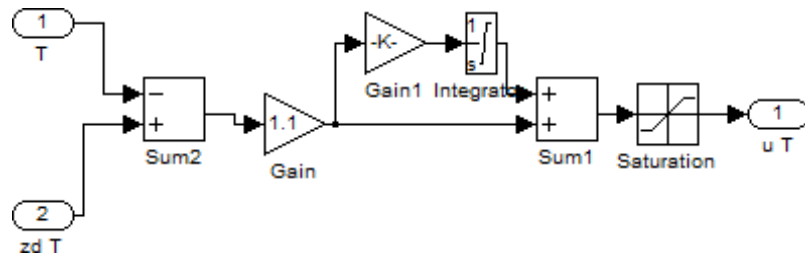


Рис.4.10 – Схема програми регулятора із зовнішнім задатчиком

Усі сигнали контрольованих змінних, а також ті, що керують ТЕНом, клапаном води, двигунами електропривода та сигнали, що формуються оператором, від кнопок «START» і «STOP» подаються на Score5 через MUX_dr_score 1, схема котрого наведена на рис. 4.11.

Таким чином, робота ФЛС, що розроблена, повністю відображена в роботі програми в середовище MATLAB.

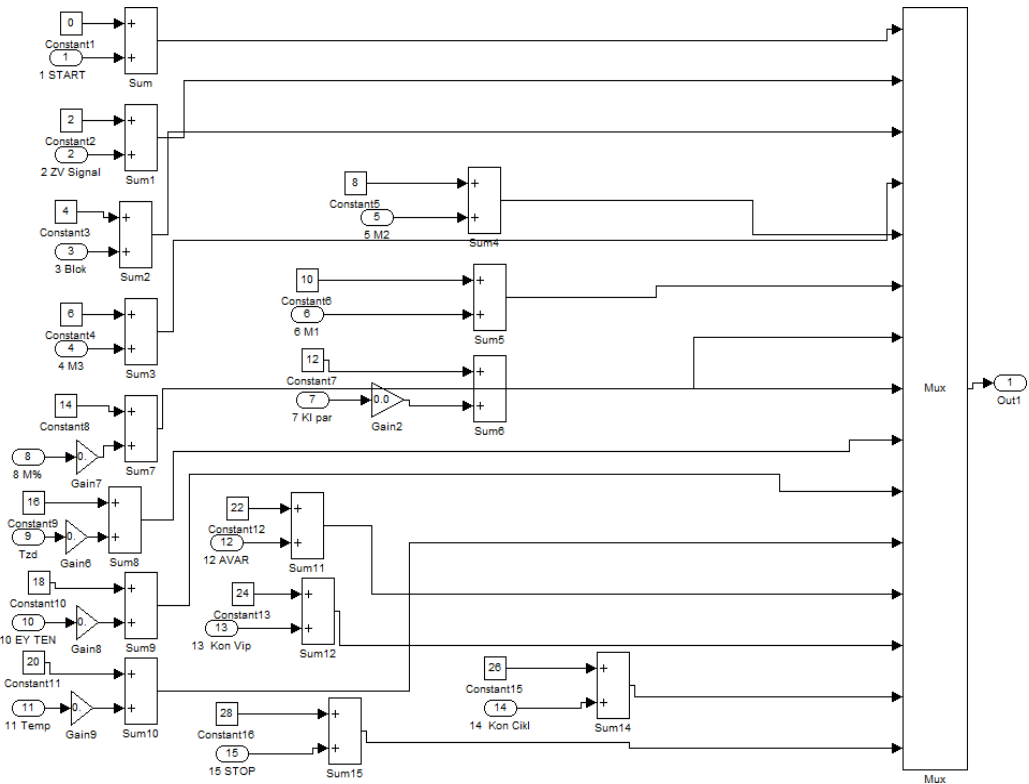


Рис. 4.11 – Схема моделювання роботи блоку MUX_dr_score 1, що реалізована в MATLAB

На рис. 4.12, 4.13 наведені часові графіки змінних (Діаграма роботи системи керування), що відображають реальну послідовність керування

пристроями КТЗ (ТЕНом, клапаном води, приводом вентилятора, світлової та звукової сигналізації і ін.).

На рис. 4.12 наведено діаграму роботи системи керування за пуском та в штатному режимі зупинки, що здійснюється за натисканням оператором кнопки «STOP».

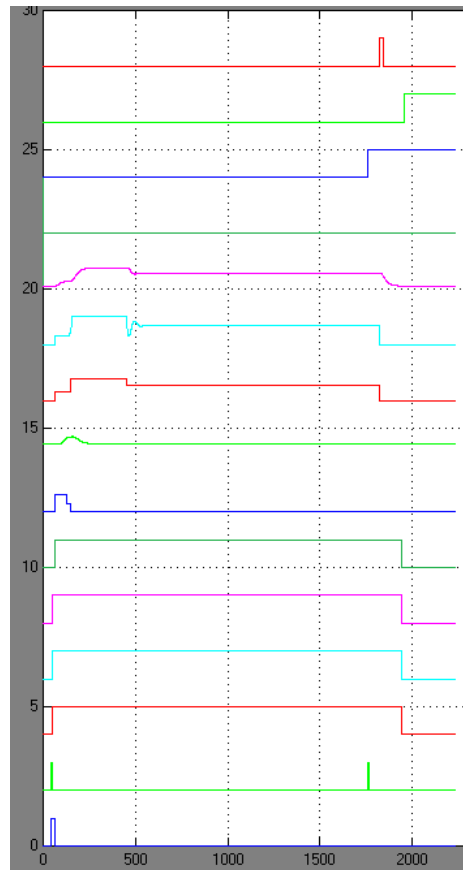


Рис. 4.12 – Діаграма роботи системи керування кондиціонером в штатному режимі

На рис. 13 наведено діаграму роботи системи керування за пуском та в аварійному режимі зупинки, що відповідає аварійній зупинці електроприводу М1 вентилятору повітря. При цьому кнопка «STOP» оператором не натискається.

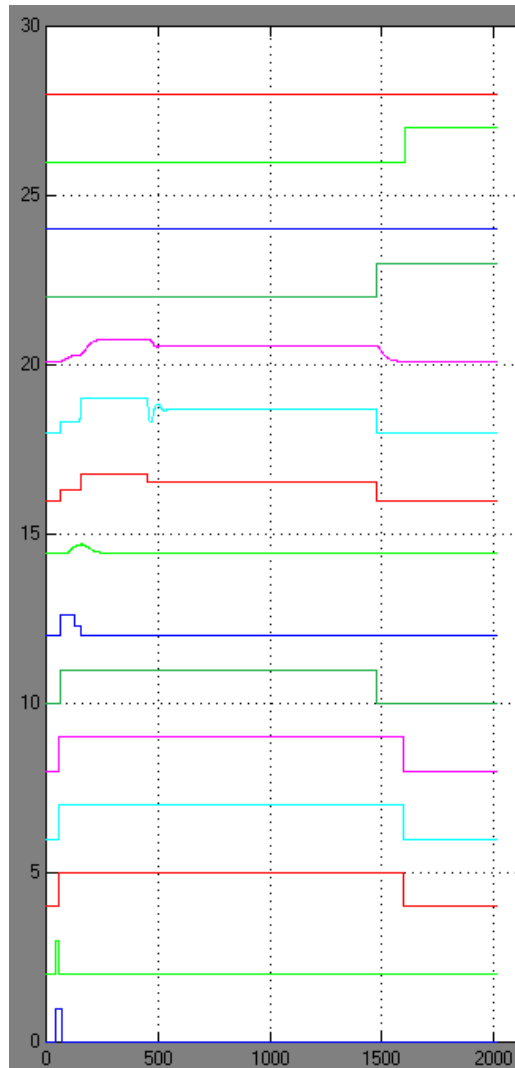


Рис. 4.13 – Діаграма роботи системи керування кондиціонером в аварійному режимі

4.6 Висновки за розділом

В результаті виконання даного розділу для конденціонера виробничого приміщення були складені регламенти функціонування та алгоритми пуску-зупинки та в аварійному режимах, розроблена функціональна логічна схема керування кондиціонером, побудована імітаційна модель її реалізація на ЕОМ, за допомогою середовища MATLAB. Можемо зазначити, що алгоритми керування, які були розроблені, а також характеристики отримані при моделюванні роботи САК достатньо точно співпадають з реальними технологічними процесами роботи промислового кондиціонера.

РОЗДІЛ 5. ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ ОТРИМАННЯ ІНФОРМАЦІЇ ПРО ЗМІННИ ПРОЦЕСУ ТА РЕАЛІЗАЦІЇ КЕРУЮЧИХ ВПЛИВІВ

5.1 Характеристики середовищ, з якими взаємодіють засоби автоматизації та обслуговуючий персонал

Зовнішнє повітря вентилятором нагнітається до камери зрошування, де доводиться зрошуванням холодною водою до вологості 100% при температурі 14°C. Цим забезпечується такий вологовміст повітря, який при температурі 20°C дасть відносну вологість 60%. Доведене до потрібного вологовмісту повітря поступає до камери підігрівання, де підігрівається електронагрівачем до заданої температури.

Згідно з описаного вище засоби автоматизації такі як датчики контролю температури та вологості контактують з очищеним зволженим повітрям, датчик тиску води встановлюється в трубопровід холодної води та контактує з водою.

Щит управління в якому знаходяться засоби контролю знаходиться в виробничому приміщенні в якому контролюється температурно-вологістний режим згідно табл. 1.1 регламенту.

Виробниче приміщення відноситься до вибухо- і пожежонебезпечних приміщень.

Так як умов в контрольованому приміщенні близькі до нормальних то в ньому можна розташувати пульт керування оператора, та щит управління.

5.2 Вибір технічних засобів збору інформації про хід технологічного процесу і стан обладнання

Для вибору технічних засобів збору інформації про хід технологічного процесу і стан обладнання складемо перелік параметрів, які підлягають вимірюванню та контролю.

У системі управління повинні реалізуватися наступні функції:

- Контроль та регулювання температура повітря
- контроль вологості повітря

- контроль наявності води в трубопроводі
- контроль струму який подається на ТЕН

Безпосередньо на вході повітря в приміщення контролюється температура та вологість повітря яке подається за допомогою датчиків температури та вологості РТ-3, ГС-212 які розташовані в каналі подачі повітря.

За допомогою датчику тиску води в трубопроводі контролюється наявність подачі води, даний датчик розташований безпосередньо на трубопроводі перед регулюючим запірним клапаном при відкриванні якого подається вода на зрошення.

За місцем установки ТЕНу, знаходиться прилад перетворювач струму який контролює струм подачі на ТЕН, та його температуру розігрівання.

5.3 Вибір технічних засобів для реалізації керуючих дій технологічного процесу

Контролер, що реалізує основні функції контролю та регулювання лінії CPU-313C-2DP фірми "Siemens", обраний з програмованих моделей, оснащений інтерфейсами MPI та PROFIBUS.

Всі модулі вводу/виводу серії SIEMENS SIMATIC S7-300 та CPU монтуються на профільній шині Siemens 122 мм, як окрема конструкція в щиті оператора. Вони використовуються для підтримки регламентних значень, передачу даних на робочу станцію на базі IBM PC сумісного комп'ютера, встановленого також в ОП. Контролери даної фірми серії SIMATIC S7-300 призначені для організації взаємодії між обчислювальною системою (ПК), що реалізують функції відображення та архівації інформації й датчиками безперервних і дискретних сигналів, а також для видачі керуючих сигналів на виконавчі механізми. CPU та модулі забезпечують виконання наступних основних функцій:

- прийом і дешифрацію команд по каналах MPI, PROFIBUS;
- введення й нормалізацію аналогових сигналів (струм, напруга – SM 331-7KF02-0AB0);

- опитування стану дискретних входів та виводи дискретних сигналів, через релейні виходи (SM 323-1BH01-0AB0);
- фільтрацію аналогових і дискретних вхідних сигналів;
- виводи аналогових сигналів управління (SM 332-5HB01-2AB0).

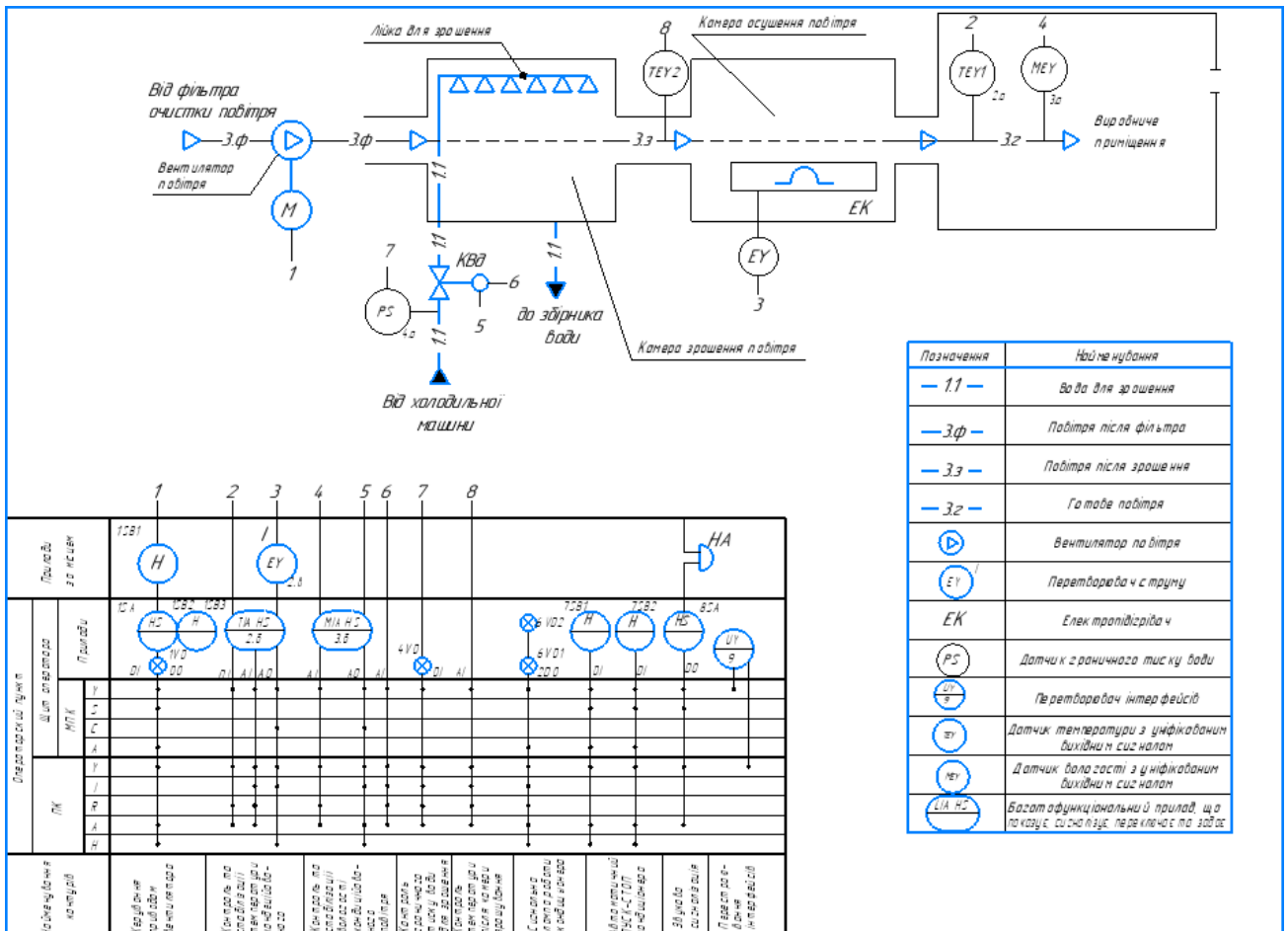


Рис. 5.1 Схема автоматизації процесу регулювання температурно-вологісного режиму в приміщенні

Взаємодія контролера й комп'ютера (ПК) здійснюється за допомогою модуля інтерфейсного зв'язку MPI-USB (PC ADAPTER USB A2, USB CABLE 5M INCLUDED MPI KABEL, 0,3M (6GK1571-0BA00-0AA0)).

Для керування установкою застосовується IBM PC сумісний комп'ютер на якому встановлена SCADA-система, що призначена для оперативного контролю, сигналізації, реєстрації параметрів. Також є можливість передачі даних на комп'ютери, що встановлені за межами ОП, за допомогою локальної мережі.

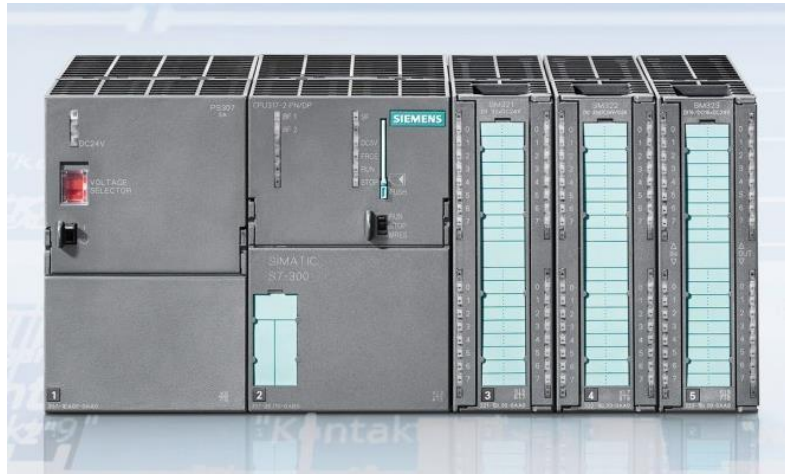


Рис. 5.2 – Загальний вигляд контролера SIEMENS SIMATIC S7-300

При необхідності пуску електродвигуна в дистанційному режимі при включеному $I-SQ$, ключ $I-SA$ переводять у положення 1, після чого натисканням кнопки «Пуск» (замикаючої) $I-SB3$ забезпечують подачу живильної напруги (220 В фаза – нейтральний провід) на котушку контактора $I-KM$, що замикає головні контакти $I-KM$ і двигун починає обертатися. Додатковий контакт $I-KM$ (замикаючий), який шунтує кнопку $I-SB3$, також замикається в момент подачі напруги на котушку, що забезпечує так назване «самопідхоплення» роботи електродвигуна і дозволяє операторові відпустити пускову кнопку, через 1-3 секунди після натискання. Факт роботи електродвигуна перевіряється при наявності світлової сигналізації по зміні світіння індикатора.

Подібне рішення, є захистом від провалля і повторної подачі напруги (захист від мінімальної напруги), тому що виключає можливість пуску електродвигуна, неконтрольованого оператором.

При необхідності зупинити електродвигун, натискають кнопку «Стоп» (що розмикає) $I-SB2$, розташовану на щиті оператора або аналогічну кнопку $I-SB1$, розташовану по місцю (поблизу електропривода). При знеструмленні контактора $I-KM$, його головні контакти розмикаються, і двигун зупиняється.

При роботі в автоматичному режимі ключ вибору $I-SA$ переводять у положення 3, при цьому при спрацьовуванні контакту K автоматичного пристрою (реле) котушка $I-KM$ магнітного пускача одержує живлення (220 В),

у результаті чого спрацьовують головні контакти пускача і двигун починає обертатися. Зупинка двигуна відбувається при розмиканні контакту K , а також, при необхідності, оператор має можливість самостійно його зупинити використовуючи кнопки «Стоп», як описано вище.

Для полегшення читання таких схем на них приводять діаграму роботи ключа вибору режиму.

Для захисту від перевантаження електропривода по токовому навантаженню у схемі використовуються контакти теплового реле $I-KK$.

У контурах управління виконавчими механізмами аналогової дії, для кожного контуру на щиті встановлені багатфункціональні прилади типу БРУ-7 з КБЗ-24-19. На лицевій панелі корпусу БРУ-7 можна побачити та змінити задане значення параметру (0 – 100%), переключити режим управління контуру (ручне – автоматичне), побачити на цифровому індикаторі поточне значення регульованої змінної та сигналізацію її граничних відхилень.

Розглянемо дію контуру 4. На кл. 1 датчика температури 4а подається дротом 901 +24 В від джерела живлення. Від датчика температури 4а з уніфікованим перетворювачем сигнал струму (4-20мА) дріт 4-21 подається на БРУ-7 (46) клема 1, через який від кл.2 дротом 4-22 подається на вхід АІ кл.06 (SM 331) МПК. Кл. 07, як усі клеми, котрі необхідно підключати до «-24»В, об'єднані з «-» джерела живлення дріт 902. Вихідний сигнал (4-20мА) (регулювання) з МПК (АО SM 332) кл. 03 дріт 4-24 подається на БРУ-7 (46) кл.21, звідки в автоматичному режимі БРУ сигнал з кл.20 подається дротом 4-23 на ВМ Velimo (4в) кл.3. Зворотній сигнал про ступень відкриття РО (АІ) подається з 4в кл.5 до МПК кл. 08 (SM 331) дротом 4-25 .

В ручному (дистанційному) режимі сигнал завдання з БРУ-7 (4б) кл. 9 через його замкнеті контакти 19 та 20 подається на ВМ Belimo (4в) кл.4.

Для перетворення струмового сигналу регулювання у сигнал напруги, що керує ВМ Belimo, використано високоточний опір 4R (500 Ом), який встановлюється безпосередньо на ВМ, таке рішення дозволяє зняти можливі похибки пов'язані із довжиною лінії.



Рис. 5.5. Загальний вигляд BELIMO SRFA-5-O

Технічні характеристики:

Номінальна напруга АС 24...240 В/DC 24...125 В

Номінальна частота напруги 50/60 Гц

Номінальний діапазон напруги АС 19,2...264 В/DC 21,6...137,5 В

Потужність при роботі 7 Вт

Споживана потужність у положенні спокою 3,5 Вт

Потужність для прокладання дроту 18 ВА

Підключення/керування живленням 1 м, 2 x 0,75 мм²

Паралельна робота Так (зверніть увагу на дані про продуктивність)

Функціональні дані

Моментний двигун Мін. 20 Нм

Повернення пружини моменту, що крутить Мін. 20 Нм

Напрямок обертання пружини-повернення Знеструмлений NO, клапан відкритий (А – АВ = 100%)

Ручне управління За допомогою рукоятки та блокувального перемикача

Кут повороту 90°

Двигун часу роботи 75 с/90°
Час спрацьовування аварійного режиму <20 с/90°
Потужність двигуна макс. 45 дБ(А)
Індикація положення Механічна
Строк служби Мін. 60 000 аварійних позицій
Безпека
Клас захисту IEC/EN II Захисна ізоляція
Клас захисту UL II Захисна ізоляція
Ступінь захисту IEC/EN IP54
Ступінь захисту NEMA/UL NEMA 2, UL Корпус типу 2
EMC CE відповідно до 2004/108/EC
Директива з низької напруги CE згідно 2006/95/EC
Сертифікація IEC/EN IEC/EN 60730-1 та IEC/EN 60730-2-14
Сертифікація UL cULus відповідно до UL 60730-1A, UL 60730-2-14 та
CAN/CSA E60730-1: 02
Режим роботи Тип 1.АА
Номінальна напруга/керування імпульсною напругою 4 кВ
Контроль ступеня забруднення 3
Температура навколишнього середовища -30...50°C
Неробоча температура -40...80°C
Вологість довкілля 95% r.h., без конденсації
Технічне обслуговування не потрібне
Приєднувальний фланець F05
Вага 2,3 кг Вартість, грн – 8337.

AC 24...240 V / DC 24...125 V, open/close

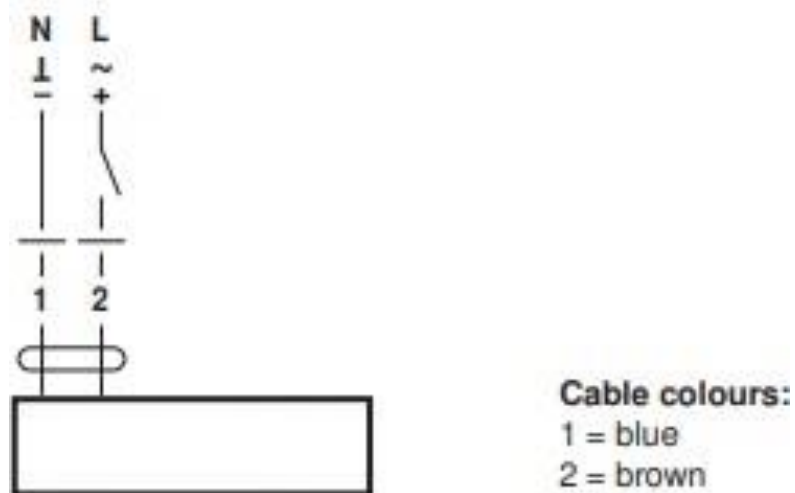


Рис. 5.6. Схема підключення BELIMO SRFA-5-O

Живлення усіх датчиків і щитових приладів здійснюється від джерел показаних на схемі електроживлення.

Усі клеми «—» 24В на джерелах живлення, модулях МПК та приладах об'єднані (дрот 902).

Контур 5 працює аналогічно, з датчиком температури 5а, БРУ-7 (5б) та ВМ Belimo (5в).

Крім того, на схемі показана організація вихідних дискретних сигналів від універсального дискретного модуля DI/DO SM 323, що забезпечує керування приводом вентилятора. За допомогою цього модуля реалізовані схеми управління у автоматичному режимі через проміжні реле (*K*).

5.4 Висновок за розділом

В даному розділі роботи був проведений вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів.

Для вибору технічних засобів збору інформації про хід технологічного процесу і стан обладнання був складений перелік параметрів, які підлягають вимірюванню та контролю. Контролю та вимірюванню підлягають: температура повітря, вологість повітря, наявність води в трубопроводі.

РОЗДІЛ 6. РОЗРОБКА КОНТРОЛЕРНО-КОМП'ЮТЕРНОЇ МЕРЕЖІ, ПРОГРАМУВАННЯ АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ ТА ЛОГІЧНОГО КЕРУВАННЯ САК

6.1 Визначення переліку сигналів, які слід вводити до мікропроцесорного контролеру та виводити з нього

Програмний синтез логіко-програмного керування та регулювання в середовищі ТІА V15.1.

У даному додатку буде розроблено альтернативний варіант логіко-програмного керування температурно-вологісним режимом в виробничому приміщенні, в середовищі програми ТІА Portal V15.1 розроблена німецькою фірмою Siemens.

Провівши аналіз технологічної схеми та схеми автоматизацій, згрупуємо сигнали, які необхідно вводити і виводити з мікропроцесорного контролера для реалізації алгоритмів в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 Список параметрів які вводяться і виводяться із контролера

№ п/п	Найменування параметру	Умовне позначення	Вид сигналу А/D	Тип сигналу I/O	Діапазон сигналу на вході/виході контролера	Позначення на схемі
1	Пуск вентилятора	HS	D	I	НО	DI
2	Включення контактора вентилятора	H	D	0	«сухий контакт»	D0
3	Включення ТЕН	EY	A	I	HЗ	AI
4	Датчики температури повітря в приміщенні	TEY1	A	I	4...20 мА	AI
5	Задання потужності підігріву	EY	A	0	4...20 мА	A0

6	Заміри вологи в приміщенні	MEY	A	I	4...20 мА	AI
7	Задання положення регулюючого клапану води для зрошення	MIA HS	A	0	4...20 мА	AO
8	Контроль положення клапану води для зрошення	MIA HS	A	I	4...20 мА	AI
9	Контроль наявності тиску води в трубопроводі	PS	D	I	NO	DI
10	Контроль температури повітря після зрошення	TEY2	A	I	4...20 мА	AI
11	Кнопка «Пуск»	SB2	D	I	NO	DI
12	Кнопка «Стоп»	SB2	D	I	N3	DI
13	Звукова сигналізація	HA	D	0	«сухий контакт»	DO

6.2 Розробка технічної структури мікропроцесорного ядра системи керування

Для реалізації алгоритмів управління в модулях УСО контролера повинні бути передбачені 4-аналогові входи, 2 -аналоговий вихід, 4-дискретних входів і 2-дискретних виходів.

Виходячи зі сформованої таблиці, для реалізації алгоритмів управління скористаємося контролером CPU-313C-2DP з модулями PLC – 1 шт., AI 8x12BIT – 1 шт., DI 16x24VDC – 1шт., AO 2x12BIT – 1шт..

Схема технічної структури мікропроцесорного ядра системи управління процесом дозрівання сирів, АРМ оператора представлена малюнку 6.1.

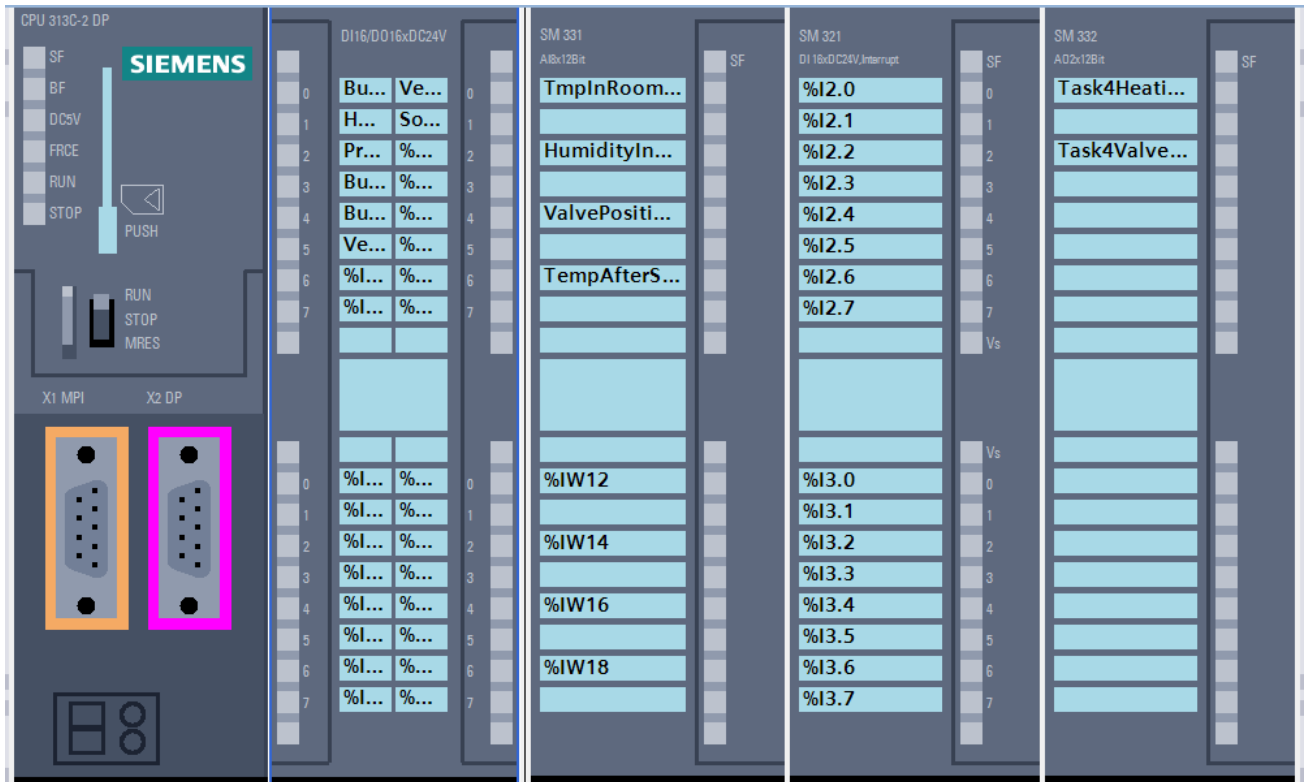
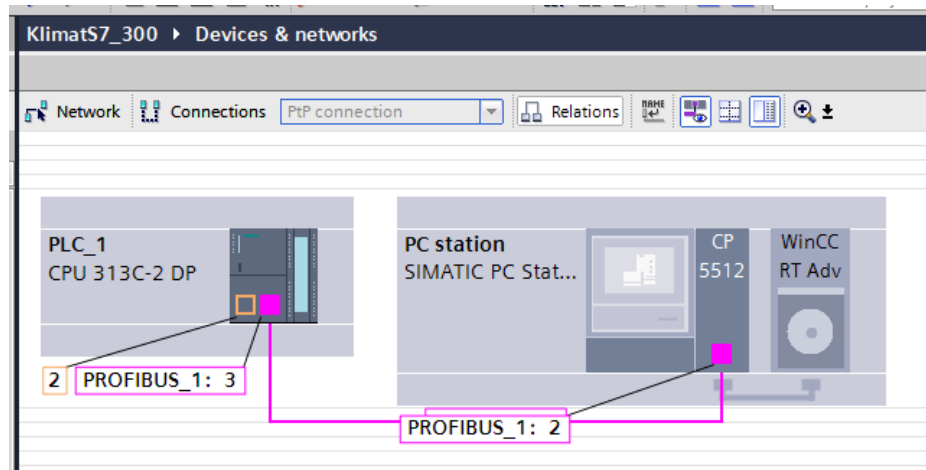


Рис. 6.1. Схема технічної структури мікропроцесорного ядра системи управління контролем температурно-вологісного режиму.

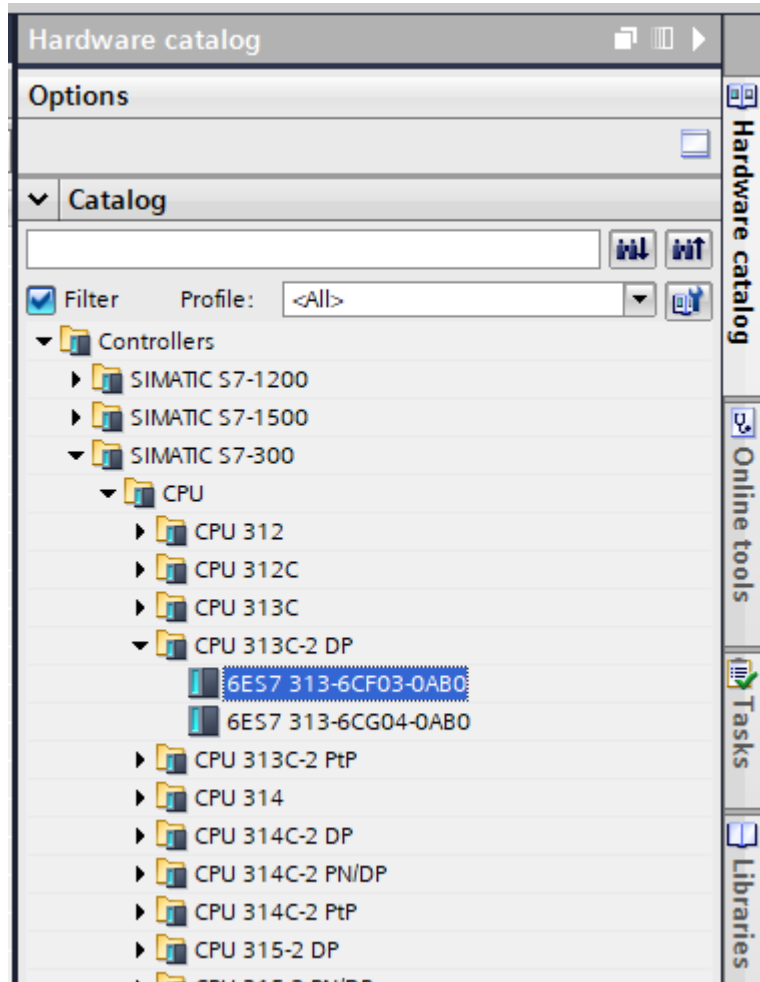


Рис. 6.2. Вікно вибору контролера та конфігурації його модулів УСО.

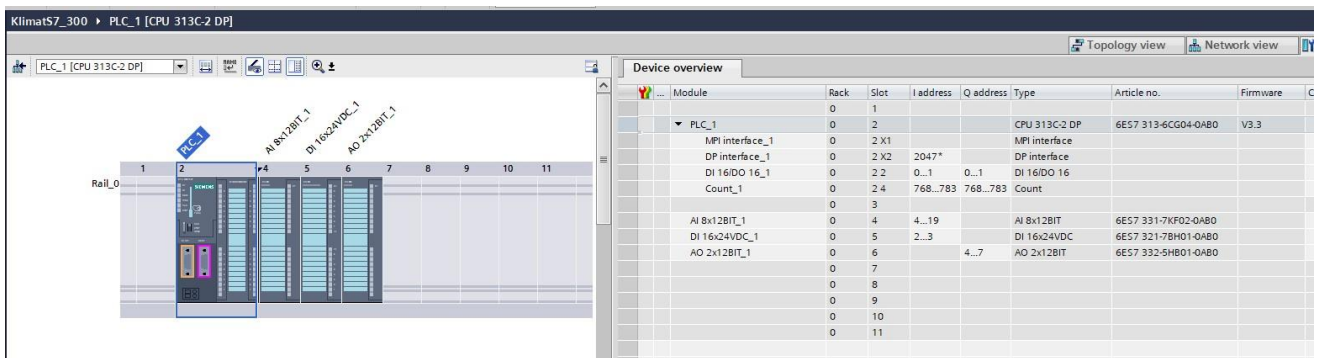


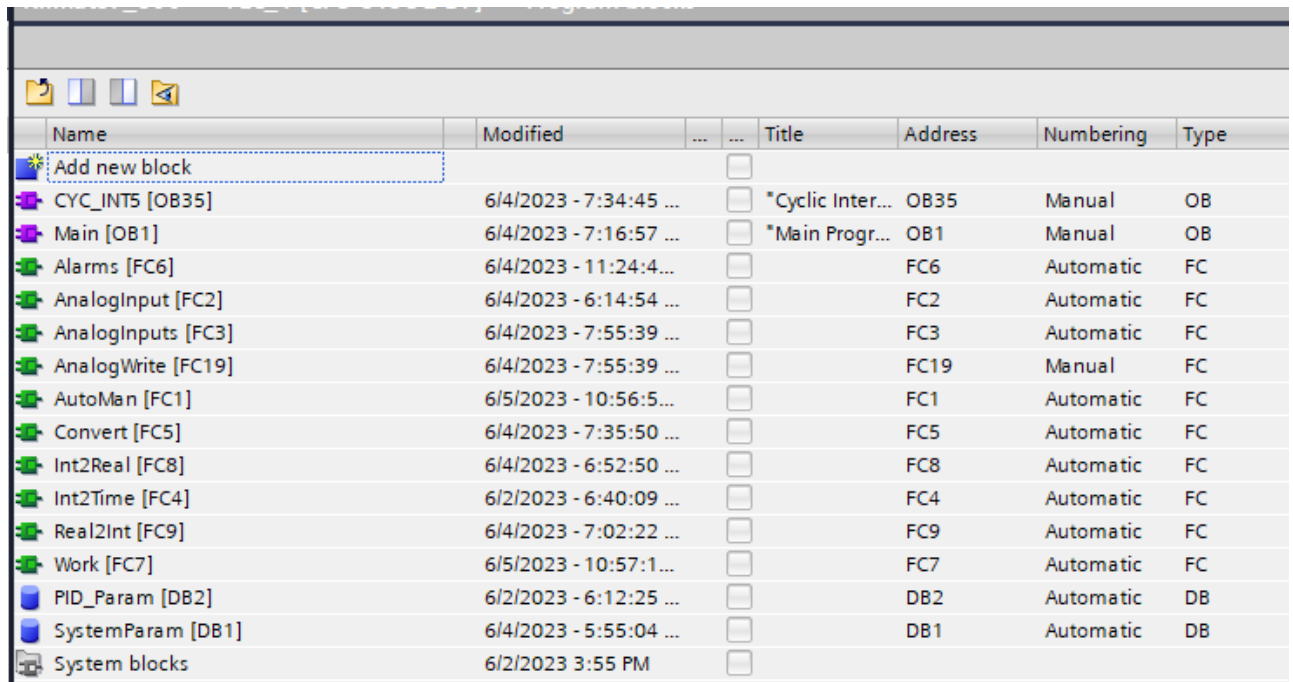
Рис. 6.3. Вікно прив'язки змінних до дискретних та аналогових входів та виходів модуля УСО контролера.

6.3 Програмне конфігурування контролера

Для реалізації алгоритмів управління створимо у проекті кілька програм та функціональних блоків. Список програм проекту представлений малюнку 6.4 У підпрограмі реалізуємо алгоритми логічного управління, а підпрограмі ROU_100ms алгоритм регулювання і модель ОУ для тестування його роботи.

Вихідні коди програм логічного управління представлені на рис. 9 та 10.

Вихідний код програми моделі одноконтурної САР представлений на рис.11.



Name	Modified	Title	Address	Numbering	Type
Add new block					
CYC_INT5 [OB35]	6/4/2023 - 7:34:45 ...	*Cyclic Inter...	OB35	Manual	OB
Main [OB1]	6/4/2023 - 7:16:57 ...	*Main Progr...	OB1	Manual	OB
Alarms [FC6]	6/4/2023 - 11:24:4...		FC6	Automatic	FC
AnalogInput [FC2]	6/4/2023 - 6:14:54 ...		FC2	Automatic	FC
AnalogInputs [FC3]	6/4/2023 - 7:55:39 ...		FC3	Automatic	FC
AnalogWrite [FC19]	6/4/2023 - 7:55:39 ...		FC19	Manual	FC
AutoMan [FC1]	6/5/2023 - 10:56:5...		FC1	Automatic	FC
Convert [FC5]	6/4/2023 - 7:35:50 ...		FC5	Automatic	FC
Int2Real [FC8]	6/4/2023 - 6:52:50 ...		FC8	Automatic	FC
Int2Time [FC4]	6/2/2023 - 6:40:09 ...		FC4	Automatic	FC
Real2Int [FC9]	6/4/2023 - 7:02:22 ...		FC9	Automatic	FC
Work [FC7]	6/5/2023 - 10:57:1...		FC7	Automatic	FC
PID_Param [DB2]	6/2/2023 - 6:12:25 ...		DB2	Automatic	DB
SystemParam [DB1]	6/4/2023 - 5:55:04 ...		DB1	Automatic	DB
System blocks	6/2/2023 3:55 PM				

Рис. 6.4. Список програм проекту.

FC2 – розрахунком аналогових вхідних даних у фактичні показники датчиків,

FC19 – розрахунком завдання для обладнання аналогові вихідні значення;

FC6 – обробка аварійних ситуацій;

FC1 – модулем запуску обладнання в автоматичному чи ручному режимі;

FC5 – модулями змінних змін з одних типів змінних в інші;

OB35 – ПІД модуль управління клапаном та нагрівачем

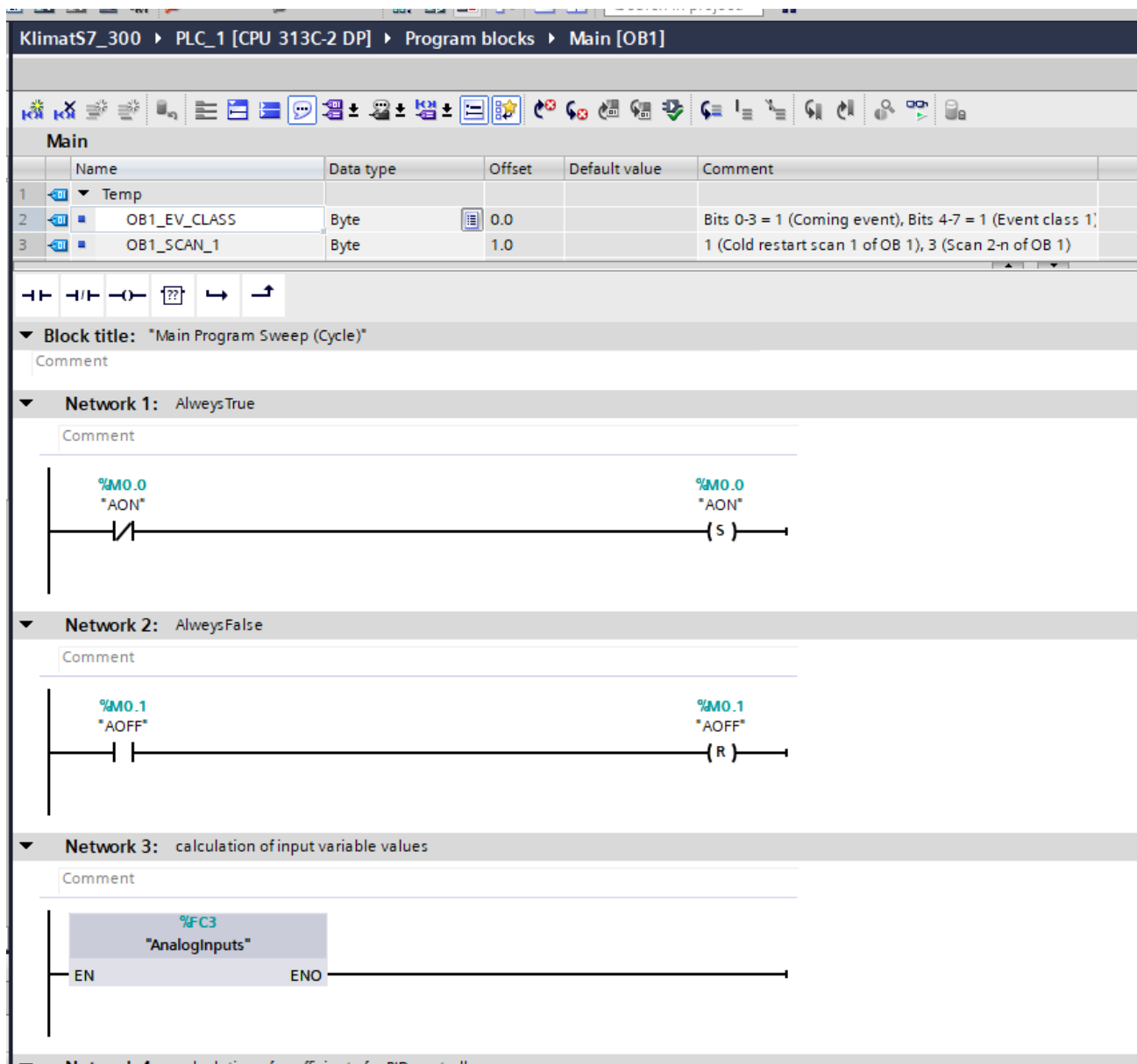


Рис. 6.5. Фрагмент вихідного коду логічного управління PLC

6.4 Розробка програми, що реалізує алгоритми регулювання

Для реалізації алгоритмів регулювання використовувались спеціально розроблений функціональний блок ПД – регулятору з інерційним задатчиком та переключенням режиму РУЧ/АВТ. На рис.6.6 представлена внутрішня структура регулятора.

KlimatS7_300 ▶ PLC_1 [CPU 313C-2 DP] ▶ Program blocks ▶ CYC_INT5 [OB35]

CYC_INT5

	Name	Data type	Offset	Default value	Comment
1	Temp				
2	OB35_EV_CLASS	Byte	0.0		Bits 0-3 = 1 (Coming event), Bits 4-7 = 1 (Event class 1)
3	OB35_STRT_INF	Byte	1.0		16#36 (OB 35 has started)

Рис. 6.6. Вихідний код програм реалізації ПД-регулятора.

6.5 Розробка програми, що реалізує алгоритми логічного керування

У програмі логічного управління Program blocks відповідно до алгоритму логічного управління формуються команди включення та вимкнення двигуна вентилятора та клапану підігріву ТЕНа.

Вихідний код програми автоматичного керування представлений на рис.

6.7

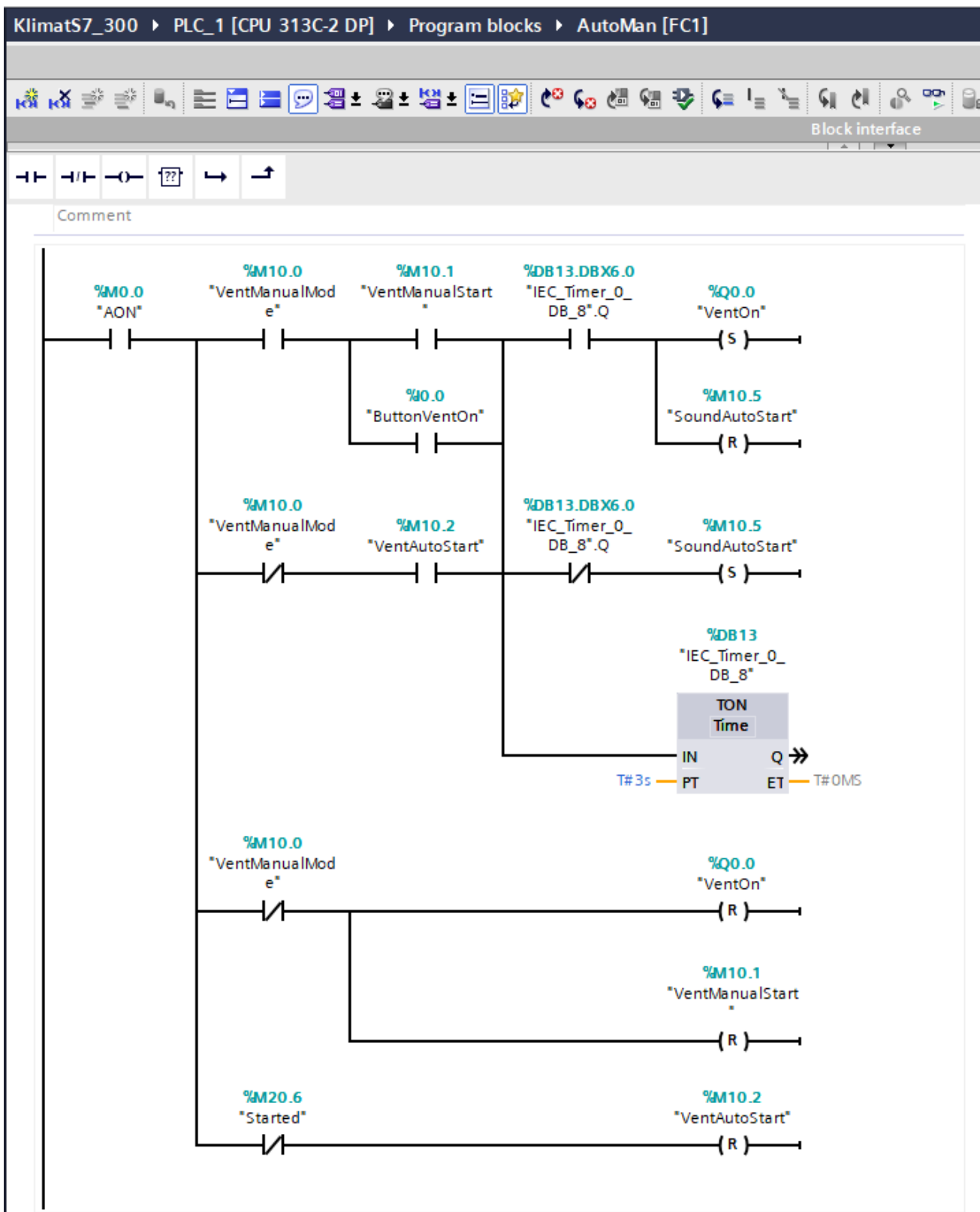


Рис.6.7. Код програми автоматичного керування

6.6 Висновки за розділом

У даному розділі було розроблено програму логічного управління технологічним процесом керування температуро вологісним режимом у пакеті

ТІА Portal V15.1. Були протестовані алгоритми автоматичного пуску та зупинки процесу дозрівання сирів. Також було розроблено підсистему взаємодії автоматизованого робочого місця та мережі контролерів за допомогою PLC-сервера.

РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА SCADA ДЛЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО РОБОЧОГО МІСЦЯ ТЕХНОЛОГА І НАЛАДЧИКА САК

7.1 Конкретизація функцій і структури екранів АРМ оператора-технолога

Робоче місце оператора-технолога контролю температурно-вологісного режиму повинно передбачати наявність набору функцій, які максимально охоплюють і забезпечують виконання його професійних обов'язків. З урахуванням цього АРМ оператора-технолога має передбачати можливість виконання оператором наступних функцій:

1. Контролювати значення технологічних параметрів процесу температурно-вологісного режиму в виробничому приміщенні задавати режими роботи обладнання.
2. Контролювати стан обладнання процесу регулювання режиму (включено, вимкнений, знаходиться в аварії і т.д.) і значення експлуатаційних параметрів обладнання.
3. Керувати запуском і зупинкою обладнання процесу режима регулювання вологісно-температурним режимом в ручному та автоматичному режимах управління.
4. Керувати окремим обладнанням в ручному режимі.
5. Контролювати виникнення порушень в роботі обладнання і оперативно реагувати на них.

Виходячи із викладеного раніше, в проекті, для реалізації АРМ оператора-технолога передбачені наступні екрани:

- 1) Мнемосхема ділянки. Основний екран із зображенням мнемосхеми процесу регулювання температурно-вологісного режиму дозволяє контролювати хід процесу, керувати обладнанням регулювання температурно-вологісного режиму, міняти режими роботи обладнання та контролювати виникнення порушень в роботі.

2) Графіки. Екран, призначений для відображення графіку зміни кінцевої вологості.

3) Технічні повідомлення, Буфер повідомлень. Архів повідомлень. Екрани, призначені для відображення діагностичних повідомлень різних класів.

4) Умовні позначення. Екран допомоги для нових недосвідчених користувачів.

7.2 Розробка екранів АРМ оператора-технолога

Шаблон екранів створюється в окремому підрозділі графічного редактора екранів ТІА portal V15.1. Графічні елементи розташовані у вікні шаблону (рис7.1) будуть присутні на всіх екранах що входять в проект.

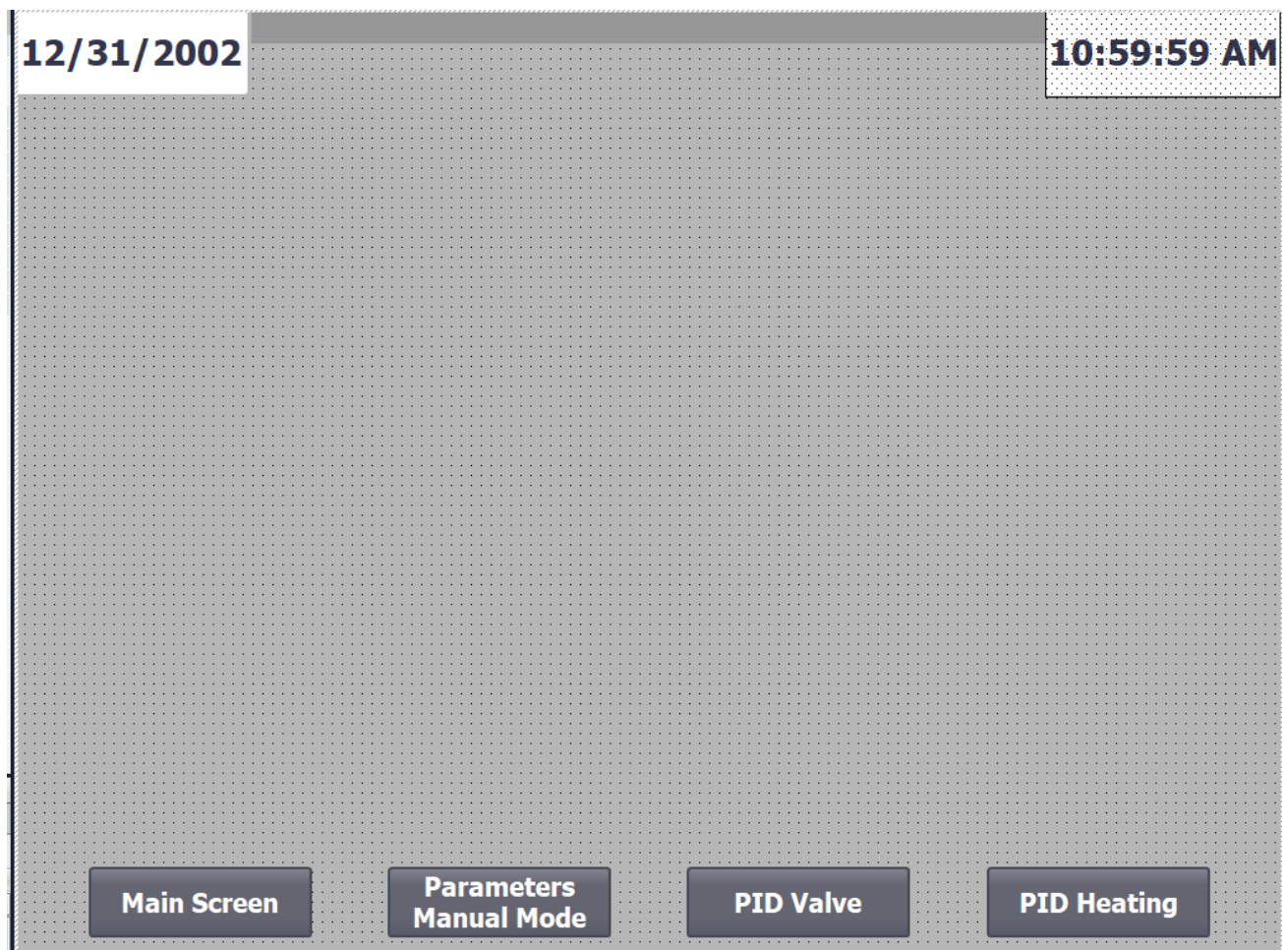


Рис.7.1. – Загальний вигляд шаблону вікон.

Шаблон екранів включає заголовок екрану і меню перемикання екранів АРМ. Заголовок екрану створений з використанням типових елементів графічного редактора системи screens TIA portal V15.1.

Підпрограма викликається з системного події - «Change screen».

Основне вікно «Мнемосхема процесу» (рис. 7.2) містить схематичне зображення процесу підготовки повітря для подачі його в виробниче приміщення з елементами відображення і управління. Зображення агрегатів процесу контролю температурно-вологісного режиму створено в графічному редактор TIA portal V15.1. - системи «Change screen» з використанням стандартних елементів графічної бібліотеки цього редактора. Встановлені на мнемосхемі графічні елементи відображення і управління дозволяють оператору контролювати стан обладнання і значення технологічних параметрів, а також керувати обладнанням.

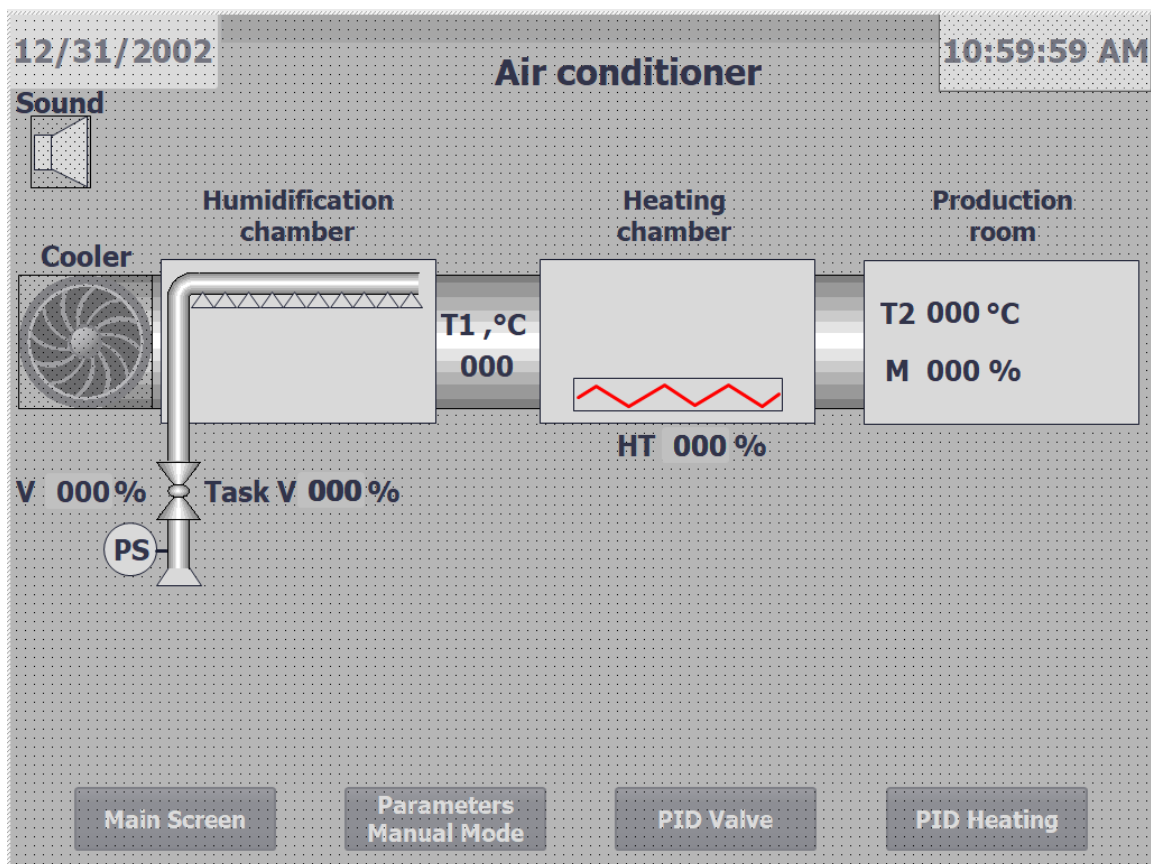


Рис.7.2. – Загальний вигляд екрану «Мнемосхема процесу контролю температурно-вологісного режиму виробничого приміщення».

7.3 Розробка АРМ наладчика САК

Робоче місце наладчика системи автоматичного керування повинно передбачати наявність набору функцій, які максимально охоплюють і забезпечують можливість виконання його професійних обов'язків.

Виходячи з цього, екрани автоматизованого робочого місця наладчика повинні надавати можливість виконання наступних завдань:

1. Управляти контурами регулювання:

- Відображати поточні та задані значення регульованих перемінних;
- Відображати поточні значення керуючих впливів;
- Міняти значення настроювальних параметрів регуляторів;
- Міняти задані значення регульованих змінних;
- Перемикати режими роботи регуляторів АВТ / РУЧ і формувати управляючі дії в ручному режимі.

2. Задавати значення затримок часу для таймерів, що використовуються в алгоритмах пуску і зупину.

3. Задавати значення затримок часу для спрацьовування датчиків положення клапанів.

4. Задавати значення затримок часу для спрацьовування датчиків зворотного зв'язку стану двигунів.

5. Задавати граничні значення технологічних параметрів.

6. Виконувати адміністрування користувачів системи.

7. Виконувати аналіз системних повідомлень.

В зв'язку з цим в проекті, для реалізації АРМ наладчика передбачено наступні екрани:

1. Налаштування САК.

2. Реєстрація.

Програмна реалізація цих екранів у ТІА portal V15.1- системі «Change screen» представлена в наступному розділі.

7.3.2. Розробка екранів АРМ наладчика САК.

Для виконання завдань налаштування контурів регулювання, тайм аутів на спрацьовування датчиків положення, тимчасових затримок для алгоритмів керування пуском і зупинкою, граничних значень технологічних параметрів у проекті передбачений екрани зміни налаштувань САК (рис.7.3).

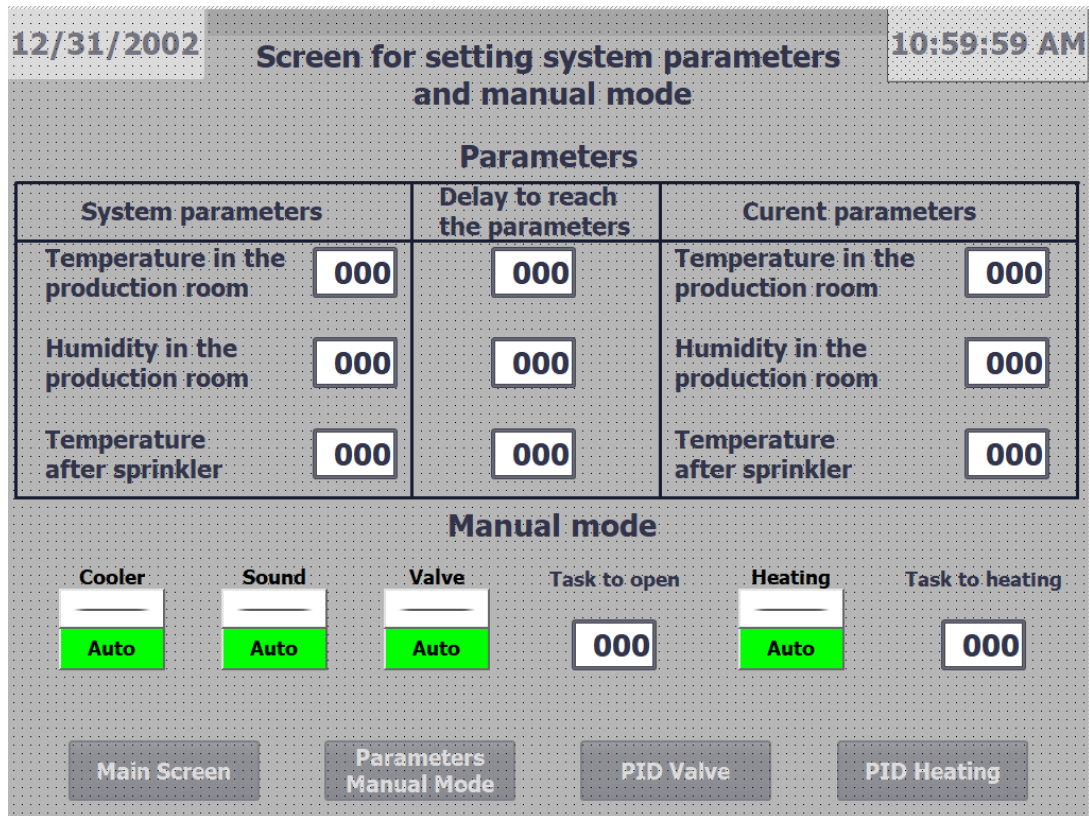


Рис.7.3.– Загальний вигляд екрану «Налаштування САК».

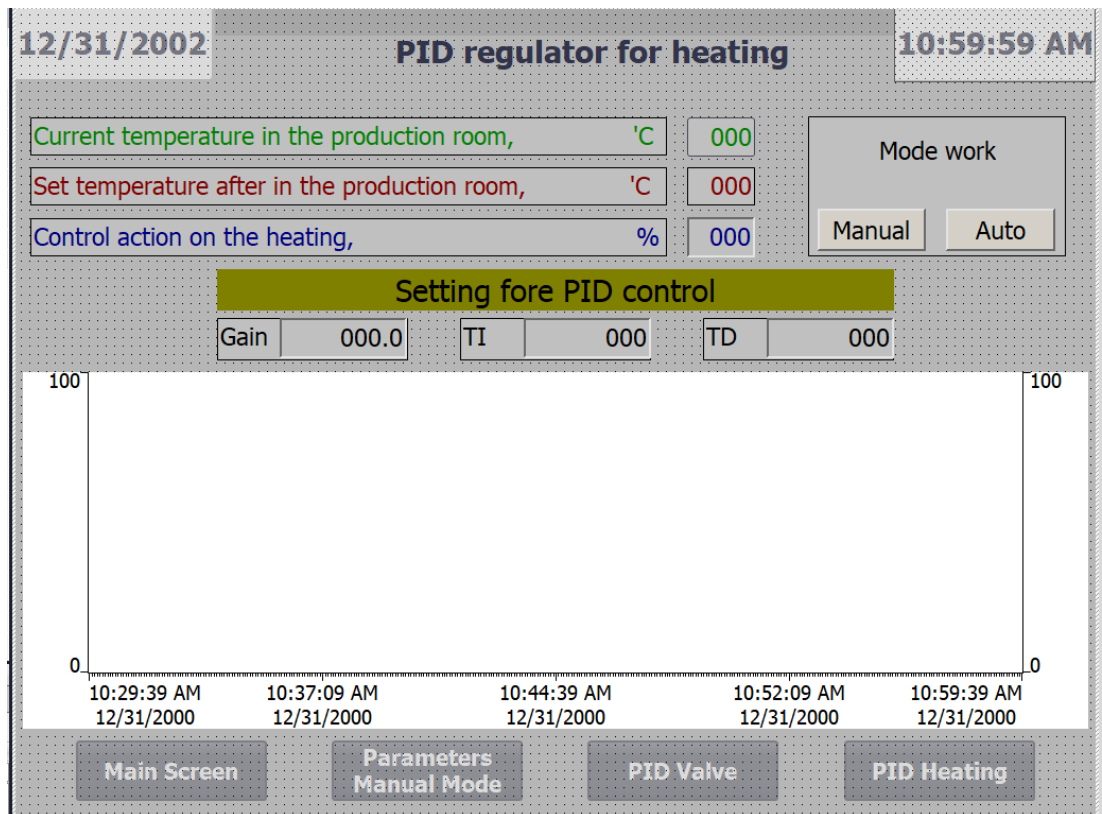


Рис.7.4– Загальний вигляд екрану «Налаштування ПІД регулятора».

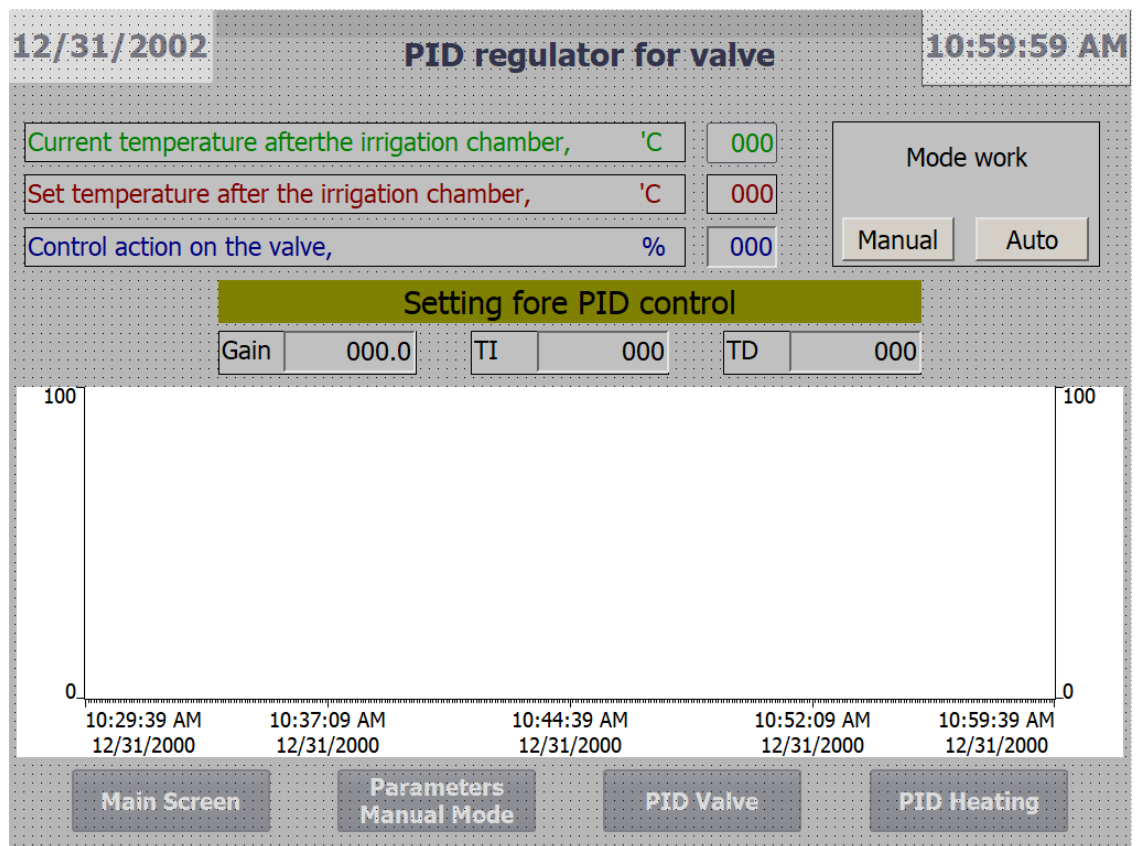


Рис.7.5– Загальний вигляд екрану «Налаштування ПІД регулятора».

7.4 Розробка підсистеми взаємодії АРМ та мережі контролерів

Мережевий обмін даними між контролером SIMATIC S7-300 і комп'ютером АРМ оператора здійснюється через інтерфейс MPI. Програмне конфігурування мережі виконується в програмі Step 7 SIMATIC Manager. Структура мережі після конфігурації представлена на рис. 7.6.

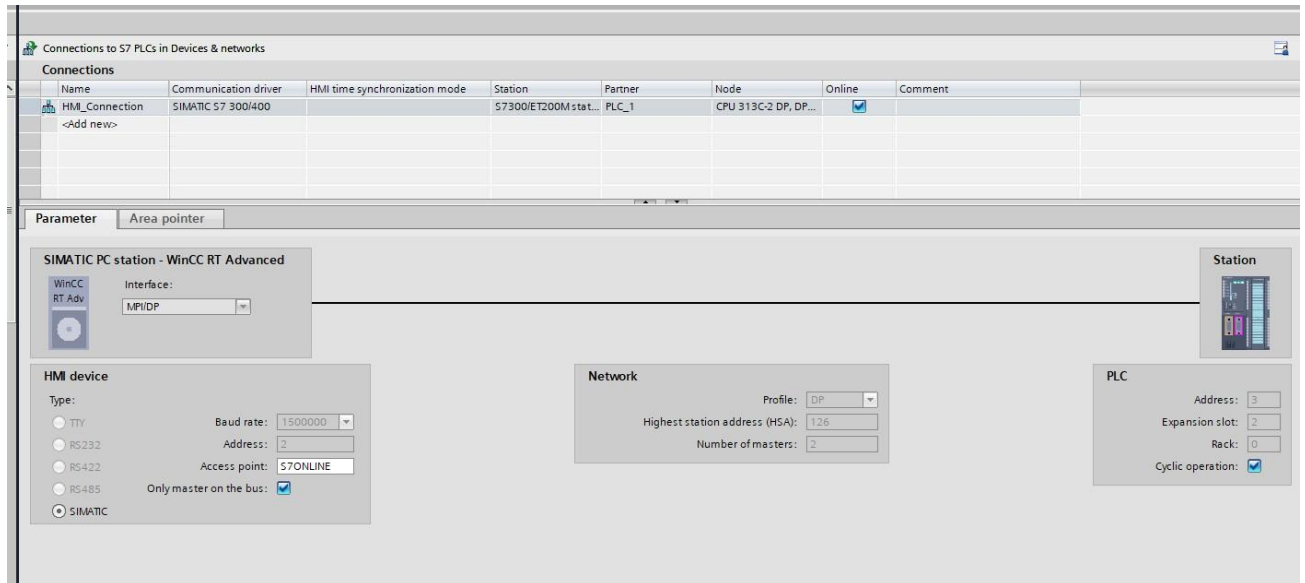


Рис. 7.6– Вікно налаштування мережевого підключення

7.5 Висновки за розділом

При виконанні даного розділу в середовищі TIA Portal - системи WinCCPro розроблено програмне забезпечення АРМ оператора і наладчика САК процесу регулювання температурно-вологісного режиму виробничого приміщення. АРМ дозволяє контролювати хід технологічного процесу, задавати режими роботи, здійснювати перемикання режимів управління обладнанням (АВТ / РУЧ) і управляти в ручному режимі окремим обладнанням, проводити настроювання і налагодження САУ. Відображати динаміку зміни технологічних параметрів, вести журнали подій, проводити адміністрування користувачів програми.

РОЗДІЛ 8. РОЗРОБКА ФРАГМЕНТІВ ДОКУМЕНТАЦІЇ ТЕХНІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ САК, ВКЛЮЧАЮЧИ ПИТАННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ

8.1 Характеристики технологічного об'єкта керування та опис основних технічних рішень

Процес регулювання температурно-вологістний режиму в виробничому приміщенні - важливий технологічний процес, Відхилення параметрів технологічного процесу від регламентних значень, що викликані зміною параметрів, характеризують умови ведення процесу навіть при досить ефективному керуванні процесом, можуть перевищувати встановлені допуски.

Відхилення температури повітря яке поступає в виробниче приміщення нижче граничного призведе до того що в приміщенні буде надто холодно і сиро, що може викликати розведення грибку та плісняви і інших непередбачуваних чинників а перевищення температури що в приміщенні буде надто гаряче і сухо що призведе до некомфортного перебування, та може призвести до зіпсуття продуктів які в ньому зберігаються. В обох випадках порушення регламенту веде до погіршення якості умов у виробничому приміщенні і навіть до неможливості в ньому довго знаходитись.

Відхилення тиску води в трубопроводі для зрошення повітря може призвести до того що повітря буде не зволожуватись або надмірного споживання води.

Допуски на відхилення поточних (режимних) значень регламентованих параметрів від номінальних прийнято розділяти і задавати у вигляді допусків на тривалі та короткочасні відхилення. Аналіз нормативів ведення технологічного процесу та експлуатації обладнання оформимо у вигляді таблиці регламентів 1.1.

Перелік основних параметрів процесу та похибка їх вимірювання наведені у табл. 1. Таблиця 1

№ п/п	Найменування	Позначення	Одиниця вимірювання	Номінальні значення	Допустимі відхилення від номінала			Роль параметра
					Довготривалі	Короткочасні		
					Величина	Величина	Час	
1	Температура в приміщенні	θ	$^{\circ}\text{C}$	22	$\pm 0,5$	± 2	120с	Забезпечує потрібну температуру
2	Відносна вологість в приміщенні	M	%	60	± 1	± 4	180с	Забезпечує потрібну вологість

За результатами вибору КТС й відповідно до складеної технічної структури, розроблений комплект проектної документації на систему управління згідно до [1, 2, 3]. Комплект включає графічні та текстові документи:

графічні:

- 1 – схему автоматизації;
- 2 – принципову електричну схему контролю й управління;
- 3 – принципову електричну схему живлення;

текстові:

- специфікації до всіх графічних документів;
- пояснювальна записка до проекту.

Щит оператора встановлюється поблизу від камери дозрівання. На внутрішніх площинах щита оператора встановлюють електричні прилади, апаратуру, трансформатори, блоки живлення, а на фасадній панелі прилади, що показують, кнопкові станції, ключі вибору режиму й задатчики. Виходячи з того, що процес дозрівання сирів є процесом для якого ВМ та датчики потрібні у спеціальному захисному виконанні,.

Контролер, що реалізує основні функції контролю та регулювання лінії Simatic S7-300 фірми "Siemens", обраний з програмованих моделей S7, оснащений інтерфейсом MPI.

Всі модулі вводу/виводу серії Sm300 фірми "Siemens" та ЦП монтуються на DIN-рейці, як окрема конструкція в щиті оператора. Вони використовуються

для підтримки регламентних значень, передачу даних на робочу станцію на базі IBM PC сумісного комп'ютера, встановленого також в ОП. Контролери даної фірми серії Simatic S7-300 призначені для організації взаємодії між обчислювальною системою (ПК), що реалізують функції відображення та архівації інформації й датчиками безперервних і дискретних сигналів, а також для видачі керуючих сигналів на виконавчі механізми. Модулі забезпечують виконання наступних основних функцій:

- прийом і дешифрацію команд по каналу RS 485;
- введення й нормалізацію аналогових сигналів (струм, напруга);
- опитування стану дискретних входів;
- фільтрацію аналогових і дискретних вхідних сигналів;
- виводи аналогових сигналів управління;
- виводи дискретних сигналів, через релейні виходи.

Взаємодія контролера й комп'ютера (ПК) здійснюється за допомогою модуля інтерфейсного зв'язку MPI-USB (PC ADAPTER USB A2, USB CABLE 5M INCLUDED MPI KABEL, 0,3M (6GK1571-0BA00-0AA0)..

Для керування камерою дозрівання застосовується IBM PC сумісний комп'ютер на якому встановлена TIA Portal, що призначена для оперативного контролю, сигналізації, реєстрації параметрів. Також є можливість передачі даних на комп'ютери, що встановлені за межами ОП, за допомогою локальної мережі.

8.2 Опис схеми автоматизації

Схема автоматизації технологічного процесу є основним документом, що визначає функціональну структуру, обсяг автоматизації й що роз'ясняє певні процеси, що протікають у функціональних ланцюгах. Вона складена відповідно до ДСТУ Б.А. 2.4-16:2008 (заміна ГОСТ 21.404 – 85) "Система проектної документації для будівництва. Автоматизація технологічних процесів. Зображення умовні приладів і засобів автоматизації в схемах". Особливістю розробленої схеми є те, що всі функції системи розподілені між контролером та

комп'ютером (ПК). Функції автоматичного регулювання й логіко-програмного керування, виконує комплект контролерів сумісно з ПК, розташований в операторському пункті. Всі використані датчики обрані з уніфікованим вихідним сигналом струмовим (4...20мА), вихідні аналогові сигнали також 4...20 мА. Розглянемо перелік контурів контролю й керування наведеній на схемі автоматизації за позиційними номерами контурів:

- 1 – управління електроприводом електродвигуна вентилятора М;
- 2 – Контроль потужності ТЕНа підігрівача повітря
- 3 – Контроль крана подачі холодної води для зрошення
- 4 – Контроль і регулювання температури на виході із кондиціонера
- 5 – контроль і регулювання вологості на виходу
- 6 – Контроль температури повітря на вході в кондиціонер

В контурі 4, 5 реалізована функції перетворювання інтерфейсів (МРІ – USB), також в даному контурі реалізована функція автоматичного пуску та останову лінії вентиляторів та регулювання потужності підігріву повітря за допомогою ТЕНа.

У контурі керування приводом 1 встановленій для кожного ланцюга управління на щиті ключі вибору режиму керування ("автомат-дистанція"), кнопки "ПУСК", "СТОП", а також світлосигнальна арматура (світлодіод), що показує стан роботи виконавчих органів; по місцю встановлений пристрій відключення двигуна (кнопка "СТОП").

У контурах (5,6) управління виконавчими механізмами аналогової (5, 6) дії, для кожного контуру на щиті встановлені багатофункціональні прилади типу БРУ-7. На лицевій панелі корпусу БРУ-7 можна побачити та змінити задане значення параметру (0 – 100%), переключити режим управління контуру (ручне – автоматичне), побачити на цифровому індикаторі поточне значення регульованої змінної та сигналізацію її граничних відхилень.

Розглянемо дію контуру 2. Від термометру з уніфікованим перетворювачем 2а сигнал струму (4-20мА) подається на БРУ-7 (5б), через який подається на вхід AI (SM 331 6es7331-7KF02-0AB0) МПК. Вихідний сигнал

(аналогове управління) з МПК (АО SM332 6es7 332-5NB01-0AB0) подається на БРУ-7 (5), звідки в автоматичному режимі роботи БРУ сигнали (аналоговий сигнал) подаються регулятор потужності (3).

В ручному (дистанційному) режимі сигнали на привід регулюючого клапана (3) подаються оператором з БРУ-7.

Розглянемо дію контуру 3. Від датчика вологи з уніфікованим перетворювачем 3а сигнал струму (4-20мА) подається на БРУ-7 (4), через який подається на вхід AI (SM 331 6es7331-7KF02-0AB0) МПК. Вихідний сигнал (аналогове управління) з МПК (АО SM332 6es7 332-5NB01-0AB0) подається на БРУ-7 (5), звідки в автоматичному режимі роботи БРУ сигнали (аналоговий сигнал) подаються частотний перетворювач(5).

В ручному (дистанційному) режимі сигнали на привід регулюючого клапана(5) подаються оператором з БРУ-7.

Контур 7 забезпечує контроль тиску води в трубопроводі за допомогою датчика тиску з уніфікованим перетворювачем 4а сигнал подається до приладу за допомогою цифрового входу DI подається на МПК.

У додатку А1 наведена специфікація приладів та засобів, що використані в схемі автоматизації.

8.3 Опис принципової електричної схеми

На принциповій електричній схемі (5 листи в додатку) показані елементи, які виконують строго певну функцію і які не можуть бути розділені на частини. Ця схема дає уявлення за допомогою графічних зображень і позначень про послідовність роботи електричних приладів й елементів для досягнення поставлених функціональних завдань. Схема складена відповідно до вимог Держстандартів (ГОСТ) :

ДЕРЖСТАНДАРТ 2.701. ЕСКД. Схеми. Види й типи. Загальні вимоги до виконання

ДЕРЖСТАНДАРТ 2.702. ЕСКД. Правила виконання електричних схем;

ДЕРЖСТАНДАРТ 2.709. ЕСКД. Система маркування ланцюгів в електричних схемах.

ДЕРЖСТАНДАРТ 2.710. ЕСКД. Позначення умовні, буквено-цифрові, які вжиті на електричних схемах.

Особливістю принципової електричної схеми контролю й керування, є те, що вона будується як сполучена схема контролю, керування, сигналізації й підключення вхідних і вихідних сигналів до контролера.

При необхідності пуску електродвигуна в дистанційному режимі при включеному $I-SQ$, ключ $I-SA$ переводять у положення 1, після чого натисканням кнопки «Пуск» (замикаючої) $I-SB3$ забезпечують подачу живильної напруги (220 В фаза – нейтральний провід) на котушку контактора $I-KM$, що замикає головні контакти $I-KM$ і двигун починає обертатися. Додатковий контакт $I-KM$ (замикаючий), який шунтує кнопку $I-SB3$, також замикається в момент подачі напруги на котушку, що забезпечує так назване «самопідхоплення» роботи електродвигуна і дозволяє операторові відпустити пускову кнопку, через 1-3 секунди після натискання. Факт роботи електродвигуна перевіряється при наявності світлової сигналізації по зміні світіння індикатора.

Подібне рішення, є захистом від провалля і повторної подачі напруги (захист від мінімальної напруги), тому що виключає можливість пуску електродвигуна, неконтрольованого оператором.

При необхідності зупинити електродвигун, натискають кнопку «Стоп» (що розмикає) $I-SB2$, розташовану на щиті оператора або аналогічну кнопку $I-SB1$, розташовану по місцю (поблизу електропривода). При знеструмленні контактора $I-KM$, його головні контакти розмикаються, і двигун зупиняється.

При роботі в автоматичному режимі ключ вибору $I-SA$ переводять у положення 3, при цьому при спрацьовуванні контакту K автоматичного пристрою (реле) котушка $I-KM$ магнітного пускача одержує живлення (220 В), у результаті чого спрацьовують головні контакти пускача і двигун починає обертатися. Зупинка двигуна відбувається при розмиканні контакту K , а також,

при необхідності, оператор має можливість самостійно його зупинити використовуючи кнопки «Стоп», як описано вище.

Для полегшення читання таких схем на них приводять діаграму роботи ключа вибору режиму.

Для захисту від перевантаження електропривода по токовому навантаженню у схемі використовуються контакти теплового реле *I-KK*.

У контурах управління виконавчими механізмами аналогової дії, для кожного контуру на щиті встановлені багатфункціональні прилади типу БРУ-7 з КБЗ-24-19. На лицевій панелі корпусу БРУ-7 можна побачити та змінити задане значення параметру (0 – 100%), переключити режим управління контуру (ручне – автоматичне), побачити на цифровому індикаторі поточне значення регульованої змінної та сигналізацію її граничних відхилень.

Розглянемо дію контуру 4. На кл. 1 датчика температури 4а подається дротом 901 +24 В від джерела живлення. Від датчика температури 4а з уніфікованим перетворювачем сигнал струму (4-20мА) дріт 4-21 подається на БРУ-7 (4б) клема 1, через який від кл.2 дротом 4-22 подається на вхід АІ кл.06 (SM 331) МПК. Кл. 07, як усі клеми, котрі необхідно підключати до «-24»В, об'єднані з «-» джерела живлення дріт 902. Вихідний сигнал (4-20мА) (регулювання) з МПК (АО SM 332) кл. 03 дріт 4-24 подається на БРУ-7 (4б) кл.21, звідки в автоматичному режимі БРУ сигнал з кл.20 подається дротом 4-23 на ВМ Velimo (4в) кл.3. Зворотній сигнал про ступень відкриття РО (АІ) подається з 4в кл.5 до МПК кл. 08 (SM 331) дротом 4-25 .

В ручному (дистанційному) режимі сигнал завдання з БРУ-7 (4б) кл. 9 через його замкнеті контакти 19 та 20 подається на ВМ Velimo (4в) кл.4.

Для перетворення струмового сигналу регулювання у сигнал напруги, що керує ВМ Velimo, використано високоточний опір 4R (500 Ом), який встановлюється безпосередньо на ВМ, таке рішення дозволяє зняти можливі похібки пов'язані із довжиною лінії.

Живлення усіх датчиків і щитових приладів здійснюється від джерел показаних на схемі електроживлення.

Усі клеми «—» 24В на джерелах живлення, модулях МПК та приладах об'єднані (дрот 902).

Контур 5 працює аналогічно, з датчиком температури 5а, БРУ-7 (5б) та ВМ Belimo (5в).

Крім того, на схемі показана організація вихідних дискретних сигналів від універсального дискретного модуля DI/DO SM 323, що забезпечує керування приводом вентилятора. За допомогою цього модуля реалізовані схеми управління у автоматичному режимі через проміжні реле (*K*).

На схемі ПЕС відображено також підключення МПК до ПК, через перетворювач інтерфейсів 14 (MPI to USB).

У додатку наведена специфікація електроприладів та засобів, що використані в схемі принциповій електричній.

8.4 Розробка принципових електричних схем живлення

Схема електрична принципова живлення розробляється з урахуванням необхідності безперебійного живлення найбільш відповідальних споживачів системи автоматизації електроенергією, зокрема контролера МПК й ПК. Крім того, для живлення ПК, МПК, через джерело безперебійного живлення, доцільно виконати індивідуальну лінію заземлення. Це є вкрай важливим і відповідальним, тому що від цього буде залежати надійна робота програмного забезпечення системи контролю й управління, що реалізована на них. На схемі представлено електроживлення приладів, перетворювачів, ПК і контролера. Уведення живлення здійснюється від розподільного пункту живлення (існуючого силового щита). У системі зроблений вузол для зручності та безпеки виконання ремонтних робіт (розетки з живленням 36 В) та освітлення, які живляться напругою до головного автоматичного вимикача *SF1*. У щиті передбачена установка вхідного автомата *SF1*, лампи освітлювальної *EL* та розетки для електроінструмента (36В). В ланцюгах лампи, трансформатору *TV* (220/36В) установлені вимикачі *SA1*, *SA2* та для *TV* запобіжники з плавкими вставками *FU1*, *FU2*.

Живлення датчиків, розташованих по місцю здійснюється від блоку стабілізованого живлення MeanWELL DR 120-24(120Вт,24В,5А) . Живлення щитових приладів типу БРУ-7, блоків живлення G3 (220/24 В), напругою 220 В.

Для запобігання з'єднання лінії індивідуального заземлення із заземленням корпусів електрообладнання необхідно забезпечити ізолювання корпусів джерел живлення G1, G2,.

Живлення комплекту ПК здійснюється напругою 220 В від UPS. Ланцюги живлення (220В) приладів захищені автоматичними вимикачами, установленими в щиті оператора SF1,..., SF3, на ланцюг живлення приладів БРУ-7 встановлений вимикач SA3 та запобіжник FU3, на ланцюг живлення регулятора потужності встановлений автоматичний вимикач SF5, ланцюги живлення (24В) приладів вимикачами SA4, SA5, SA6 та запобіжниками з плавкими вставками FU4,...,FU8.

У схемі передбачений принцип маркування проводів (по рекомендаціях "ВНДПКІ" "Харчопромавтоматика"), що передбачає: дроти зі змінною напругою 220В, 36В маркірувати номерами 8XX, а дроти з постійною напругою 24В, 36В маркірувати номерами

9XX. У додатку наведена принципова електрична схема живлення та специфікація для неї.

8.5 Розробка документації щита оператора

Загальний вид щита контролю та управління наведено в додатку (2 листи). Для реалізації функцій дистанційного контролю та управління був обраний щит SCHROFF CONCEPTLINE EMC 600x600 x420 мм, IP66. На фасадній панелі щита управління встановлені апаратура контролю, сигналізації, органи управління. Усі прилади встановлені симетрично відносно вертикальної осі передньої панелі. Принцип сигналізації ("темна схема"), закладений у розробленому щиті, полягає в тому, що при штатному режимі світлосигнальна арматура не горить, а у випадку позаштатних режимів (зупинка двигунів) або досягнення крайніх положень ВМ горить сигнальна арматура з червоним світлофільтром.

Панель щита покрита плівкою (технологія "оракал"), з написами, виконаними комп'ютерним методом.

На панелі вирізані отвори для встановлення відповідних приладів. Позначення приладів (тумблерів, кнопок, світлосигнальних елементів, перемикачів) погоджено зі специфікаціями для схеми автоматизації, ПЕС та схеми електроживлення.

Кожний тип апаратури пронумерований для складання переліку складових частин, який наведений у додатку. Написи у рамках щита наведені на листі.

Креслення виконані відповідно до вимог ЕСКД із зазначенням розмірів згідно до правил зображення [7, 8, 9]. Перший лист креслення виконаний у масштабі 1:4 відображає вид на фасадну площину щита оператора. Другий лист креслення виконаний у масштабі 1:5 відображає вид на внутрішні площини щита: передню, ліву, праву та задню стінку. Креслення супроводжені примітками для виконання виробу.

Контролер (МПК) встановлений на профільній шині (122мм) на монтажній панелі (задня стінка).

Розробка схеми зовнішніх проводок

Схема виконана згідно до державних стандартів та рекомендацій керівних матеріалів [7, 9, 10] і наведена у додатку.

На схемі представлена прокладка кабелів від датчиків, ВМ, магнітних пускачів двигунів, ЧП, а також ланцюгів живлення до щита оператора й прокладка кабелів від щита оператора до комплексу ПК, який розташований в операторському пункті.

Кабелі промаркіровані порядковими номерами (1, 2, 3, ...).

Прокладку вимірювальних ланцюгів 4..20 мА від датчиків і ланцюгів сигналізації 24В здійснюють кабелем контрольним мідним КВВГ перетином 1,0 та 1,5 мм², а також проводом з'єднальним ПВСн перетином 1 мм². Ланцюги живлення двигунів (380/220В) прокладаються кабелем контрольним мідним КВВГнг перетином 2,5 мм². Такий перетин дозволяє передавати струм до 21А, що є достатнім для потужності двигунів. Для захисту кабелів при прокладці їх

через перекриття й на висоту до 2,5 метрів застосовується труба водогазопровідна МР-20*2,5. Монтаж приладів і засобів автоматизації, прокладку проводів до них здійснюють із дотриманням вимог монтажно-експлуатаційних інструкцій заводів-виготовлювачів, будівельних норм і правил.

Перелік монтажних матеріалів і виробів наведений у специфікації (в додатку).

8.6 Охорона праці

№ №п/ п	Найменування небезпечних та шкідливих виробничих факторів	Нормова не значення	Нормативний акт	Джерело виникнення	Можливі наслідки від дії
1	Підвищена або знижена температура повітря робочої зони	18-35 ⁰ С	ДСН 3.3.6.042-99	Зовнішні фактори	стан втоми, перегрів або переохолодження організму
2	Рухомі частини виробничого обладнання	-	-	Виробниче обладнання	Забиття, переломи
3	Підвищена або знижена рухливість повітря	0,1м/с	ДСН 3.3.6.042-99	Зовнішні фактори	Простуда і захворювання перегрів організму, запаморочена, стан втоми
4	Підвищена або знижена вологість повітря	40- 60%	ДСН 3.3.6.042-99	Зовнішні фактори	Ревматичні, алергічні, дерматологічні захворювання

Так як розробляється САК установки, мета якої забезпечити високі показники керування процесом дозрівання сиру, то необхідно ідентифікувати потенційно небезпечні і шкідливі виробничі фактори, які можуть виникнути при експлуатації цієї установки. Наведемо їх гранично-допустимі концентрації з

посиланням на нормативні акти, в яких вони встановленні, та зазначимо наслідки від їх впливу.

Табл. 8.2. Характеристика небезпечних та шкідливих виробничих факторів (НШВФ).

5	Недостатня освітленість робочої зони	КПО 1,2%, Е-500лк	ДБНв 2.5-28-2006	Зовнішні фактори, світильники	Стан втоми, перенапруження зорових аналізаторів
6	Підвищений рівень шуму на робочому місці	50дБА	ДСН 3.3.6.042-99	Виробниче обладнання	Захворювання нервової системи
7	Пряма і відбита блискіть монітора	-	-	ВДТ	Стан втоми, перенапруження зорових аналізаторів
8	Знижена контрастність	-	-	ВДТ	Стан втоми, перенапруження зорових аналізаторів
9	Підвищений рівень електромагнітного випромінювання	10Вт/м ²	ДСанПі Н 3.3.2.007-98	ВДТ, ЕОМ	Біохімічні зміни в організмі
10	Підвищений рівень вібрацій на робочому місці	0,028 м/сх 10 ⁻² /75дБ (загальна вібрація) ; 2 м/с х 10 ⁻² /112дБ (локальна вібрація) ;	ДСН 3.3.6.039-99	Виробниче обладнання	Нервові розлади

Визначимо категорії приміщень. Об'єкт автоматизації представляє собою ділянку виробництва. Автоматизоване робоче місце (АРМ) оператора розташовано у приміщенні, де знаходиться об'єкт, у окремому приміщенні-операторському пункті.

Будівля, де розташовуються ОА з пожежовибухонебезпеки відноситься до приміщень категорії В. За чинниками виробничого середовища адміністративна будівля відноситься до категорії сухих приміщень. З небезпеки ураження електричним струмом вона відноситься до категорії приміщень без підвищеної небезпеки.

Вимоги безпеки до організації та експлуатації АРМ оператора камери дозрівання.

Діяльність оператора камери дозрівання передбачає роботу з комп'ютерною станцією за допомогою якої, оператор спостерігає за роботою установки, також, має можливість керувати установкою в ручному режимі. Всі прилади установки, мають свої умовні позначення та мають можливість змінювати колір, при зміні стану приладів. При появі аварії чи блокуванні в установці, оператор має можливість побачити місце в якому з'явилася аварія, та усунути помилку.

Так як автоматизоване робоче місце розташоване у приміщенні, забезпечується відповідність усіх елементів робочого місця:

- площа на одне робоче місце становить, 10,0 м², а об'єм - 25,0 м³;

норма: площа – 6,0 м², об'єм - 20,0 м³.

- оператор сидить за стандартним столом на м'якому кріслі;

- ЖК монітор відображає всю необхідну інформацію;

- трудові операції виконуються виключно на робочому місці;

- на робочому місці добре освітлення, вікно знаходиться з правого боку, на столі знаходиться світильник.

Електробезпека.

В установці працюють прилади з напругою 220 В, тому застосовується ізоляція струмопровідних частин. При великих токах, спрацьовують автоматичні

вимикачі, які захищають обладнання та обслуговуючий персонал від ураження током. Там де знаходиться висока напруга, приклеєні написи з номіналом цієї напруги. Всі прилади, напруга в яких більше 120 В заземлюються.

Захист працюючих від ураження електроструму при монтажі експлуатації та обслуговуванні САК, забезпечується наступними організаційними та технічними заходами і засобами.

Атестацію операторів за III групою з електробезпеки;

Подвійна ізоляція проводів;

Прокладка електропотоків в підлозі;

Кольорове маркування струмопроводів;

Наявність розробленої інструкції з охорони праці.

Виділення та нормування чинників, які впливають на комфортні та безпечні умови праці.

Визначимо категорію робіт за ступенем важкості. Оператор виконує роботу в положенні сидячі, що пов'язане з постійним спостереженням. (таблиця 8.3)

Таблиця 8.3 – Виробниче приміщення, період року, категорія роботи, що виконується, температура, відносна вологість, швидкість руху повітря

№ п.п	Найменування виробничого приміщення	Період року	Категорія роботи, що виконується	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
11	Виробнича ділянка	Теплий	Легка 1а	23-25	40-60	0,1
22	Виробнича ділянка	Холодний	Легка 1а	18-24	40-60	0,1

Виділення і нормування показників освітлення робочої зони.

Зорову роботу, яку на АРМ виконує оператор , відповідає наступним розрядам: Б-2 (робота з дисплеєм), А-2 (робота з документами). Забезпечення нормованих значень КПО та освітлення на АРМ оператора досягається за рахунок:

- бокового одностороннього розташування вікон;
- фарбування стелі та стін приміщення у світлі кольори;
- планове очищення скла віконних проїомів;
- застосування систем комбінованого освітлення.

Характеристика та нормовані показники виробничого освітлення наведені у таблиці 8.4.

Таблиця 8.4 – Характеристика та нормовані показники виробничого освітлення

Виробниче приміщення	Вид освітлення	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд та підрозряд зорової роботи	КПО, %	Освітленість,лк
Операторський пункт	штучне	0,30-0,5	Б-2	1	400

Пожежовибухобезпека на АРМ оператора .

Так як, приміщення відноситься до категорії В, та до класу пожеж А. То пожежобезпека в приміщенні забезпечується за рахунок:

наявністю порошкового та вуглекислого вогнегасника з масою зарядів 8 кг та 3.5 відповідно;

встановлення димових та теплових автоматичних сповіщувачів, установка проти димного захисту;

наявність у будівлі внутрішньої системи протипожежного постачання;

монтаж автоматичних вимикачів, при наявності великого струму, вимикається електропостачання;

проходження оператором вступного, первинного, повторного, позапланового інструктажу, навчань та перевірки знань.

Загальні вимоги до шляхів евакуації.

Під час виникнення НС оператор відповідно до затвердженого плану евакуації, повинен залишити приміщення через передбачений прохід між виробничими меблями та обладнанням, та рухатися до сходової клітки через коридор і далі по сходах до дверей евакуаційного виходу.

За нормативами НАПБ А.01.001-2004 та ДБН В.22-28-2010, безпека працюючих під час евакуації, забезпечується наявністю:

план евакуації (графічна та письмова форма);

звукове обладнання трансляції мовлення;

проходи в приміщенні не менше 1м, проходи коридору не менше 1,8м.

світлове сповіщення “Вихід”;

всі маршрути евакуації повинні мати освітлення не менше 400 лк.

8.7 Висновки за розділом

В ході виконання розділу було розроблено варіант ескізного проекту на базі контролера фірми Siemens – SIMATIC S7-300.

Виконаний комплект технічної документації включає основні документи технічного забезпечення системи автоматизації управління камерою дозрівання.

В результаті виконання отримані навички з розробки проектної документації на системи автоматизації з використанням МПК, ПК та сучасних пристроїв автоматизації.

Також в рамках цього розділу роботи опрацьовано основні питання, пов'язані з охороною праці при експлуатації системи автоматичного керування процесом регулювання температурно-вологісного режиму.

РОЗДІЛ 9. ПОПЕРЕДНЄ ОБҐРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ РОБОТИ

9.1 Розрахунок інвестиційних витрат на модернізацію системи автоматизації.

В даному розділі дипломного проекту буде обґрунтована економічна доцільність впровадження варіантів розробленої системи автоматизації. Вибір технічних засобів автоматизації та порівняння технічних характеристик різноманітних варіантів МП ядра САУ (Siemens) був виконаний у розділі №5 даного дипломного проекту. Для розрахунку економічних показників впровадження варіантів модернізованої АСУ будуть враховані ціни на придбання комплексу технічних засобів, датчиків температури, вологості, тиску, виконавчих механізмів та кабельної продукції.

Таблиця. 9.1. Витрати на придбання засобів автоматизації

№	Назва	Кількість	Ціна за одну	Загальна вартість
п/п			штуку з ПДВ, грн.	з ПДВ, грн.
1	Датчик температури ТСП 2-10м-Pt100	2	400	800
2	Нормуючий перетворювач 4-20мА для ТСП	2	419	838
3	Датчик вологи ТЕРА(DVT-UT-2-01-ТС-SHT-100-Y)	1	550	550
4	Виконавчий механізм Belimo CM24G-L(-R)	1	2940	2940
5	Модуль регулятора потужності M25	1	1365	1365
6	ІО 102-20 Б2П (2) (СМК-20) Сірий Магнітоконтантний сповіщувач накладний	1	167	167
7	Блок ручного управління БРУ-7	1	7040	7040
8	КБЗ 24-14	1	520.8	520.8
9	Індикатор технологічний мікропроцесорний ІТМ-110	2	5735	11470
10	Контролер програмований SIMATIC S7-300, CPU313C-2DP	1	35403	35403

11	Модуль аналогового вводу SM 331-7KF02-0AB0	1	13543	13543
12	Модуль аналогового виводу SM 332-5NB01-0AB0	1	9676	9676
13	Модуль дискретного вводу-виводу SM 323-1BH01-0AB0	1	11600	11600
14	Блок живлення PS 307	1	4045	4045
15	PC ADAPTER USB A2 (SM USB to MPI)	1	900	900
16	Комп'ютер	1	7500	7500
17	Магнітний пускач Schneider Electric LC1K0610M7 3P 1НО 06А 220V	4	607.02	607.02
18	Кнопки КМЕ 4201	4	55	220
19	Дзвоник електричний UWE 24В, 0,06А	1	4603.36	4603.4
20	Автоматичний вимикач триполюсний HagerNCN340, 6А	4	1 127.25	4509
21	Запобіжник із плавкою вставкою ВПТ, струм 3А	3	80	240
22	Перемикач ELFIN 22	5	650	3250
23	Кнопка ELFIN 22, 1з, зелений штовкач, (Пуск)	6	400	2400
24	Кнопка ELFIN 22, 1р, червоний штовкач, (Стоп)	4	400	1600
25	Реле проміжне, Weidmuller PS 35836971, 24В, (одногрупне)	9	178.3	1604.7
26	Світлосигнальна арматура у сборі ELFIN 22, 24В пост.	5	85	425
27	Вимикач автоматичний ВА47-29М, 16А	1	80	80
28	Вимикач автоматичний ВА47-29М, 1А	2	70	140
29	Вимикач автоматичний ВА47-29М, 5А	2	70	140
30	Патрон косий настінний Е27 ФнП-03	1	20	20
31	Розетка РШ-0-2- двополюсна, 5А	2	40	80
32	Розетка РШ-0-3- триполюсна, 10А	2	50	100
33	Вимикач, ПВ-1-16, 16А	5	30	150
34	Запобіжник із плавкою вставкою, ПТ, 2А	1	40	40
35	Запобіжник із плавкою вставкою, ПТ, 12А	1	60	60
36	Запобіжник із плавкою вставкою, ПК-30, 0,15А	2	30	60
37	Запобіжник із плавкою вставкою, ПК-30,	2	30	60

	0,25А			
38	Запобіжник із плавкою вставкою, ПК-30, 0,5А	2	40	80
39	Запобіжник із плавкою вставкою, ПК-30, 1А	1	50	50
40	Блок живлення стабілізований MeanWELL DR 120-24	1	950	950
41	ЩИТ SCHROFF CONSEPTLIN E EMC 600x600x420 мм	1	12000	12000
42	Кабель КВВГ 5нг*4	120м	39.85	4782
43	Кабель КВВГ 5нг*1,5	80м	19.33	1546.4
44	Кабель КВВГ 4нг*1,5	40м	10.83	433.2
45	Кабель КВВГ 4нг*2,5	20м	14.9	298
46	Труба стальна М-Р 20*2,5	450м	40	18000
47	Дріт з'єднувальний ПВСн 2*1	235м	23	5405
48	Дріт з'єднувальний ПРТО 4*1	50м	50	2500
49	Короб монтажний	9м	72	648
50	DIN- рейка	5м	90	450
Всього:				175889

Сумарні капітальні інвестиції, які підприємство повинне буде вкласти для впровадження засобів автоматизації, дорівнює сумі витрат на придбання, монтаж і налагодження засобів автоматизації. Знайдемо суму первинних інвестицій для альтернативних варіантів реалізації системи керування, визначаються за формулою:

$$I_{\text{САК}} = \frac{C_{\text{прсак}} + C_{\text{прсак}} \cdot K_{\text{м}} + C_{\text{прсак}} \cdot N_{\text{т}}/100 + C_{\text{прсак}} \cdot N_{\text{тр}}/100}{1 + (C_{\text{прсак}} + C_{\text{прсак}} \cdot N_{\text{т}}/100 + C_{\text{прсак}} \cdot N_{\text{тр}}/100) \cdot N_{\text{зс}}/100} = C_{\text{прсак}} \cdot 1,165 \quad (9.1)$$

де:

$C_{\text{прсак}}$ - оптова вартість засобів автоматизації з ПДВ, яка складає 243 213,16грн.

$K_{\text{м}}$ - коефіцієнт відрахувань на монтажні роботи, $K_{\text{м}} = 0,1$;

$N_{\text{т}}$ - норматив відрахувань на тару та пакування, $N_{\text{т}} = 0,25\%$;

Нтр - норматив відрахувань на транспортні витрати, Нтр = 5%;

Нзс – норматив відрахувань на заготівельно-складські витрати, Нзс =1,2%.

$$I_{\text{сак}} = 175889 \cdot ((1+0,1+0,0025+0,05)+(1+0,0025+0,05) \cdot 0,012) = \\ = 175889 \cdot 1,165 = 204910,7 \text{Грн.}$$

Модернізація системи автоматичного регулювання здійснюється за рахунок власних коштів підприємства.

9.2 Розрахунок інвестиційних витрат на модернізацію системи автоматизації.

В результаті модернізації системи контролю температурно-вологісного режиму брак продукції не повинен перевищувати 5% (брак продукції до модернізації 15%) .

Ціна за 1 шт виготовленої продукції – 1532 грн

Продуктивність виготовлення продукції – 50 шт/доба .

Час роботи 305 діб в рік (Т).

1. Визначаємо обсяг виробництва

$$OB_{\text{рік}} = П \cdot Т \quad (9.2)$$

$$OB_{\text{рік}} = 50 \cdot 305 = 15250 \text{ шт/рік.}$$

2. Визначимо кількість браку до і після модернізацій :

$$Br1 = OB \cdot K_{br1} \quad (9.3)$$

$$Br1 = 15250 \cdot 0,15 = 2287,5 \text{ шт.}$$

$$Br2 = OB \cdot K_{br2} \quad (9.4)$$

$$Br2 = 15250 \cdot 0,05 = 762,5 \text{ шт.}$$

3. Визначимо обсяг реалізованої продукції до і після модернізації:

$$OP1 = (OB - Br1) \cdot C_{\text{од.пр.}} \quad (9.5)$$

$$OP1 = (15250 - 2287,5) \cdot 1532 = 19\,858\,550 \text{ грн}$$

$$OP2 = (OB - Br2) \cdot C_{\text{од.пр.}} \quad (9.6)$$

$$OP2 = (15250 - 762,5) \cdot 1532 = 22\,194\,850 \text{ грн}$$

4.Визначимо заміну амортизаційних відрахувань за рахунок модернізації

САР:

$$\Delta A = IC * H_a \quad (9.7)$$

H_a - норма річних амортизаційних відрахувань для засобів автоматизації, яка дорівнює 50%;

$$\Delta A = 204910,7 * 0,5 = 102455,35 \text{ грн}$$

5.Визначимо річну зміну повної собівартості продукції за рахунок модернізації САР:

$$\Delta C_{\text{п}} = \Delta A = 102455,35 \text{ грн} \quad (9.8)$$

6.Визначимо приріст прибутку підприємства за рахунок впровадження САР:

$$\Delta \text{П} = \text{П}_2 - \text{П}_1 \quad (9.9)$$

де:

$$\text{П}_1 = \text{ОР}_1 - \text{С}_{\text{п}1}; \text{П}_2 = \text{ОР}_2 - \text{С}_{\text{п}2},$$

звідки

$$\Delta \text{П} = \text{ОР}_2 - \text{С}_{\text{п}2} - \text{ОР}_1 + \text{С}_{\text{п}1} = \text{ОВ} * \text{Ц}_{\text{од.пр}} - \text{Бр}_2 * \text{Ц}_{\text{од.пр}} - \text{С}_{\text{п}1} - \Delta A - \text{ОВ} * \text{Ц}_{\text{од.пр}} + \text{Бр}_1 * \text{Ц}_{\text{од.пр}} + \text{С}_{\text{п}1} = (\text{Бр}_1 - \text{Бр}_2) * \text{Ц}_{\text{од.пр}} - \Delta A = \Delta \text{Бр} * \text{Ц}_{\text{од.пр}} - \Delta A$$

$$\Delta \text{П} = 1525 * 1532 - 102455,35 = 2\,233\,844,65 \text{ грн}$$

7.Визначимо приріст чистого прибутку:

$$\Delta \text{ЧП} = (\Delta \text{П} - \Delta A) * (1 - \text{П}_{\text{п}}) \quad (9.10)$$

де:

$\text{П}_{\text{п}}$ – податок на прибуток, якийорівнює 18%.

$$\Delta \text{ЧП} = (2\,233\,844,65 - 102455,35) * 0,82 = 1\,747\,739,226 \text{ грн}$$

8.Визначимо приріст чистого грошового потоку:

$$\text{ЧГП} = (\Delta \text{ЧП} + \Delta A) \quad (9.11)$$

$$\text{ЧГП} = 1\,747\,739,226 + 102455,35 = 1\,850\,194,576 \text{ грн}$$

9.3. Висновок за розділом

Виходячи з розрахунків, проект модернізації САК є інвестиційно виправданим, така як чистий прибуток складає 1 747 739,226 грн, чистий грошовий потік за період реалізації проекту складає 1 850 194,576 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Підвищення ефективності процесу контролю температурно-вологісного режиму може дати відчутний технологічний ефект. В зв'язку з чим було обрано саме цей в якості об'єкту для модернізації системи керування.

Провівши аналіз ходу технологічного процесу, можна зробити висновок, що саме на даній технологічній схемі, можна як істотно змінити техніко-економічні показники виробництва в цілому, так і заощадити на витратах на електроенергію.

При впровадженні для контролю температурно-вологісного режиму модернізованої системи керування на базі мікропроцесорної техніки, яка буде ефективно контролювати і керувати процесом, потрібно домогтися зниження енерговитрат, та розхід води на зрошення. Для цього слід було поліпшити якість регулювання температури і вологості в виробничому приміщенні, та удосконалити існуючі алгоритми логічного, модернізувати існуючу елементно-технічну базу на більш нові засоби керування.

Було проведено ідентифікацію моделі процесу регулювання температурно-вологісного режиму, як об'єкту керування. Було проідентифіковано канали керування, в результаті чого було з'ясовано, що за цими каналами ОК має статичні властивості, тобто властивість самовирівнювання. При ідентифікації статичних властивостей ОК була визначена можливість лінеаризації статичної характеристики ОК, свідченням чого можна привести лінійність статичної характеристики на розглянутих ділянках.

При складанні структурних схем моделювання та їх реалізації були отримані результати, що мають достатню ступінь відповідності експериментальним даним, що свідчить про правильність проведення параметричної ідентифікації каналів ОК. Таким чином, результати досліджень можна вважати задовільними, а отримана модель була використана для синтезу та аналізу системи автоматичного регулювання процесу контролю температурно-вологісного режиму.

Підвищення динамічної точності САК з ПД-регулятором дало покращення показників якості перехідних процесів. В якості структури було обрано багатомірну САК процесу контролю температурно-вологісного режиму.

Крім того, було розроблено алгоритми логічного керування пуском, нормальною та аварійною зупинкою установки по контролю температурно-вологісного режиму виробничого приміщення. Розроблені алгоритми є доступними до реалізації на мікропроцесорних засобах автоматизації.

Був проведений вибір технічних засобів, які зможуть забезпечити належне та якісне керування процесом контролю температурно-вологісного режиму. Класи точності вимірювальних пристроїв та їх діапазони відповідають виробничим умовам, тобто оператор буде отримувати достовірну інформацію про протікання процесу. Висока якість керування процесом досягається використанням уніфікованих сигналів 4...20 мА, та дискретних сигналів.

Були вивчені основні характеристики контролерів фірми Siemens сімейства S7- 300 та принципи їх програмування. Отримано навички використання документації виробника, правильного вибору необхідних модулів контролерів і ЗСО сімейства S7-300. Отримано практичний досвід програмного конфігурування контролерів сімейства S7-300 в середовищі Simatic Step 7, розробки програм логічного керування і регулювання для керування процесом контролю температурно-вологісного режиму.

В середовищі TIA portal 15.1 розроблено програмне забезпечення АРМ оператора і наладчика САК контролю температурно-вологісного режиму виробничого приміщення. АРМ дозволяє контролювати хід технологічного процесу, задавати режими роботи, здійснювати перемикання режимів керування обладнанням (АВТ / РУЧ) і керувати в ручному режимі окремим обладнанням, проводити налаштування і налагодження САК, відображати динаміку зміни технологічних параметрів, вести журнали подій, проводити адміністрування користувачів програми. Розглянуто приклад інтеграції з мережею контролерів SIMATIC S7-300.

Було розроблено варіант ескізного проекту на базі контролера фірми Siemens – SIMATIC S7-300. Виконано ескізний проект, що включає основні документи технічного забезпечення системи автоматичного керування контролю температурно-вологісного режиму у виробничому приміщенні. В результаті виконання отримані навички з розробки проектної документації та системи автоматизації з використанням МПК, ПК та сучасних пристроїв автоматизації. Також було опрацьовано основні питання, пов'язані з охороною праці при експлуатації системи автоматичного керування процесом контролю температурно-вологісного режиму.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Киричков В.Н. Идентификация объектов систем управления технологическими процессами. - К.: Выща шк., 1990. - 263 с.
2. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств: Учеб. пособие. - К.: Выща шк., 1991. - 367 с.
3. Теория автоматического управления / Учебник под редакцией А.В. Нетушила – М.: Высшая школа, 1983. – 432 с.
4. Теория автоматического управления / Учебное пособие под редакцией А.С. Шаталова. – М.: Высшая школа, 1977. – 448 с.
5. Воронов А.А., Титов В.К., Новогранов Б.Н. Основы теории автоматического регулирования и управления / Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1977. – 519 с.
6. Сборник задач по теории автоматического регулирования и управления под редакцией В.А. Бессекерского. – М.: Наука, 1979. – 512 с.
7. Хобін В.А., Світий І.М. Теорія автоматичного керування: Посібник до виконання комплексної курсової роботи. Одеська національна академія харчових технологій, 2020.
8. Хобин В.А. Конспект курса лекций по дисциплине «Идентификация и моделирование технологических объектов» для студентов специальности 7.092501 дневной и заочной форм обучения. - Одесса: ОНАПТ, 2003. – 78 с.
9. Хобин В.А. Конспект курса лекций по дисциплине «Теория автоматического управления» для студентов специальности 7.092501 дневной и заочной форм обучения. - Одесса: ОНАПТ, 2007. – 87 с.
10. Баранов Г.Л., Макаров А.В. Структурное моделирование сложных динамических систем. - К.: Наук. думка, 1986. - 272 с.
11. Бессонов А.А., Загашвили Ю.В., Маркелов А.С. Методы и средства идентификации динамических объектов. - Л.: Энергоатомиздат, 1989. - 280 с.
12. Куликов Е.И. Методы измерения случайных процессов. – М.: Радио и связь, 1986. – 272 с.

13. Тихонов В.И., Хименко В.И. Выбросы траекторий случайных процессов. – М.: Наука, 1987. – 304 с.
14. Шалыгин А.С., Палагин Ю.И. Прикладные методы статистического моделирования. – Л.: Машиностроение, 1986. – 320 с.
15. Анализ и оптимальный синтез на ЭВМ систем управления / Под редакцией А.А. Воронова и И.А. Огурка. – М.: Наука, 1984 – 344 с.
16. Белова Д.А., Кузин Р.Е. Применение ЭВМ для анализа и синтеза автоматических систем управления. – М.: Энергия, 1979. – 264 с.

Додаток Б Попередній перелік обладнання до схеми принципової електричної

Поз.	Найменування	К-ть	Прим.
	Перелік приладів на принциповій електричній		
	схемі		
	Прилади за місцем		
1KM1-	Пускач магнітний ПМА 3221, з тепловим реле,	3	існуючі
3KM1	контакти 2з, 1р		
1SB1-3SB1	Кнопки КМЕ 4201, 1р	3	існуючі
	<u>Прилади в силовому щиті</u>		
1QF-3QF	Автоматичний вимикач триполюсний	3	існуючі
1FU-3FU	Запобіжник з плавкою вставкою	3	існуючі
1SQ-3SQ	Контакт муфти граничного моменту	3	існуючі
	Прилади на щиті управління		
1SB3-3SB3, 11SB1,	Кнопка ELFIN 22, 1з, зелений штовкач	4	
1SB2-3SB2, 11SB2	Те ж, 1р, червоний штовкач, (Стоп)	4	
1SA-3SA, 9SA,10SA, 12SA	Перемикач ELFIN 22 на 3 положення, 020SAMONW	6	
1VD-3VD, 8VD	Світлосигнальна арматура у сборі ELFIN 22, 24В пост, струм 16 мА, світлодіод червоний, 010BA9SLR24,	4	
1R, 2R, 3R , 8R	з опірами 1,2 кОм у комплекті	4	
1K, 2K, 3K, 9K, 10K,12K	Реле проміжне, Weidmuller PS 35836971, 24В, (одногрупне)	6	
	Специфікація до принципової електричної схеми		Лист

Додаток Г Попередній перелік складових частин для щита оператора

Поз-я	Позначення	Найменування	Кіль-ть	Примітка
		Стандартні вироби		
1		Щит SCHROFF CONCEPTLINE EMC 600x600 x420 мм, IP66	1	
		Інші вироби		
2	1VD-3VD, 8VD 1R-3R, 8R	Світлосигнальна арматура у сборі ELFIN 22, 24В пост. струм 16 мА, світлодіод червоний, 010BA9SLR24, з опорами 1,2 кОм у комплекті	4 4	
3	4б, 5б 46X,56X	Блок ручного управління аналоговий БРУ-7 з КБЗ 24-19	2	
4	1SA-3SA,9SA,10SA 12SA	Перемикач ELFIN 22 на 3 положення, 020SAMONW	6	
5	1SB3-3SB3, 11SB1	Кнопка ELFIN 22, 1з, зелений штовкач	4	
6	1SB2- 3SB2, 11SB2	Те ж, 1р, червоний штовкач, те ж 1з	3 1	
7		Рамка 20x40	14	
8	МПК	Контролер SIMATIC S7-300, CPU313C-2DP	1	
9	FU1-FU6	Запобіжник с плавкою вставкою ПТ	6	
10	EL	Патрон косий настінний E27ФнП-03	1	
11	TV1	Трансформатор ТСБЗ-220/36В, 400Вт	1	
12	SA1- SA5	Вимикач, Lovato electric,12А,7GN P25	5	
13	XS1	Розетка штепсельна РШ-2	2	
14	SF1,..., SF4	Вимикач автоматичний ВА47-29М,	4	
15	XT1, XT2	Клемна колодка на 38 клем, contact SRK 2,5/2А, винтові на DIN-рейці 35мм	2	
16	G1	Блок живлення 220/24 В	1	
17	1К-3К, 9К,10К, 12К	Реле проміжне, Weidmuller PS 35836971, 24В, (одногрупне)	5	
		Монтажні матеріали		
		DIN- рейка 35мм	3 м	
		Профільна шина 122*480мм	1	
		Короб монтажний 30 мм, пластик	9 м	
		Провод монтажний ПВЗ*05	87 м	
Перелік складових частин для щита оператора				Лист

