

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем

управління ім. А.П. Ладанюка

«До захисту в ЕК»
Декан факультету
Андрій ФОРСЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» грудня 2024 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Ярослав СМІТЮХ
(підпис) (ім'я та прізвище)

«__» грудня 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні технології та програмування в
автоматизованих системах управління»

на тему: Автоматизована система управління технологічним процесом варіння
суслу на пивзаводі з використанням методів нечіткої логіки

Виконав: здобувач 2 курсу, групи АК-2-2М

МАРЧУК Артем Юрійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник РОМАНОВ Микола Сергійович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент Андрій Мошенський
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

ім. А.П. Ладанюка

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані та робототехніка»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ ім. А.П. Ладанюка

Ярослав СМІТЮХ

« » 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

МАРЧУКУ Артему Юрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Автоматизована система управління технологічним процесом варіння сусла на пивзаводі з використанням методів нечіткої логіки

керівник роботи к.т.н. доц. РОМАНОВ Микола Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ ” 2024 року №

2. Строк подання здобувачем роботи “ ” 2024 року

3. Вихідні дані до роботи

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.

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

Вступ. Розділ 1. Аналіз технологічного об'єкту автоматизації та існуючих АСК. 1.1. Аналіз технологічного об'єкту автоматизації. 1.2. Аналіз існуючих АСК технологічним об'єктом. 1.3. Постановка задачі кваліфікаційної роботи магістра. Розділ 2. Загальносистемні рішення. 2.1. Загальний опис об'єкту та системи. 2.2. Функціональна структура системи. 2.3. Опис функцій, що автоматизуються. 2.4. Структурна схема комплексу технічних засобів. 2.5. Опис інформаційного забезпечення виробництва та основного відділення. Розділ 3. Розробка підсистеми керування технологічним процесом. 3.1. Схема автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня. 3.2. Схема компонування та специфікація модулів ПЛК. 3.3. Схеми з'єднань та підключень проводок промислових мереж. 3.4. Схеми з'єднань та підключень проводок промислових мереж. Розділ 4. Розробка інтелектуального регулювання

процесом варіння сула в АСУТП ВС на основі нечіткої логіки. Висновки. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема функціональної структури АСУТП ВС. 2. Структурна схема КТЗ АСУТП ВС. 3. Схема з'єднань проводок мереж. 4. Схема інформаційної структури. 5. Схема автоматизації. 6. Схеми електричні принципові контурів вимірювання, управління, сигналізації та живлення.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Видача та затвердження завдання</i>	<i>Перед переддипломною практикою</i>	
2	<i>Розділ 1. Аналіз технології та існуючих АСК технологічним об'єктом</i>	<i>Захист переддипломної практики</i>	
3	<i>Розділ 2. Розробка структурної схеми комплексу технічних засобів</i>	<i>3 тиждень</i>	
4	<i>Розділ 3. Розробка схеми автоматизації та вибір технічних засобів автоматизації</i>	<i>5 тиждень</i>	
5	<i>Розділ 3. Розробка схеми з'єднань та підключень проводок промислових мереж</i>	<i>7 тиждень</i>	
6	<i>Розділ 4. Розробка інтелектуального регулювання процесом варіння сула в АСУТП ВС на основі нечіткої логіки</i>	<i>11 тиждень</i>	

Здобувач _____
(підпис)

Артем МАРЧУК

Керівник роботи _____
(підпис)

Микола РОМАНОВ

Анотація

Продемонстровано в кваліфікаційній роботі магістра розроблення автоматизованої системи управління технологічним процесом варіння сусла (АСУТП ВС) на пивзаводі.

Для забезпечення оптимального проходження технологічного процесу варіння сусла на пивзаводі при розробленні АСУТП ВС були використані засоби автоматизації сучасного рівня та промисловий логічний контролер (ПЛК) Schneider Electric M340.

Застосування розробленого інтелектуального регулятора на основі методів нечіткої логіки за алгоритмом Сугено під час регулювання температури варіння сусла зменшило час перехідного процесу доведення температури варіння сусла до оптимальної та прибрато динамічну похибку.

Ключові слова: АСУТП ВС, автоматизація, пивзавод, сусло, нечітка логіка, інтелектуальний регулятор.

Annotation

The development of the automated control system for the technological process of wort brewing (ACSTP WB) at the brewery was demonstrated in the master's qualification work.

In order to ensure the optimal passage of the technological process of brewing wort at the brewery, during the development of the automatic control system of the brewery, state-of-the-art automation tools and an industrial logic controller Schneider Electric M340 were used.

The application of the developed intelligent controller based on the methods of fuzzy logic according to the Sugeno algorithm during the adjustment of the wort boiling temperature reduced the time of the transition process of bringing the wort boiling temperature to the optimum and removed the dynamic error.

Keywords: ACSTP WB, automation, brewery, wort, fuzzy logic, intelligent controller.

Зміст

Вступ	7
Розділ 1. Аналіз технологічного об'єкту автоматизації та існуючих АСК	8
1.1. Аналіз технологічного об'єкту автоматизації	8
1.2. Аналіз існуючих АСК технологічним об'єктом	14
1.3. Постановка задачі кваліфікаційної роботи магістра	16
Розділ 2. Загальносистемні рішення	17
2.1. Загальний опис об'єкту та системи	17
2.2. Функціональна структура системи.....	18
2.3. Опис функцій, що автоматизуються	20
2.4. Структурна схема комплексу технічних засобів	22
2.5. Опис інформаційного забезпечення виробництва та основного відділення	24
Розділ 3. Розробка підсистеми керування технологічним процесом	32
3.1. Схема автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня	33
3.2. Схема компонування та специфікація модулів ПЛК	37
3.3. Схеми електричні принципові контурів вимірювання, керування, сигналізації та живлення.....	40
3.4. Схеми з'єднань та підключень проводок промислових мереж	41
Розділ 4. Розробка інтелектуального регулювання процесом варіння суслу в АСУТП ВС на основі нечіткої логіки	44
Висновки	57
Список використаних джерел	58

Вступ

Процес варіння пивного сусла на пивзаводі грає важливу ролі в технологічному процесі при виробництві пива.

На подальші технологічні процеси виробництва пива, такі як бродіння пивного сусла впливають показники рН та вмісту сухих речовин, що отримали в пивному суслі після завершення його процесу варіння.

Отримання пивного сусла високої якості після процесу варіння головна задача у сусловарочному відділенні.

Для досягнення даної задачі необхідно побудувати автоматизовану систему управління технологічним процесом варіння сусла з використанням засобів автоматизації сучасного рівня та при управлінні технологічним процесом використати інтелектуальні методи управління технологічним процесом.

Використанням засобів автоматизації сучасного рівня та інтелектуальних методів управління технологічним процесом дозволить заощадити використання енергоресурсів під час процесу варіння, що дозволить зменшити собівартість процесу виробництва пива та дозволить збільшити прибутковість пивзаводу.

Розділ 1. Аналіз технологічного об'єкту автоматизації та існуючих АСК

1.1. Аналіз технологічного об'єкту автоматизації

Процес виробництва пива складається з багатьох технологічних процесів, що являють собою стадії виробництва пива. Виробництво пива поділяється на наступні стадії:

- стадія пророщування солоду;
- стадія сушки та подрібнення солоду;
- стадія затирання;
- стадія фільтрування затору;
- стадія кип'ятіння сусла;
- стадія відділення суспензій гарячого сусла;
- стадія охолодження сусла;
- стадія зброджування та дозрівання;
- стадія фільтрація пива;
- стадія розливу пива.

Графічний технологічний процес виробництва пива та перераховані стадії продемонстровано на рис. 1.1.

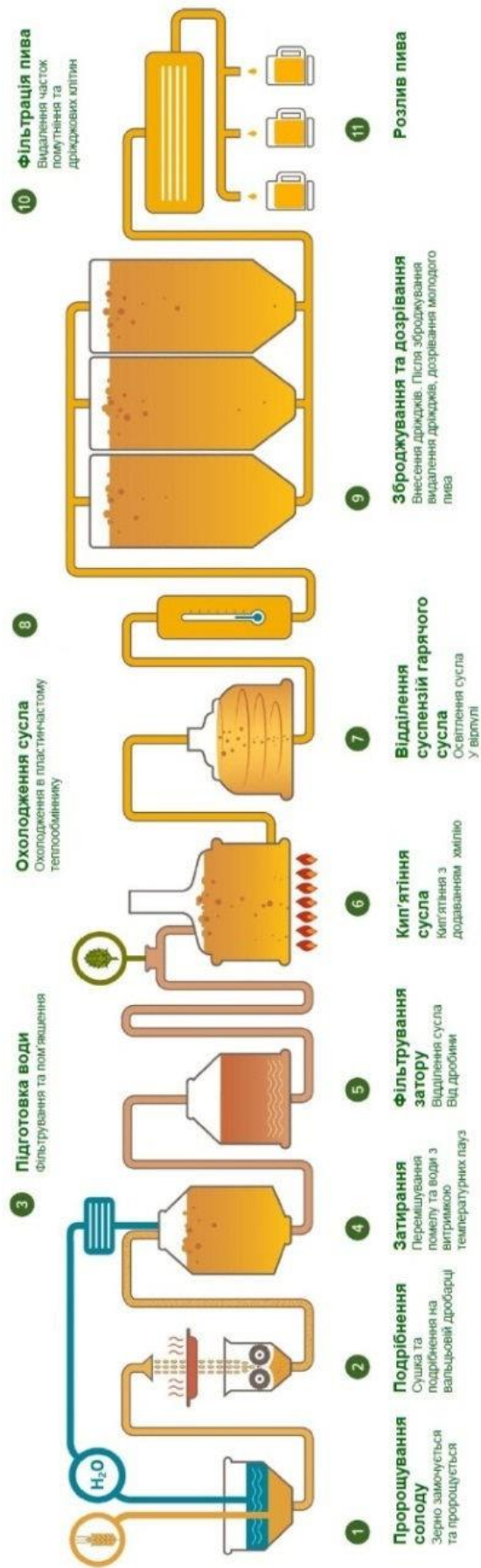


Рис. 1.1. Стадії виробництва пива.

Стадія кип'ятіння суслу, або як ще називають — процес варіння суслу, проходить в суслварочному котлі, вид якого продемонстровано на рис. 1.2.



Рис. 1.2. Вид суслварочного котла.

Процес варіння пивного сусла проходить протягом 1,5–2 годин за температури 74–76 °С та тиску 0,02–0,03 МПа. [1] Процес варіння сусла продемонстровано на рис. 1.3.



Рис. 1.3. Процес варіння пивного сусла.

Під час процесу варіння пивного суслу додають хміль чи екстракт хмелю.
Процес додавання хмелю під час варіння суслу продемонстровано на рис. 1.4.



Рис. 1.4. Процес додавання хмелю.

В кінці процесу варіння зварене пивне сусло має значення кислотність — од. рН: 5,0—5,1 та вміст сухих, в залежності від майбутнього сорту пива: 9—14 % вмісту сухих речовин. Вид звареного пивного сусла продемонстровано на рис. 1.5.



Рис. 1.5. Вид звареного пивного сусла.

1.2. Аналіз існуючих АСК технологічним об'єктом

Компанія BTS-ENGINEERING розробляє автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУТП) пивного заводу, зокрема процесом в варочному відділенні пивзаводу.

Розробка мнемосхем АСУТП пивзаводу виконується в SCADA-пакеті BSS Cross-Control на базі операційної системи Linux OpenSuse. [2]

Вид розробленої мнемосхеми компанією BTS-ENGINEERING продемонстровано на рис. 1.6.

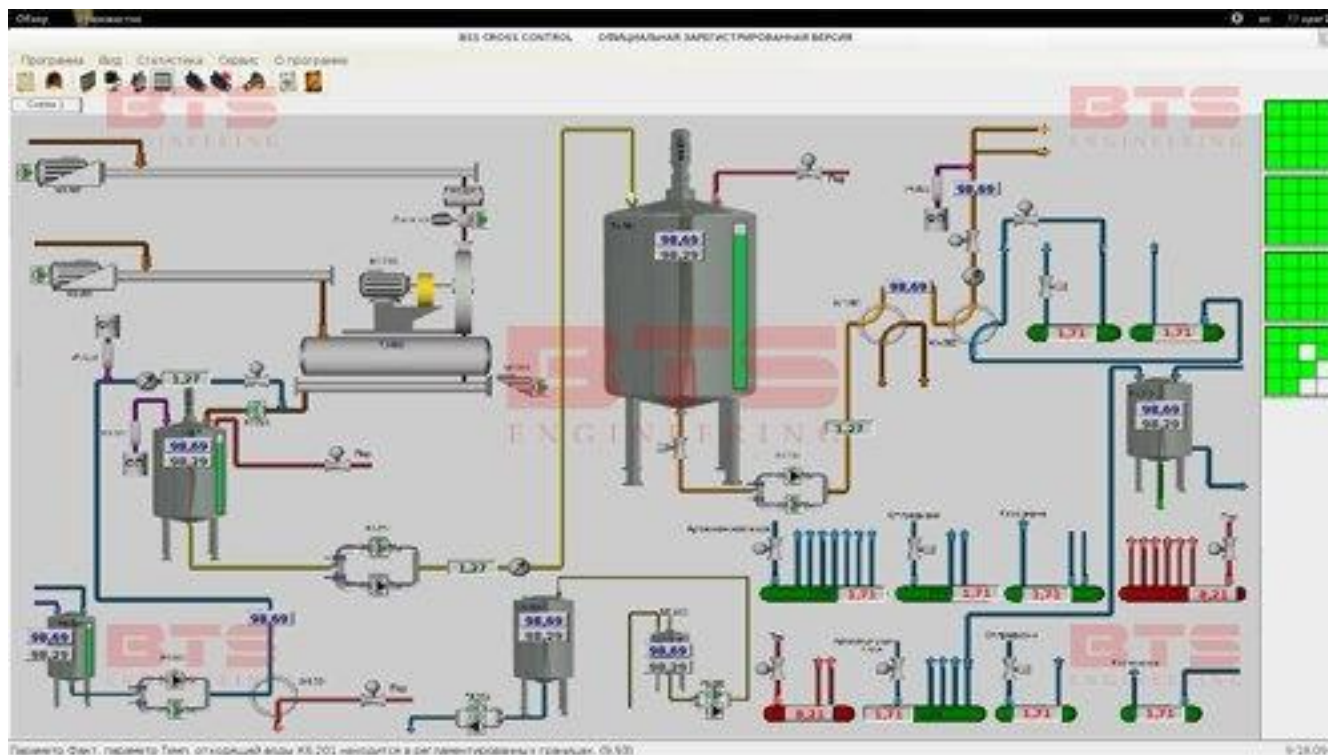


Рис. 1.6. Мнемосхема в SCADA BSS Cross-Control.

Компанія ПрАТ «ЕЛАКС» автоматизовані системи управління технологічними процесами (АСУТП) пивного заводу базуючись на використанні промислового логічного контролера (ПЛК) Simatic S7-1500 від компанії Siemens. [3]

Вид розроблених мнемосхем компанією ПрАТ «ЕЛАКС» для управління відділеннями пивзаводу продемонстровано на рис. 1.7.

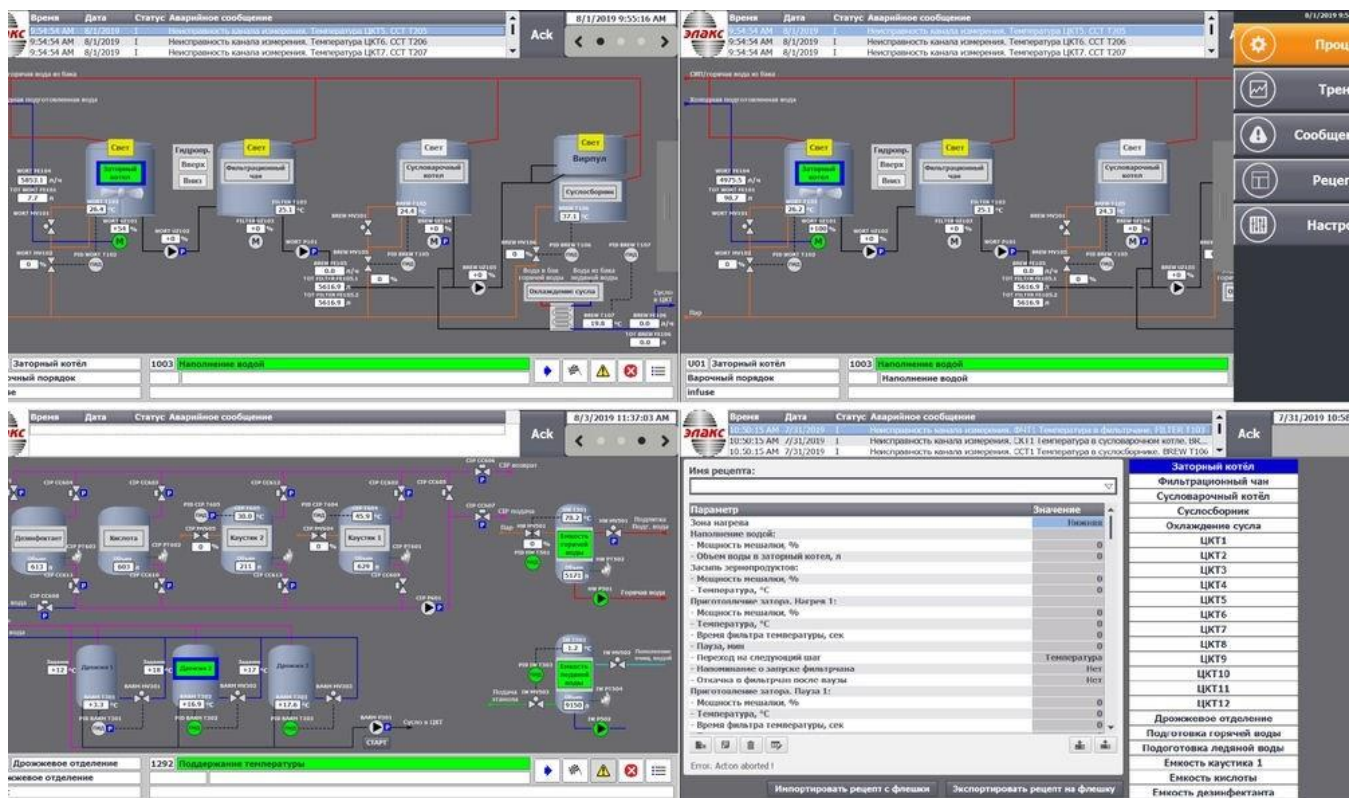


Рис. 1.7. Вид мнемосхем управління відділеннями.

1.3. Постановка задачі кваліфікаційної роботи магістра

Магістерська кваліфікаційна робота розглядає розробку автоматизованої системи управління технологічним процесом варіння сусла (АСУТП ВС) на пивзаводі.

Для оптимально проходження технологічного процесу варіння сусла на пивзаводі будуть використані засоби автоматизації сучасного рівня.

Також в кваліфікаційній роботі магістра будуть використані інтелектуальні засоби управління технологічним процесом засновані на методах нечіткої логіки для оптимального проходження процесу варіння пивного сусла.

Розробка АСУТП ВС з використанням засобів автоматизації сучасного рівня і інтелектуальних методів управління технологічним процесом заснованих на методах нечіткої логіки дозволить заощадити використання енергоресурсів під час процесу варіння, а це в свою чергу дозволить зменшити собівартість процесу виробництва пива і збільшити прибутковість пивзаводу.

Розділ 2. Загальносистемні рішення

2.1. Загальний опис об'єкту та системи

Автоматизована системи управління технологічним процесом варіння сусла (АСУТП ВС) на пивзаводі забезпечує отримання пивного сусла процесом варіння для подальшої фільтрації та бродіння.

АСУТП ВС проводить координацію з котельнею (КОТ) для отримання пари, що використовується для процесу варіння сусла.

АСУТП ВС вирішує задачі управління для отримання пивного сусла високої якості, серед них:

- контроль рН пивного сусла;
- контроль вмісту сухих речовин, що знаходяться в пивному суслі;
- контроль витрати пари в суслотварочний котел з котельні;
- управління рівнем в суслотварочному котлі з використання насоса викачування пивного сусла з суслотварочного котла;
- регулювання температури варіння пивного сусла в суслотварочному котлі клапаном подачі пари з котельні;
- регулювання тиску в суслотварочному котлі при варінні пивного сусла в клапаном випуску пари з суслотварочного котла;
- управління насосом подачі пивного сусла в суслотварочний котел, в залежності від його кількості;
- управління клапаном подачі екстракту хмелю в суслотварочний котел, в залежності від його кількості;
- управління двигуном перемішувача.

2.2. Функціональна структура системи

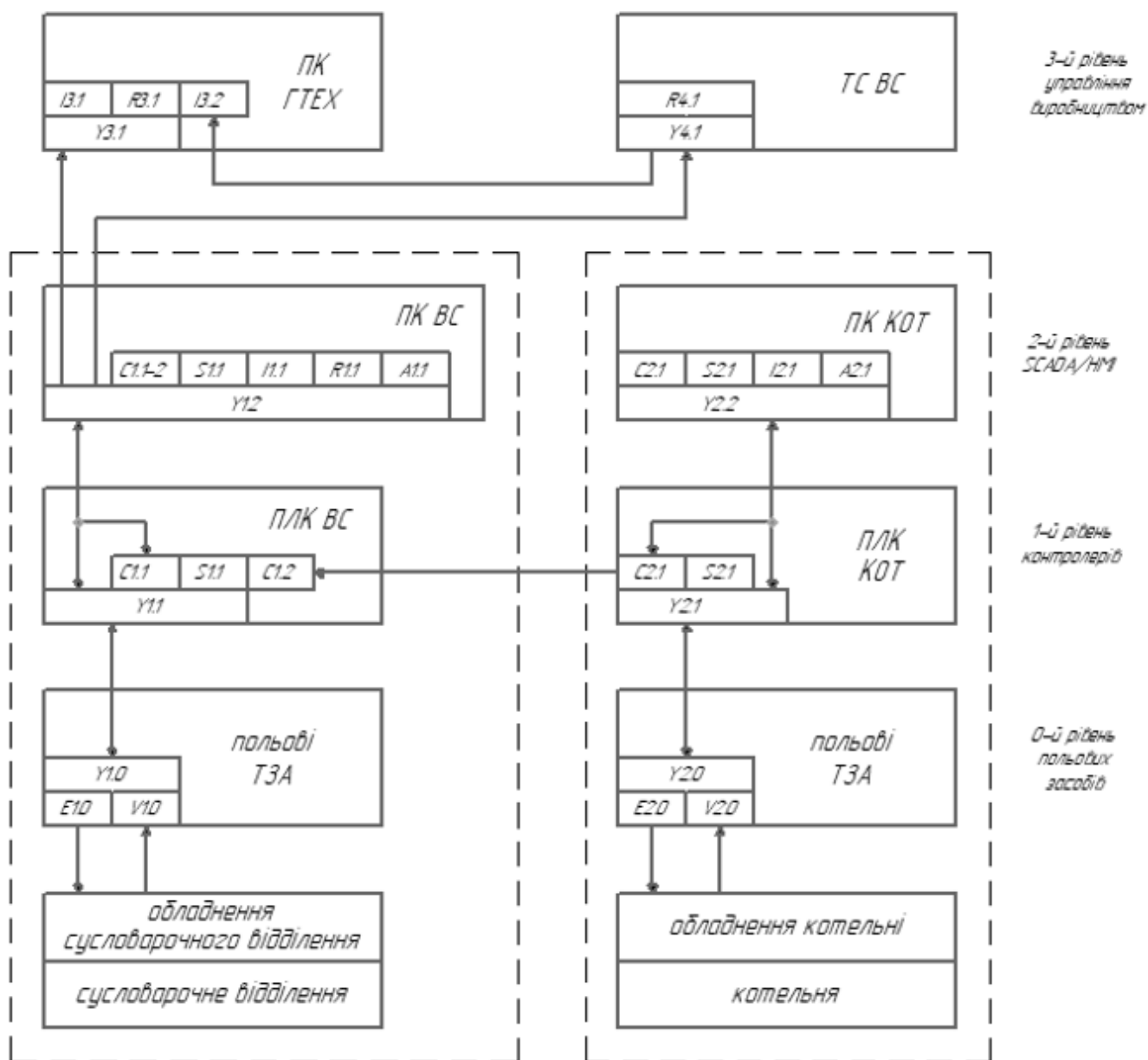


Рис. 2.1. Схема функціональної структури (СФС) АСУТП ВС.

В табл. 2.1. продемонстровано застосовані умовні позначення з продемонстрованої на рис. 2.1 СФС АСУТП ВС.

Таблиця 2.1. Умовні позначення до СФС АСУТП ВС.

Найменування	Позначення
польові ТЗА	технічні засоби автоматизації, які відносяться до польового рівня
ПЛК ВС	промисловий логічний контролер сусловарочного відділення
ПЛК КОТ	промисловий логічний контролер котельні
ПК ВС	АРМ оператора для в сусловарочного відділення (на базі комп'ютера)
ПК КОТ	АРМ оператора для котельні (на базі комп'ютера)
ПК ГТЕХ	персональний комп'ютер головного технолога
ТС ВС	технологічний сервер сусловарочного відділення
E1.0, E2.0	вимірювальне перетворення
V1.0, V2.0	управління технологічним обладнанням та виконавчими механізмами
У	перетворення та обробка інформації
C1.1, C2.1	автоматизоване регулювання
C1.2	координація роботи з котельнею
S1.1, S2.1	автоматизоване управління
П1.1, I2.1	відображення для контролю за технологічним процесом
I3.1	відображення для диспетчерського контролю за виробничим процесом
R1.1	реєстрація параметрів технологічного процесу
R3.1, R4.1	реєстрація основних виробничих параметрів
A1.1, A2.1	контроль стану обладнання, технологічна сигналізація

2.3. Опис функцій, що автоматизуються

Таблиця 2.2. Перелік функцій АСУТП ВС.

Найменування функції/ сигналу	Польові ТЗА (Y1.0)		ПЛК (Y1.1)		ПК (Y1.2)				
	E1.0	V1.0	C1.1	S1.1	П.2	C1.1	R1.1	S1.1	A1.1
Температура варіння сусла	+	-	+	-	+	+	+	-	-
Тиск в суслварочному котлі	+	-	+	-	+	+	+	-	-
Рівень в суслварочному котлі	+	-	-	+	+	-	+	+	-
Витрата пивного сусла	+	-	-	+	+	-	+	+	-
Витрата екстракту хмелю	+	-	-	+	+	-	+	+	-
Витрата пари в суслварочний котел	+	-	-	-	+	-	+	-	-
pH пивного сусла	+	-	-	-	+	-	+	-	-
Вміст сухих речовин в пивному суслі	+	-	-	-	+	-	+	-	-
Клапан подачі пари в суслварочний котел	-	+	+	-	+	+	+	-	-
Клапан випуску пари	-	+	+	-	+	+	+	-	-
Клапан подачі екстракту хмелю	-	+	-	+	+	-	+	+	-
Команда на пуск/стоп двигуна M1	-	+	-	+	+	-	+	+	+
Команда на пуск/стоп двигуна M2	-	+	-	+	+	-	+	+	+

Продовження таблиці 2.2.

	E1.0	V1.0	C1.1	S1.1	II.2	C1.1	R1.1	S1.1	A1.1
Задання швидкості обертів двигуна M3	-	+	+	-	+	+	+	-	-
Команда на пуск/стоп двигуна M3	-	+	-	+	+	-	+	+	+
Дистанційна команда на пуск/стоп двигуна M1	-	+	-	+	+	-	+	+	+
Дистанційна команда на пуск/стоп двигуна M2	-	+	-	+	+	-	+	+	+
Дистанційна команда на пуск/стоп двигуна M3	-	+	-	+	+	-	+	+	+
Кнопка «Стоп» двигуна M1	-	+	-	+	+	-	+	+	+
Кнопка «Стоп» двигуна M2	-	+	-	+	+	-	+	+	+

2.4. Структурна схема комплексу технічних засобів

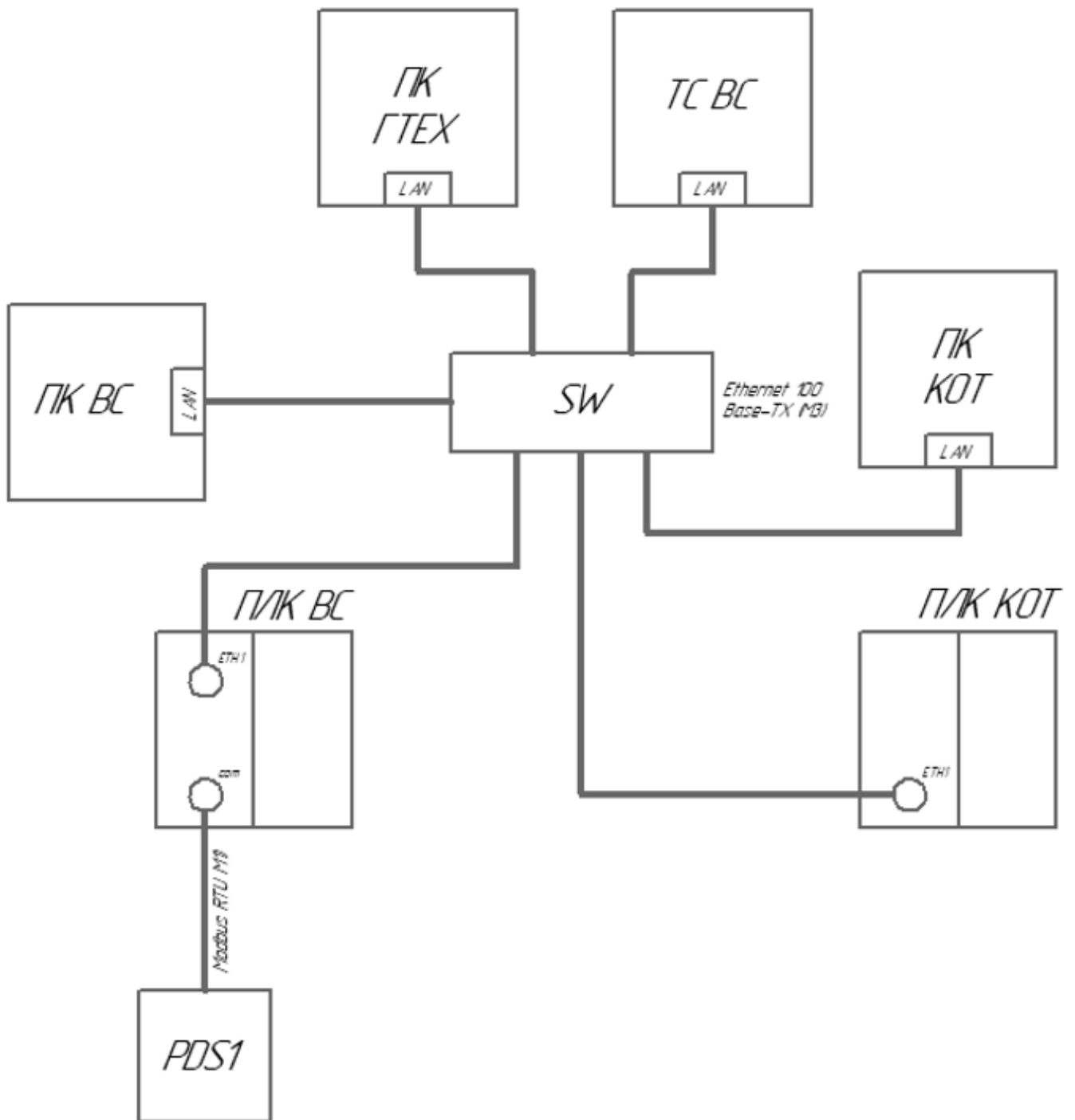


Рис. 2.2. Структурна схема комплексу технічних засобів (ССКТЗ) АСУТП ВС.

Специфікацію продемонстрованої ССКТЗ АСУТП ВС на рис. 2.2 продемонстровано в табл. 2.3.

Таблиця 2.3. Специфікація ССКТЗ АСУТП ВС.

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1	2	3	4
SW	8-портовий 1 Гбіт/с комутатор TP-Link	1	TP-Link TL-SG108
ТС ВС	Технологічний сервер суслварочного відділення	1	Intel Core-i5 3,2 GHz, RAM 8 Gb
ПК ГТЕХ	ПК головного технолога	1	Intel Core-i5 3,2 GHz, RAM 8 Gb
ПК ВС	АРМ оператора суслварочного відділення	1	Intel Core-i3 2,3 GHz, RAM 4 Gb
ПЛК ВС	Програмований логічний контролер суслварочного відділення	1	Modicon M340 (Schneider Electric)
ПК КОТ	АРМ оператора котельні	1	Intel Core-i3 2,3 GHz, RAM 4 Gb
ПЛК КОТ	Програмований логічний контролер котельні	1	Modicon M340 (Schneider Electric)
PDS1	Частотний перетворювач	1	Altivar 71 (Schneider Electric)

Мережа М1 побудована на основі технології Modbus RTU. Схема інформаційних потоків мережі М1 продемонстровано на рис. 2.4 та їх опис продемонстровано в табл. 2.4.

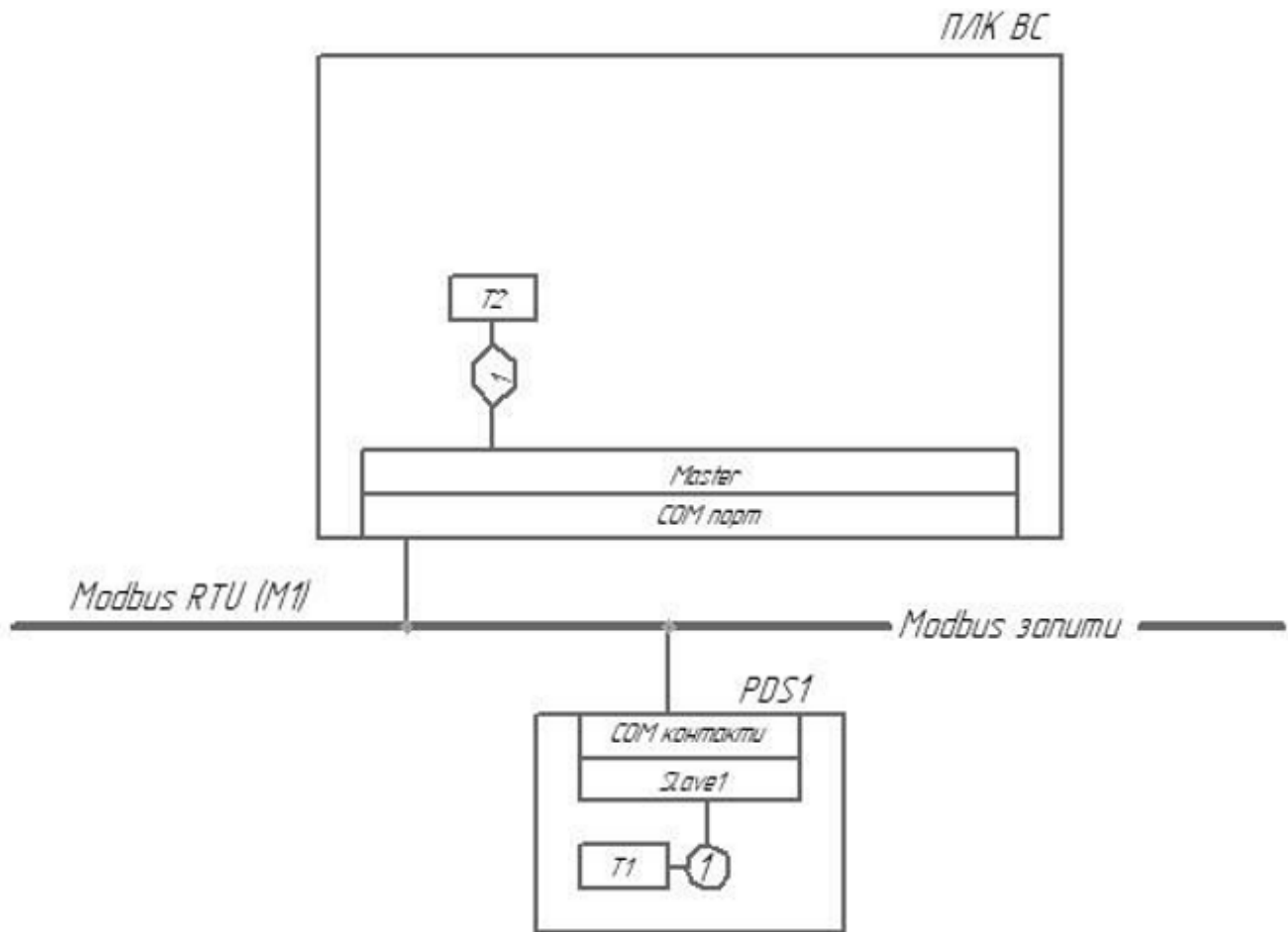


Рис. 2.4. Інформаційний потік мережі М1.

Мережа М2 побудована на основі технології Ethernet 100 Base-TX. Загальний вид інформаційних потоків продемонстровано на рис. 2.5.

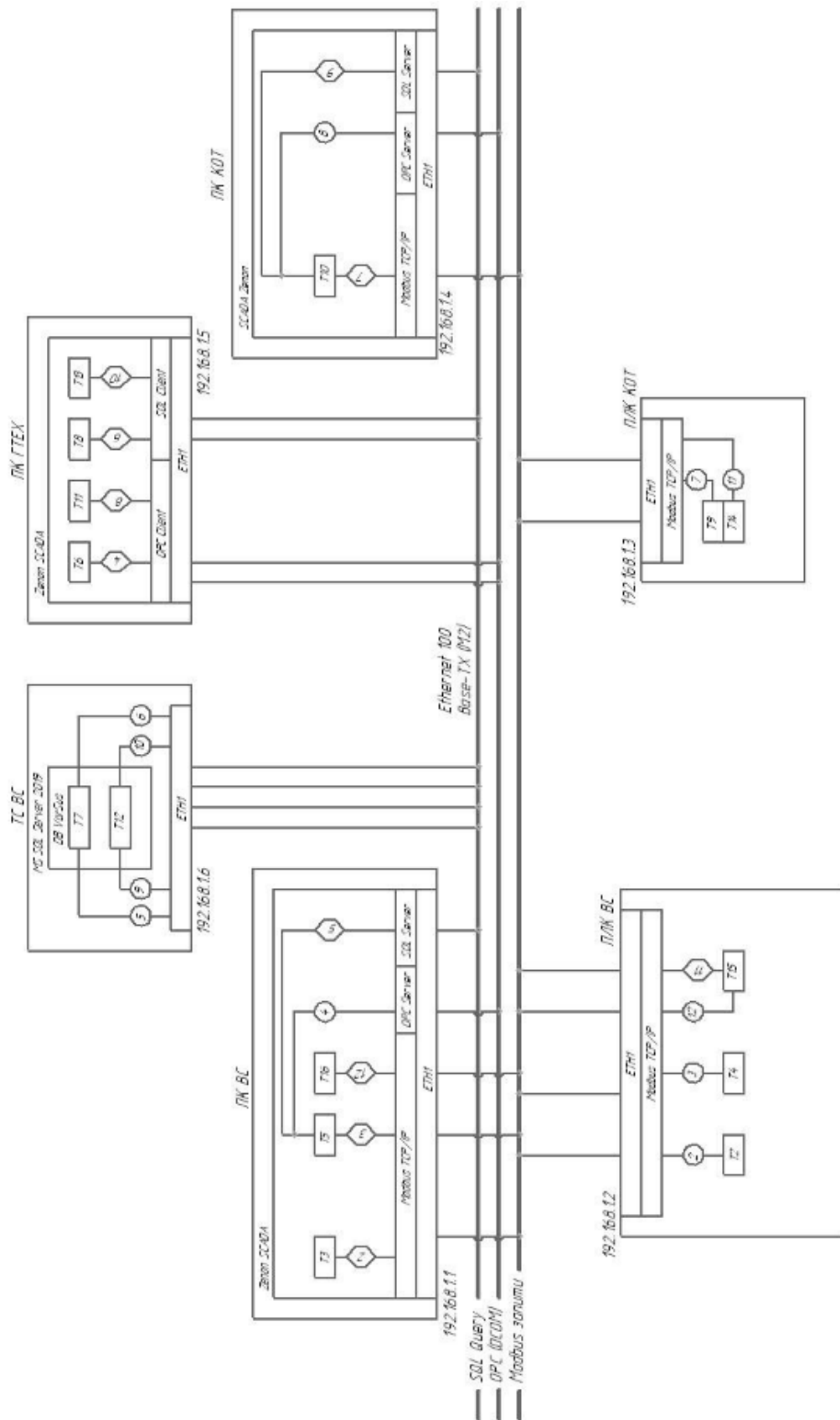


Рис. 2.5. Інформаційні потоки мережі М2.

Інформаційні потоки мережі М2 між ПЛК ВС, ПЛК КОТ, ПК ВС, ПК КОТ продемонстровано на рис. 2.6 та їх опис продемонстровано в табл. 2.4.

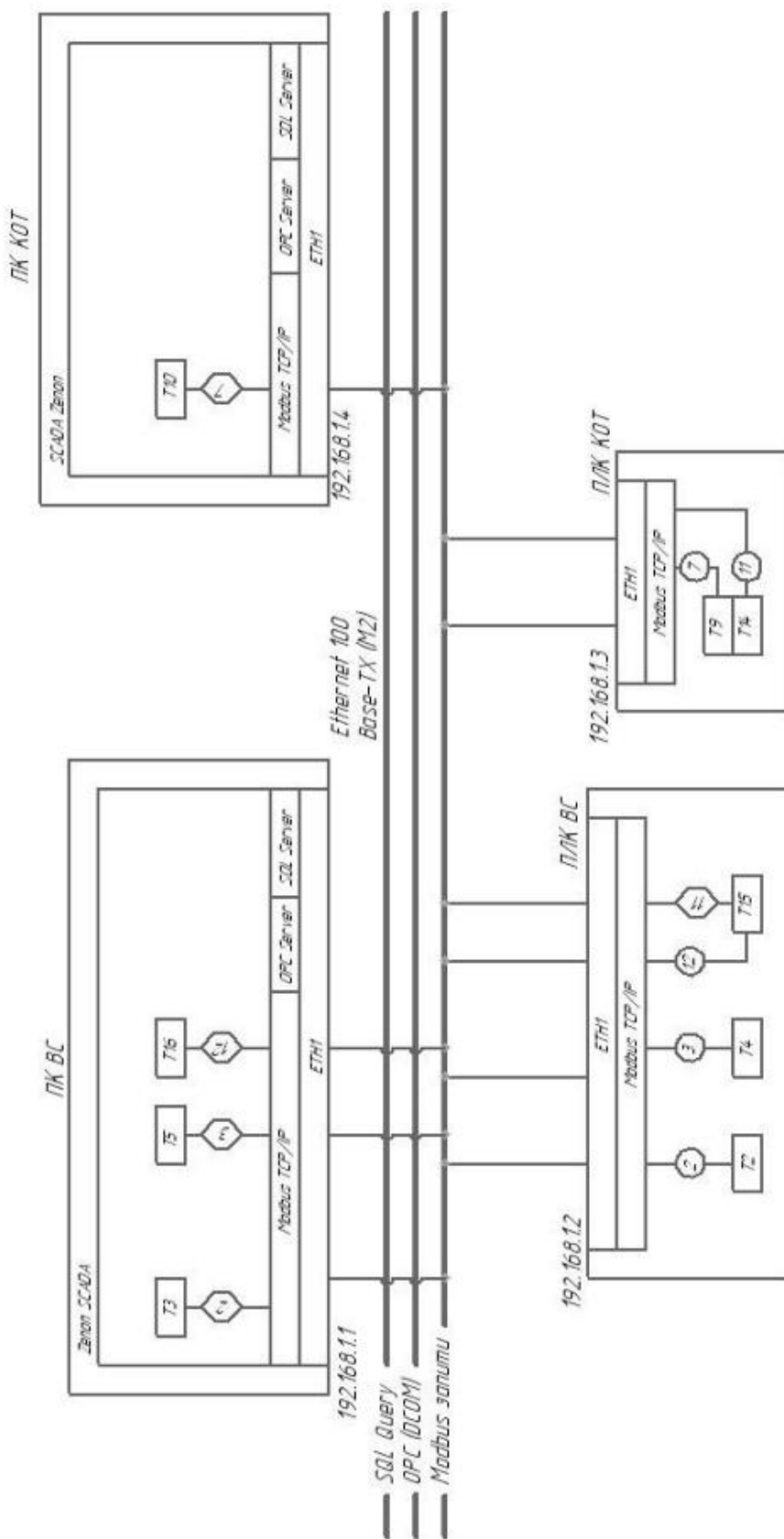


Рис. 2.6. Інформаційні потоки мережі М2 між ПЛК ВС, ПЛК КОТ, ПК ВС, ПК КОТ.

Інформаційні потоки мережі М2 між ПК ВС, ПК КОТ, ТС ВС, ПК ГТЕХ продемонстровано на рис. 2.7 та їх опис продемонстровано в табл. 2.4.

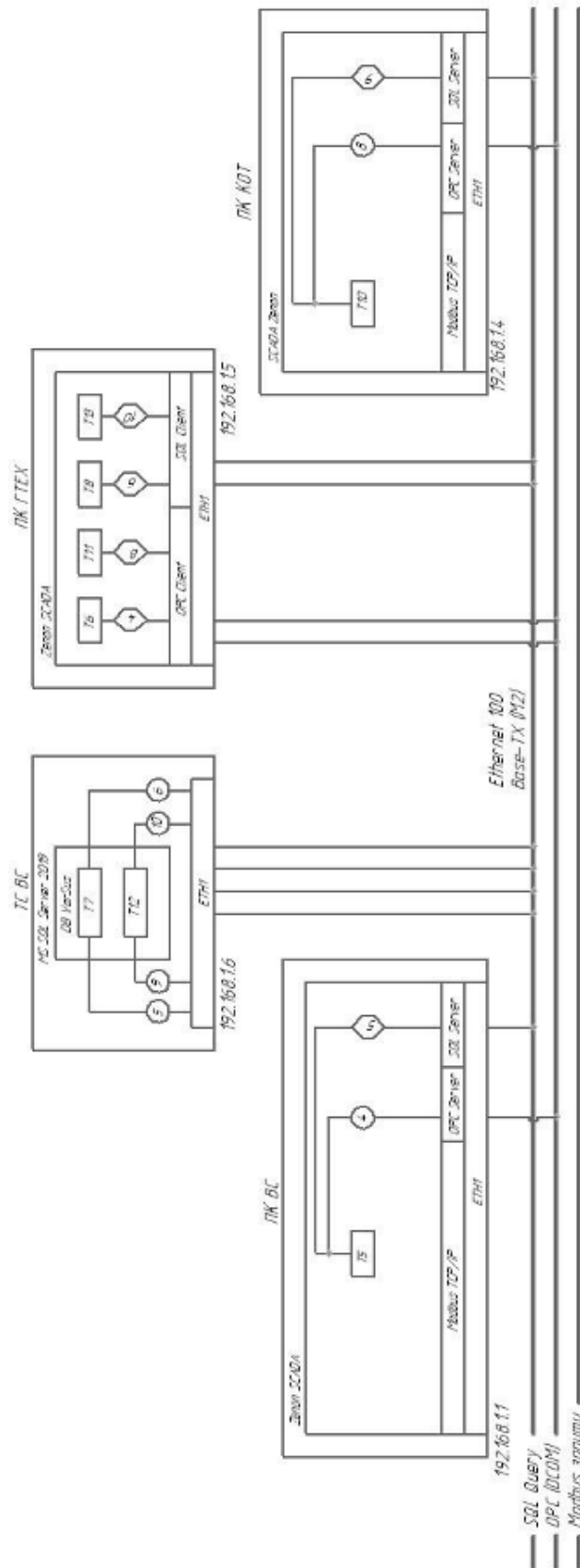


Рис. 2.7. Інформаційні потоки мережі М2 між ПК ВС, ПК КОТ, ТС ВС, ПК ГТЕХ.

Таблиця 2.4. Мережні змінні АСУТП ВС.

Призначення	ПЛК ВС	ПК ВС	PDS1	ПЛК КОТ	ПК КОТ	ПК ГТЕХ	ТС ВС
Температура варіння сусла	T4	T5	–	–	–	T6	T7
Тиск в сусловарочному котлі	T4	T5	–	–	–	T6	T7
Рівень в сусловарочному котлі	T4	T5	–	–	–	T6	T7
Витрата пивного сусла	T4	T5	–	–	–	T6	T7
Витрата екстракту хмелю	T4	T5	–	–	–	T6	T7
Витрата пари в сусловарочний котел	T15	T16	–	T14	T10	T6	T7
pH пивного сусла	T4	T5	–	–	–	T6	T7
Вміст сухих речовин в пивному суслі	T4	T5	–	–	–	T6	T7
Клапан подачі пари в сусловарочний котел	T4	T5	–	–	–	–	–
Клапан випуску пари	T4	T5	–	–	–	–	–
Клапан подачі екстракту хмелю	T4	T5	–	–	–	–	–
Команда на пуск/стоп двигуна M1	T4	T5	–	–	–	–	–
Команда на пуск/стоп двигуна M2	T4	T5	–	–	–	–	–

Продовження таблиці 2.4.

Призначення	ПЛК BC	ПК BC	PDS1	ПЛК КОТ	ПК КОТ	ПК ГТЕХ	ТС BC
Задання швидкості обертів двигуна М3	T2	T3	T1	–	–	–	–
Команда на пуск/стоп двигуна М3	T2	T3	T1	–	–	–	–
Дистанційна команда на пуск/стоп двигуна М1	T4	T5	–	–	–	–	–
Дистанційна команда на пуск/стоп двигуна М2	T4	T5	–	–	–	–	–
Дистанційна команда на пуск/стоп двигуна М3	T2	T3	T1	–	–	–	–
Кнопка «Стоп» двигуна М1	T4	T5	–	–	–	–	–
Кнопка «Стоп» двигуна М2	T4	T5	–	–	–	–	–

Інформаційне забезпечення задіяне для функціонування АСУТП ВС продемонстровано в табл. 2.5.

Таблиця 2.5. Інформаційного забезпечення АСУТП ВС.

Тип програмного засобу	Виробник	Назва	Примітки
<i>ПЗ для ПК ВС</i>	<i>COPA-DATA</i>	<i>Zenon SCADA</i>	
<i>ПЗ для ПК КОТ</i>	<i>COPA-DATA</i>	<i>Zenon SCADA</i>	
<i>ПЗ для ПЛК ВС</i>	<i>Schneider Electric</i>	<i>SoMachine</i>	
<i>ПЗ для ПЛК КОТ</i>	<i>Schneider Electric</i>	<i>SoMachine</i>	
<i>ПЗ для ПК ГТЕХ</i>	<i>COPA-DATA</i>	<i>Zenon SCADA</i>	
<i>ПЗ для ТС ВС</i>	<i>Microsoft</i>	<i>MS SQL Server 2019</i>	

Розділ 3. Розробка підсистеми керування технологічним процесом

3.1. Схема автоматизації та специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня

Схема автоматизації автоматизованої системи управління технологічним процесом варіння сусла (АСУТП ВС) на пивзаводі виконує наступний контроль та регулювання технологічних параметрів:

- для контролю рН пивного сусла задіяно датчик з вторинним перетворювачем за поз. 6а—6б;
- для контролю вмісту сухих речовин, що знаходяться в пивному суслі, задіяно датчик з вторинним перетворювачем за поз. 7а—7б;
- для контролю витрати пари в сусловарочний котел з котельні, задіяно вихровий витратомір за поз. 8а;
- для управління рівнем в сусловарочному котлі, датчик за поз. 3а, задіяно насос за поз. М1 та магнітний пускач за поз. КМ1 для викачування пивного сусла з сусловарочного котла та кнопку зупинки насосу за поз. SB1 за місцем;
- для регулювання температури варіння пивного сусла в сусловарочному котлі, датчик за поз. 1а, задіяно електропневматичний перетворювач за поз. 1б для управління пневматичним клапаном подачі пари з котельні за поз. 1в;
- для регулювання тиску в сусловарочному котлі при варінні пивного сусла, датчик за поз. 2а, задіяно електропневматичний перетворювач за поз. 2б для управління пневматичним клапаном подачі пари з котельні за поз. 2в;

- для управління насосом подачі пивного сусла в сушварочний котел за поз. M2, в залежності від його кількості, датчик за поз. 4а, задіяно магнітний пускач за поз. KM2 та кнопку зупинки насосу за поз. SB2 за місцем;
- для управління клапаном подачі екстракту хмелю в сушварочний котел за поз. 5в, задіяно електропневматичний перетворювач за поз. 5б в залежності від його кількості, датчик за поз. 5а;
- для управління двигуном перемішувача за поз. M3 задіяно частотний перетворювач за поз. PDS1.

Специфікація приладів задіяних в схемі автоматизації АСУТП ВС продемонстровано табл. 3.1.

Таблиця 3.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації польового рівня.

Поз.	Найменування та технічна характеристика засобу	Тип, марка, позначення документу, листа опитування	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод-виготовлювач/виробник	Одиниця виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1а	Термометр опору Pt100 з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань - 50...+250 °С	KOBOLD LTS-A	LTS-A H 3 02 M3 1 M 0	KOBOLD, Німеччина	шт.	1	-	75 °С, температура варіння
1б	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа. Рживл.=140 кПа.	ASCO Numatics Sentronic LP	Sentronic LPG617A422 00A00030	ASCO Numatics, Ірландія	шт.	1	-	
1в	Пневматичний клапан Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа	Dwyer Hi-Flow	2005VA32-230	Dwyer Hi-Flow, США	шт.	1	-	клапан подачі пари
2а	Датчик тиску з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань 0...6 бар	KOBOLD SEN-96	SEN-9601 0 В 065 А 0	KOBOLD, Німеччина	шт.	1	-	0,3 МПа, тиск в котлі
2б	Перетворювач електропневматичний для перетворення аналогового сигналу постійного струму: 4-20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа. Рживл.=140 кПа.	ASCO Numatics Sentronic LP	Sentronic LPG617A422 00A00030	ASCO Numatics, Ірландія	шт.	1	-	

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
2в	Пневматичний клапан Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа	Dwyer Hi-Flow	2005VA32-230	Dwyer Hi-Flow, США	шт.	1	-	клапан випуску пари
3а	Магнітострикційний рівнемір з уніфікованим вихідним сигналом 4-20мА, напруга живлення 24 В DC, діапазон вимірювань, 0...2000 мм	KOBOLD MM	MM-M05 R10 M 0	KOBOLD, Німеччина	шт.	1	-	80 %, рівень в суслорварочному котлі
4а	Лічильник з уніфікованим вихідним дискретним сигналом: 0-24 V, Uживл.=24 V.	KOBOLD DPE	DPE-1120 G8 F300	KOBOLD, Німеччина	шт.	1	-	700 л сусла
5а	Лічильник з уніфікованим вихідним дискретним сигналом: 0-24 V, Uживл.=24 V.	KOBOLD DPE	DPE-1120 G8 F300	KOBOLD, Німеччина	шт.	1	-	100 л екстракту хмелю
5б	Перетворювач електропневматичний для перетворення постійного струму: 24 В в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 КПа. Рживл.=140 кПа.	ASCO Numatics Sentronic LP	Sentronic LPG617A452 00A00030	ASCO Numatics, Ірландія	шт.	1	-	
5в	Пневматичний клапан Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа	Dwyer Hi-Flow	2005VA32-230	Dwyer Hi-Flow, США	шт.	1	-	клапан подачі екстракту хмелю
6а	Електрод для вимірювання рН	HORIBA HP-480	6108G-50B	HORIBA, Японія	шт.	1	-	5 од. рН сусла
6б	Аналізатор рН, діапазон вимірювань 0-14 од. рН, уніфікований вихідний сигнал 4-20мА, напруга живлення 220 V AC	HORIBA HP-480	HP-480	HORIBA, Японія	шт.	1	-	

Продовження таблиці 3.1.

1	2	3	4	5	6	7	8	9
7а	Вимірювальний елемент рефрактометра	K-PATENTS DTR	K-PATENTS PR-23-GP	Sintrol LLC, м. Київ	шт.	1	-	11 % вмісту сухих речовин
7б	Рефрактометр, діапазон вимірювань 0-100 % з перетворювачем уніфікованого вихідного сигналом 4-20мА, напруга живлення 220 В АС	K-PATENTS DTR	K-PATENTS DTR	Sintrol LLC, м. Київ	шт.	1	-	
8а	Вихровий витратомір. Діапазон вимірювання: 0,2-970 м ³ /год. Вихід: 4-20 мА.	KOBOLD DVH	DVH-V S L L H H 2 C	KOBOLD	м ³ /год	1	-	60 м ³ /год
PDS1	Перетворювач частоти Altivar 71 електроприводу від 0,75 до 75 кВт	Altivar 71 Schneider Electric	ATV71H075 N4	Schneider Electric	шт.	1	-	
KM1 KM2	Електромагнітне реле. 3 контакти. Напруга макс. 440 В АС, струм комутації 20 А.	СВ «Альтера»	relpol R3(N)-2013-23-5024-WTL	СВ «Альтера» м. Київ	шт.	2	-	
M1 M2	Насос з трьохфазним асинхронним двигуном, потужність 5.5 кВт, напруга живлення 380 В.	Grundfos TP	Grundfos TP 150-110/6	Насос-Монтаж м. Київ	шт.	2	-	
M3	Трьохфазний асинхронний двигун, потужність 3 кВт, напруга живлення 380 В	АИР90L2	АИР90L2	ООО "Системакс" м. Київ	шт.	1	-	

3.2. Схема компонування та специфікація модулів ПЛК

Для АСУТП ВС конфігурація модулів ПЛК ВС продемонстровано на рис. 3.1 та в табл. 3.2.

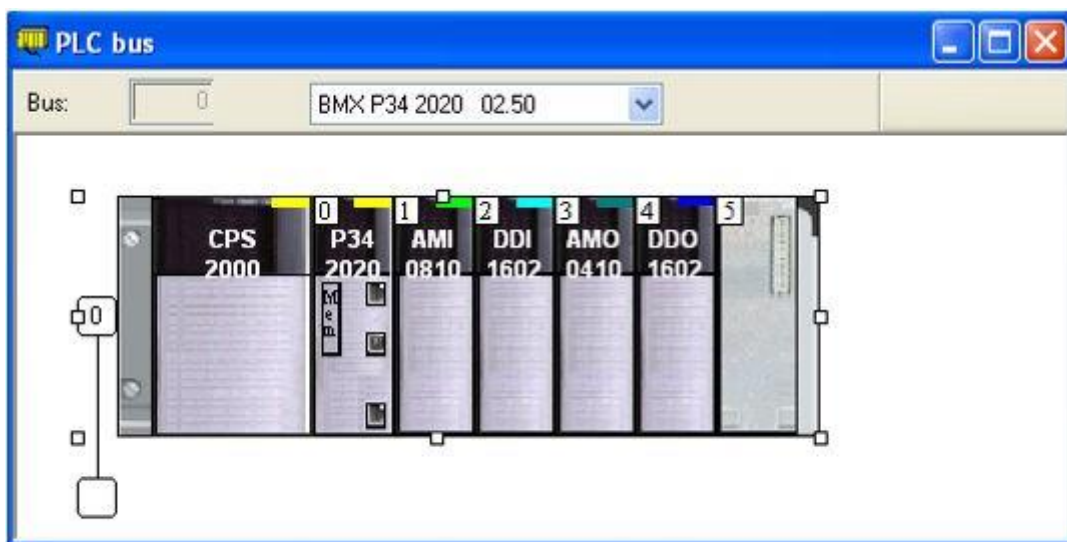


Рис. 3.1. Конфігурація модулів ПЛК ВС.

Таблиця 3.2. Специфікація модулів ПЛК ВС.

Поз	Найменування та технічна характеристика засобу	Тип, марка, позначення документа, листа опитування	Код обладнання	Завод-виготовлювач/виробник	Одиниця виміру	К-сть	Маса одиниці, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР ПЛК ВМ – М340							
	Модуль живлення ВМХ CPS2000	Каталог М340		Schneider Electric, Франція	шт	1		
0	Процесорний модуль ВМХ Р342020	Каталог М340		Schneider Electric, Франція	шт	1		
1	Модуль 8АІ ВМХ АМІ0810	Каталог М340		Schneider Electric, Франція	шт	1		
2	Модуль 16DІ ВМХ DDI1602	Каталог М340		Schneider Electric, Франція	шт	1		
3	Модуль 4АО ВМХ АМО0410	Каталог М340		Schneider Electric, Франція	шт	1		
4	Модуль 16DО ВМХ DDO1602	Каталог М340		Schneider Electric, Франція	шт	1		

Для ПЛК ВС АСУТП ВС перелік аналогових та дискретних вхідних та вихідних сигналів продемонстровано в табл. 3.3 та 3.4.

Таблиця 3.3. Перелік аналогових/дискретних вхідних сигналів для ПЛК ВС.

Поз.	Найменування вимірювальної величини	Одиниці та діапазон виміру	Тип та діапазону вимір. сигналу	Періодичність, с	Точність виміру, %	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1a	Температура варіння сусла	-50 °С ... +250 °С	4-20 мА	60	0.5	датчик 1a
2a	Тиск в суслварочному котлі	0-2 м	4-20 мА	60	0.5	датчик 2a
3a	Рівень в суслварочному котлі	0-2 м	4-20 мА	60	0.5	датчик 3a
4a	Витрата пивного сусла	0-750 л/хв	0/24В	60	0.5	датчик 4a
5a	Витрата екстракту хмелю	0-750 л/хв	0/24В	60	0.5	датчик 5a
6a/ 6б	рН пивного сусла	0-14 од. рН	4-20 мА	60	0.5	датчик 6a/6б
7a/ 7б	Вміст сухих речовин в пивному суслі	0-100%	4-20 мА	60	0.5	датчик 7a/7б
8a	Витрата пари в суслварочний котел	0-970 м ³ /год	4-20 мА	60	0.5	датчик 8a
SB1	Кнопка «Стоп» двигуна М1	0/24В	0/24В	-	-	-
SB2	Кнопка «Стоп» двигуна М2	0/24В	0/24В	-	-	-

Таблиця 3.4. Перелік аналогових/дискретних вихідних сигналів для ПЛК ВС.

Поз.	Найменування вихідної величини	Одиниці та діапазон виходу	Тип та діапазон вихідного сигналу	Періодичність, с	Точність формування, %	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1в	Клапан подачі пари в сушловарочний котел	0-100 %ХРО	4-20 мА	60	0.5	ЕПШ
2в	Клапан випуску пари	0-100 %ХРО	4-20 мА	60	0.5	ЕПШ
5в	Клапан подачі екстракту хмелю	0-100 %ХРО	4-20 мА	60	0.5	ЕПШ
КМ1	Двигун М1	0/24В	0/24В	-	-	-
КМ2	Двигун М2	0/24В	0/24В	-	-	-

3.3. Схеми електричні принципові контурів вимірювання, керування, сигналізації та живлення

Електрична принципова схема контурів вимірювання, управління та сигналізації (ЕПСКВУС) АСУТП ВС в своєму складі має елементи:

- 5 2-х фазних пакетних вимикача — QF1—QF5;
- 2 блоки для живлення засобів автоматизації — БЖ1—БЖ2.

Провідники в ЕПСКВУС АСУТП ВС нумеруються:

- для провідників змінного струму — номери: 800—813;
- для провідників постійного струму — номери: 900—928;
- для провідників вимірювального сигналу — номери: 100—111;
- для провідників управляючого сигналу — номери: 200—206;
- для провідників пневматичного сигналу живлення — номери: 0800—0803;
- для провідників пневматичного сигналу управління — номери: 0200—0202.

3.4. Схеми з'єднань та підключень проводок промислових мереж

Схема з'єднань та підключень проводок промислових мереж (СЗПППМ) М1 та М2 АСУТП ВС продемонстровані на рис. 3.2–3.3 та специфікація продемонстрована в табл. 3.5.

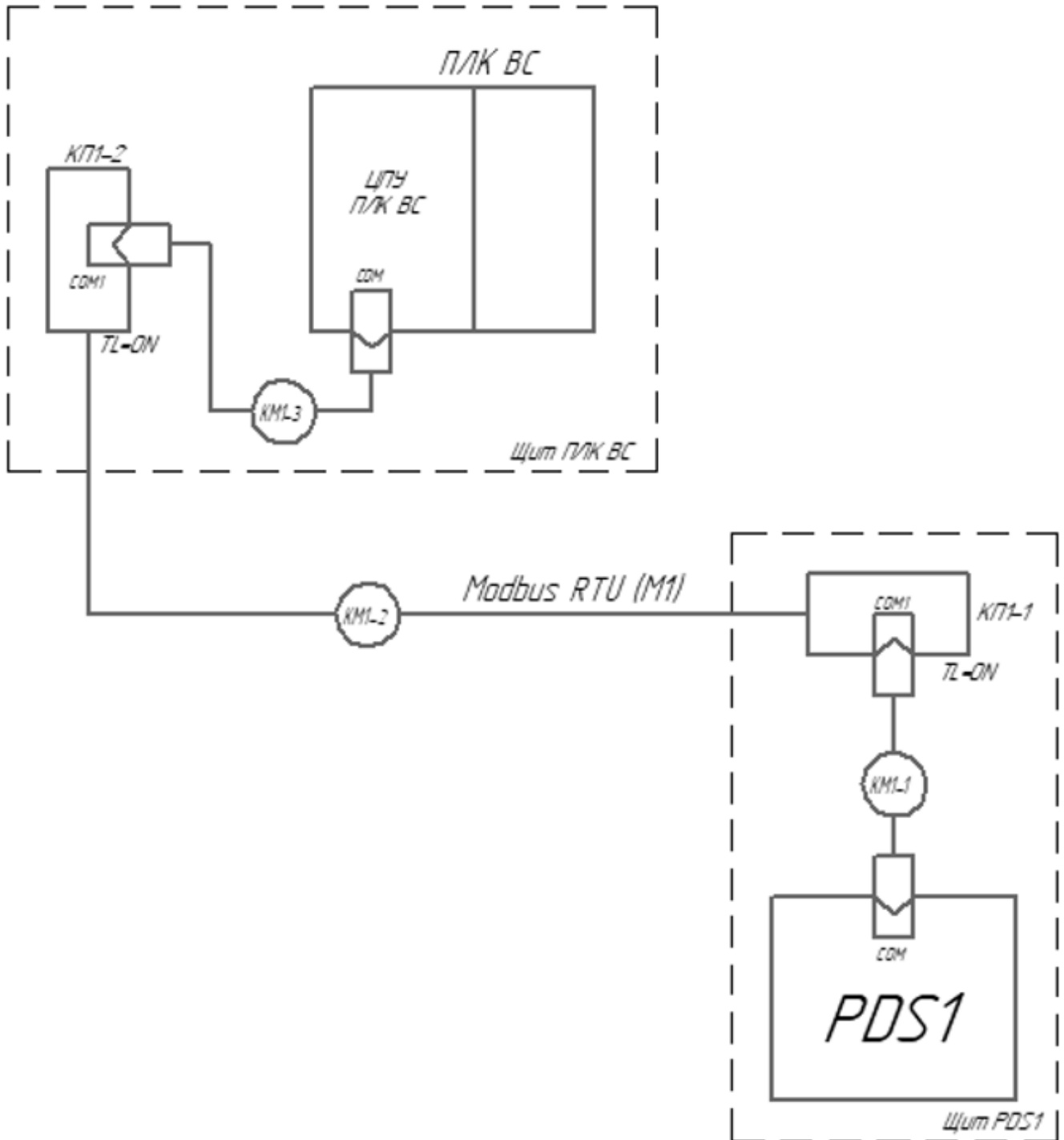


Рис. 3.2. СЗПППМ М1.

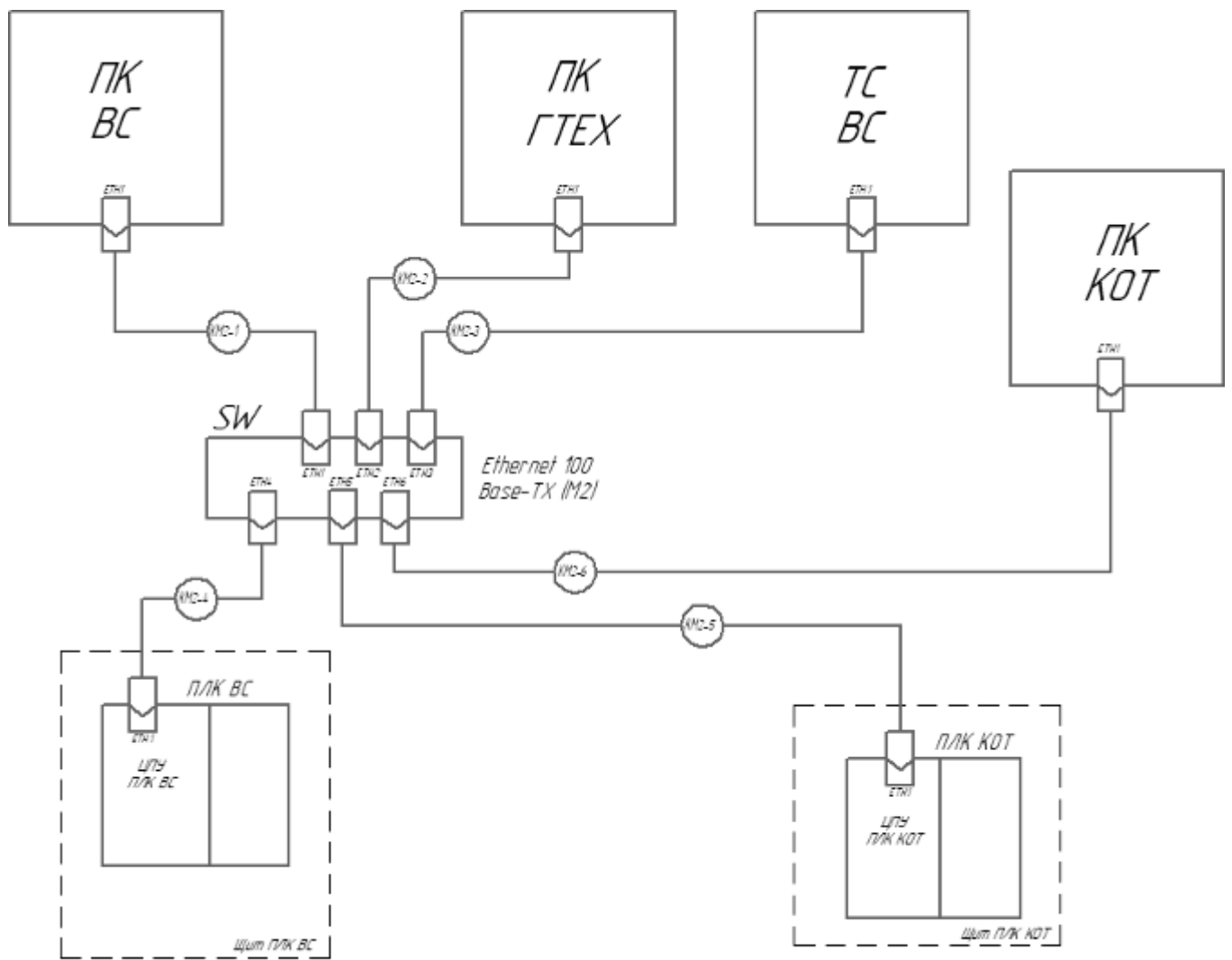


Рис. 3.3. СЗППМ М2.

Таблиця 3.5. Специфікація елементів до схеми з'єднань.

Позначення	Найменування	К-ть	Примітка
1	2	4	5
Коробки з'єднувальні			
КП1-1 КП1-2	LU9 GC3 – коробка розгалуження з 8-ми портами RJ-45 (Schneider Electric) з термінатором лінії VW3 A8 306RC	2	
Мережні кабелі			
КМ1-2	TSX CSA 100 – кабель екранованої подвійної витої пари (Schneider Electric)	1	
КМ1-1 КМ1-3	VW3 A8 306 R30 – кабель з роз'ємами RJ45 (Schneider Electric)	2	
КМ2-1 КМ2-2 КМ2-3 КМ2-4 КМ2-5 КМ2-6	STP 5 кабель екранована подвійна вита пара для під'єднання карти Ethernet (RJ-45) та порту ЕТН комутатора (SW)	6	
Мережеве обладнання			
SW	TP-Link TL-SG108 – 8-портовий 1 Гбіт/с комутатор TP-Link	1	

Розділ 4. Розробка інтелектуального регулювання процесом варіння суслу в АСУТП ВС на основі нечіткої логіки

Для оптимального регулювання температурою варіння суслу та заощадження енергоресурсів при процесі варінні необхідно замінити класичний ПІ-регулятор на інтелектуальний регулятор, що в основі свого функціонування використовує методи нечіткої логіки.

Схема контуру регулювання температурою варіння суслу продемонстрована на рис. 4.1.

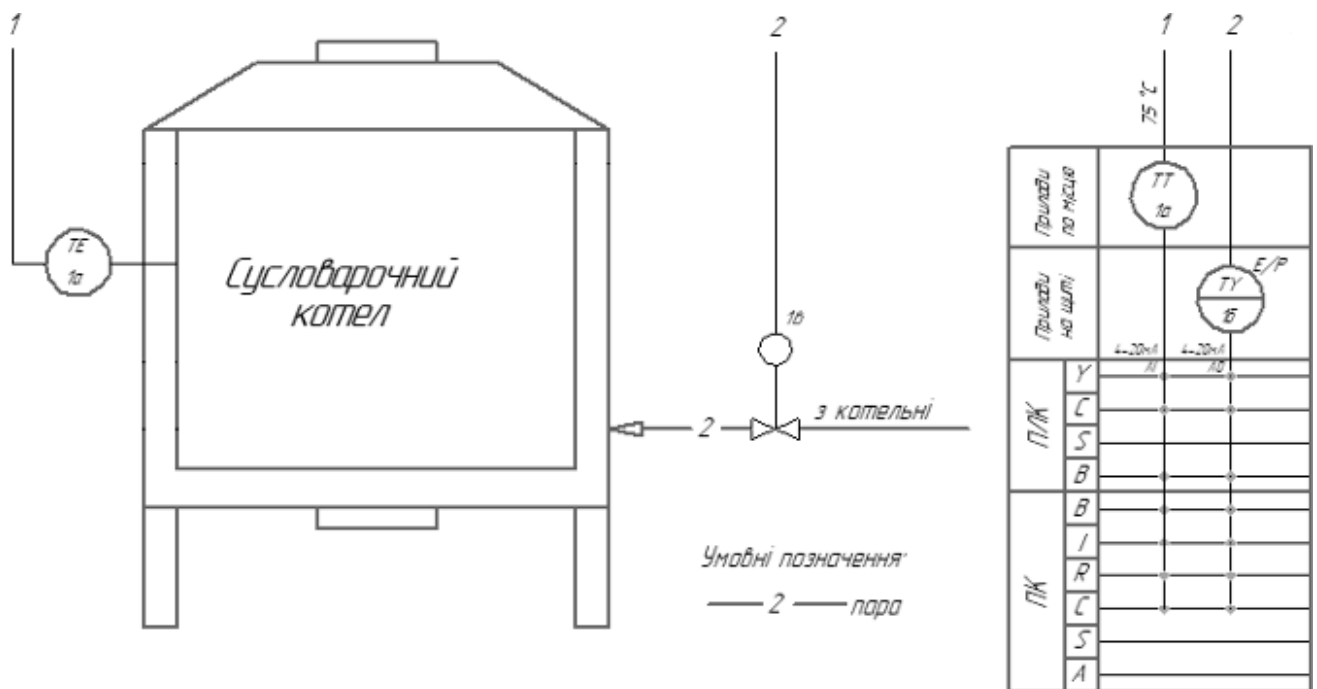


Рис. 4.1. Схема контуру регулювання температури варіння суслу.

Модель регулювання температури варіння сула та перехідний процес з ПІ-регулятором в програмному середовищі MATLAB в пакеті Simulink продемонстровано на рис. 4.2—4.3.

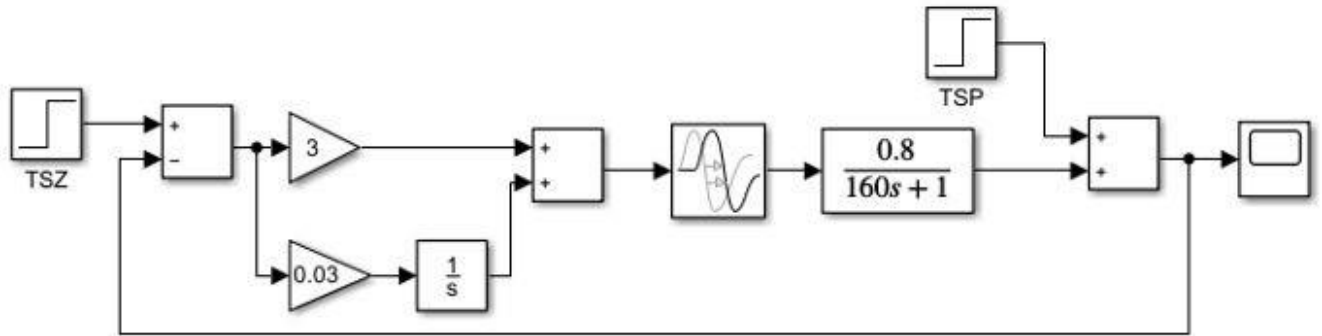


Рис. 4.2. Модель регулювання температури варіння сула.

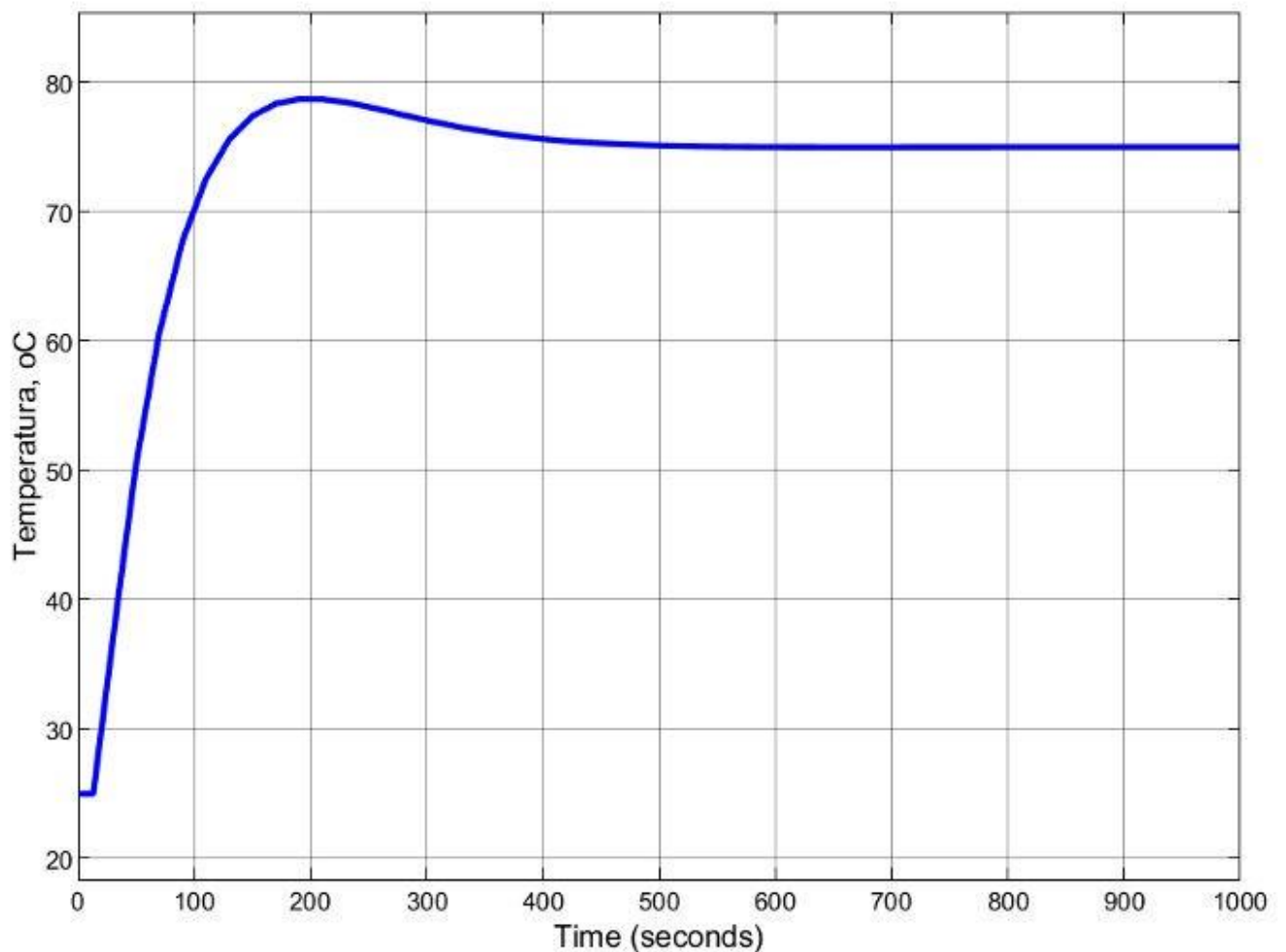


Рис. 4.3. Перехідний процес регулювання температури варіння сула.

Процес створення інтелектуального регулятора для регулювання температури варіння сула на основі нечіткої логіки в програмному середовищі MATLAB в пакеті Fuzzy Logic Designer та порівняння перехідних процесів з класичним ПІ-регулятором приведено нижче.

Інтелектуальний регулятор в пакеті Fuzzy Logic Designer створюється за алгоритмом Сугено (рис. 4.4).

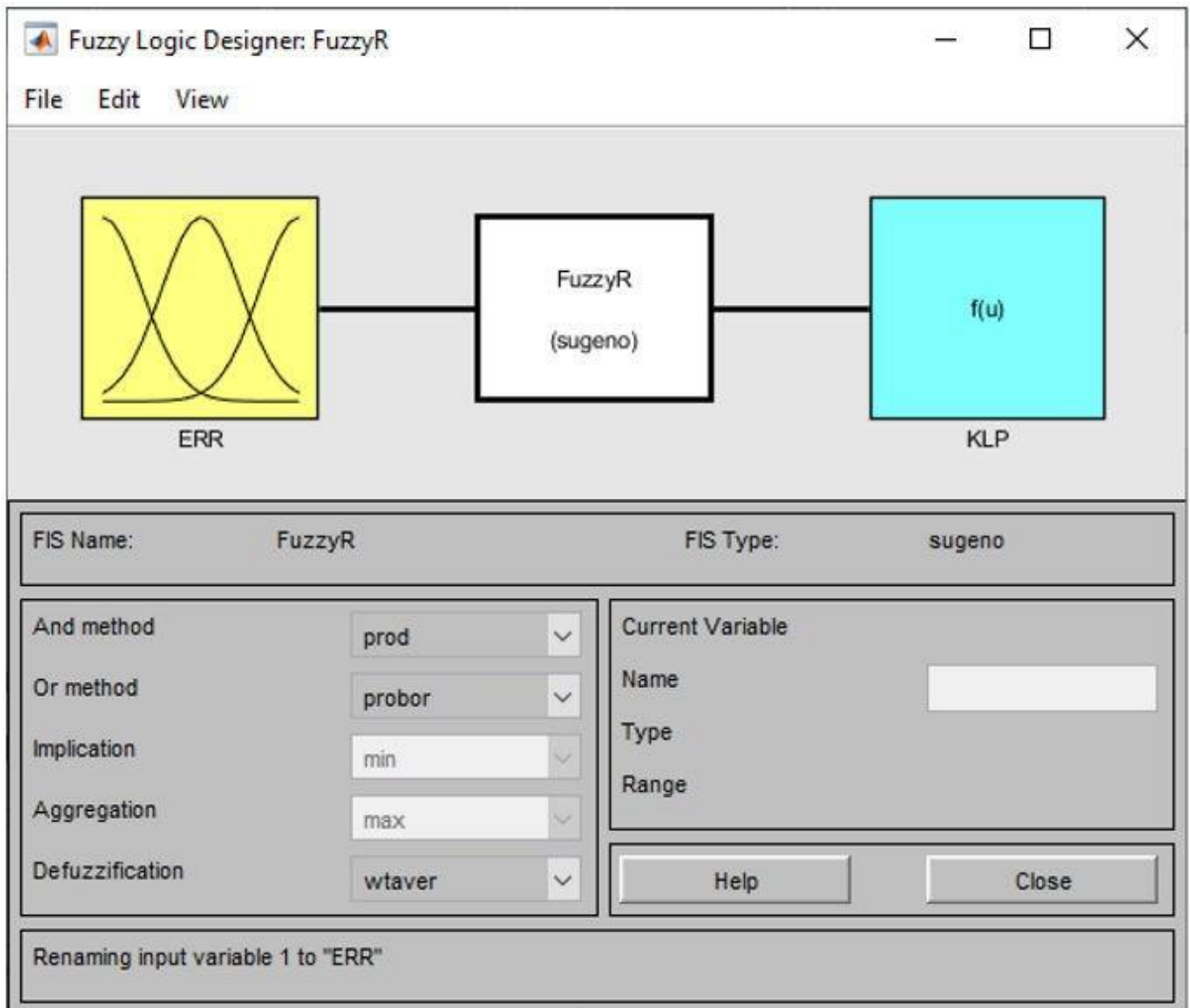


Рис. 4.4. Інтелектуальний регулятор за алгоритмом Сугено.

Інтелектуальний регулятор має вхід ERR — похибка регулювання, різниця між заданим та дійсним значенням температури в °С, та описується трикутними функціями належності (trimf) з такими назвами та параметрами:

- E- — від’ємна похибка: [-60, -60, 1], продемонстровано на рис. 4.5;
- E0 — нульова похибка: [-2, 0, 2], продемонстровано на рис. 4.6;
- E+ — додатна похибка: [-1, 60, 60], продемонстровано на рис. 4.7.

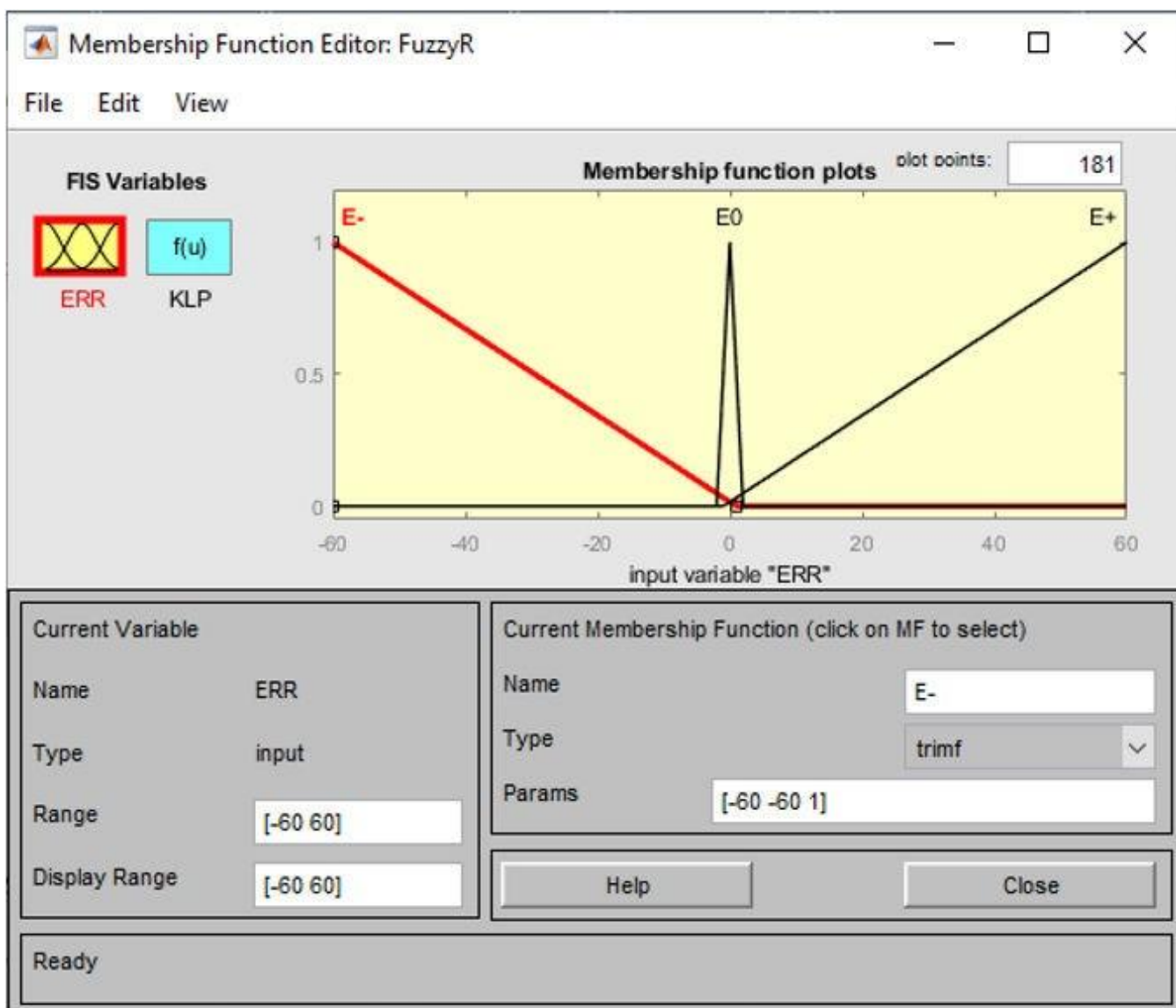


Рис. 4.5. E-.

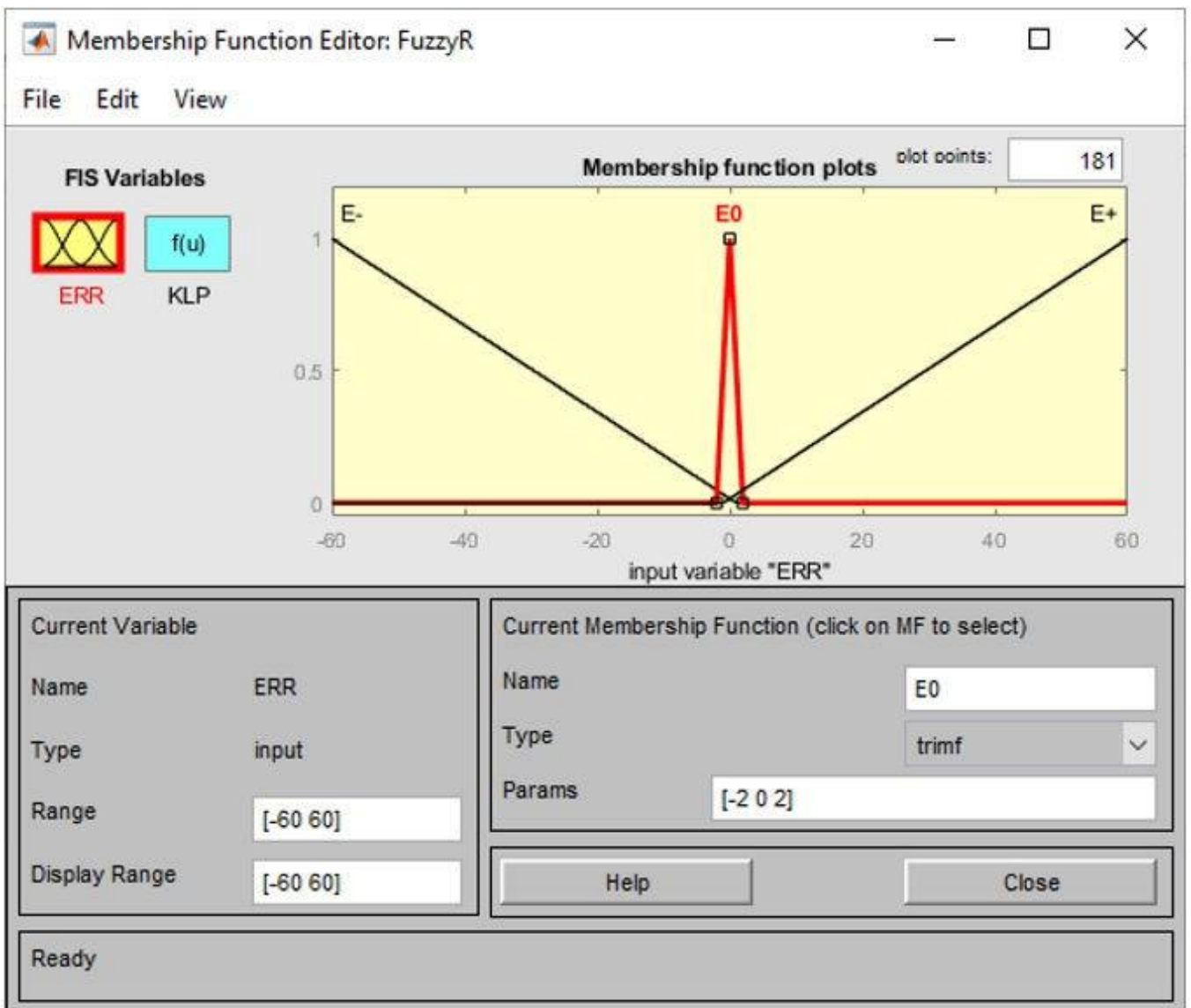


Рис. 4.6. E0.

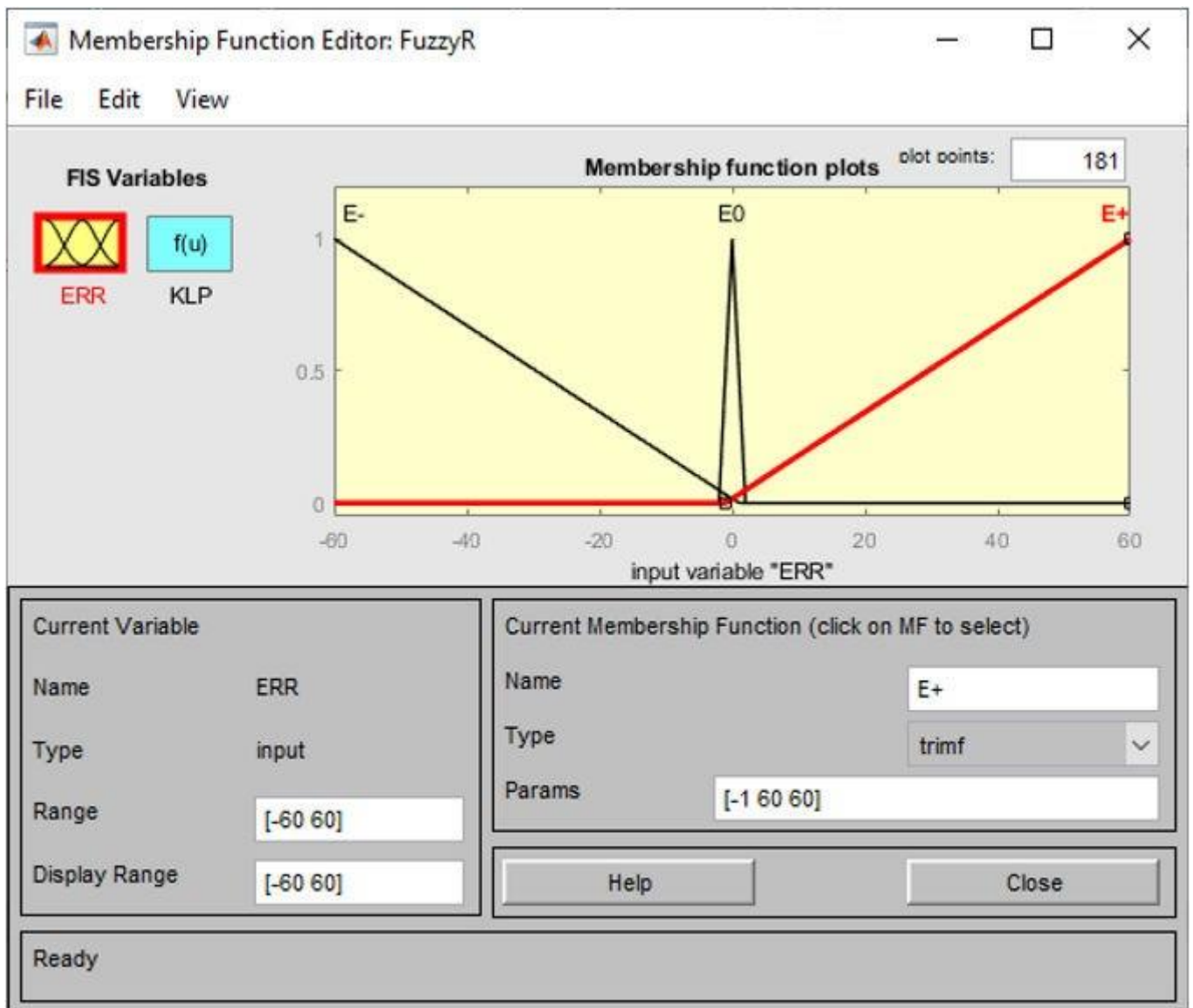


Рис. 4.7. E+.

Також інтелектуальний регулятор має вихід KLP — управляюча дія на клапан подачі пари % Х.Р.О. (ходу регулюючого органу), та описується функціями належності у вигляді констант з такими назвами та параметрами:

- KLCI — клапан закритий: 0, продемонстровано на рис. 4.8;
- KLSt — клапан в положенні: 69, продемонстровано на рис. 4.9;
- KLOp — клапан відкритий: 100, продемонстровано на рис. 4.10.

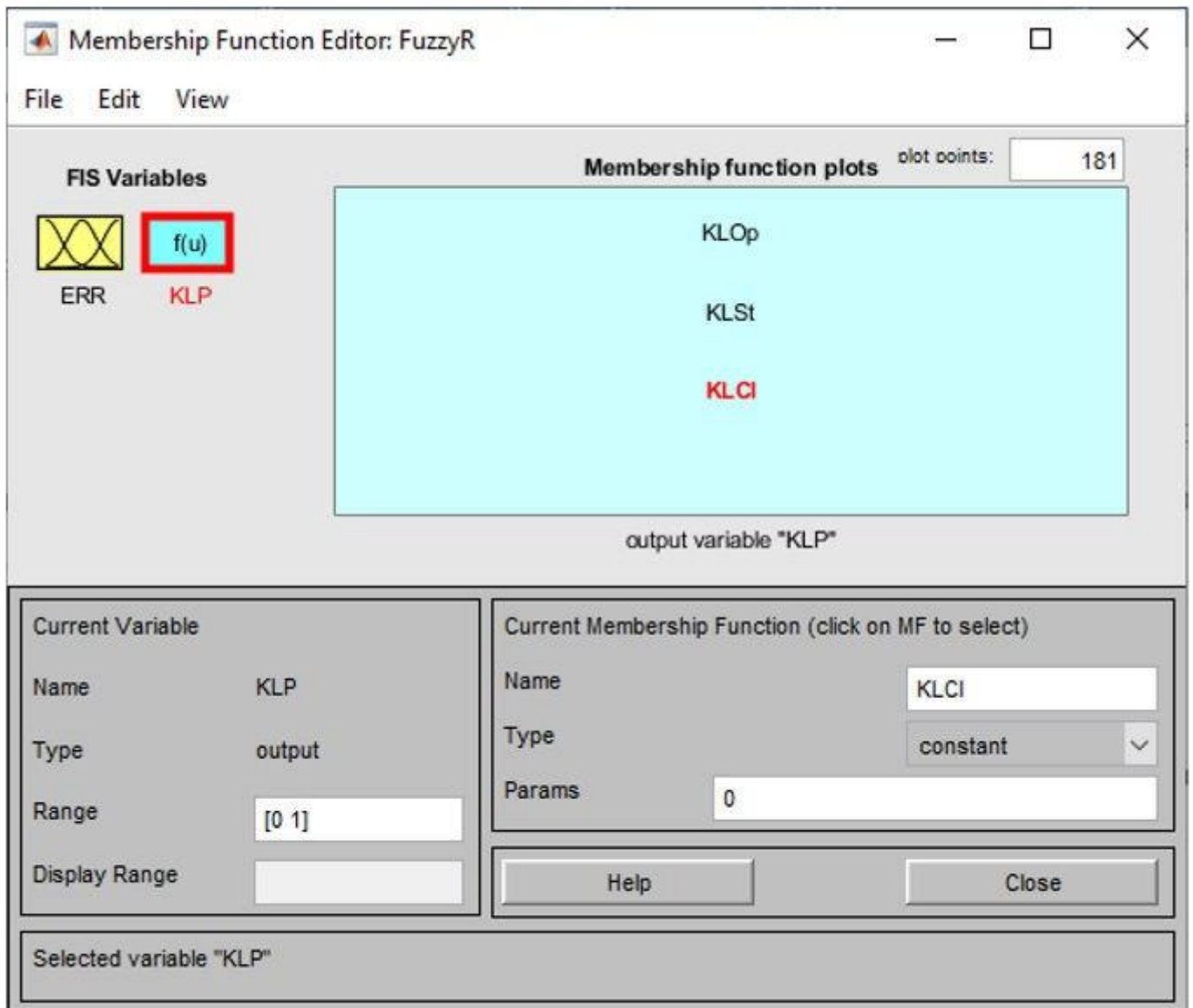


Рис. 4.8. KLCI.

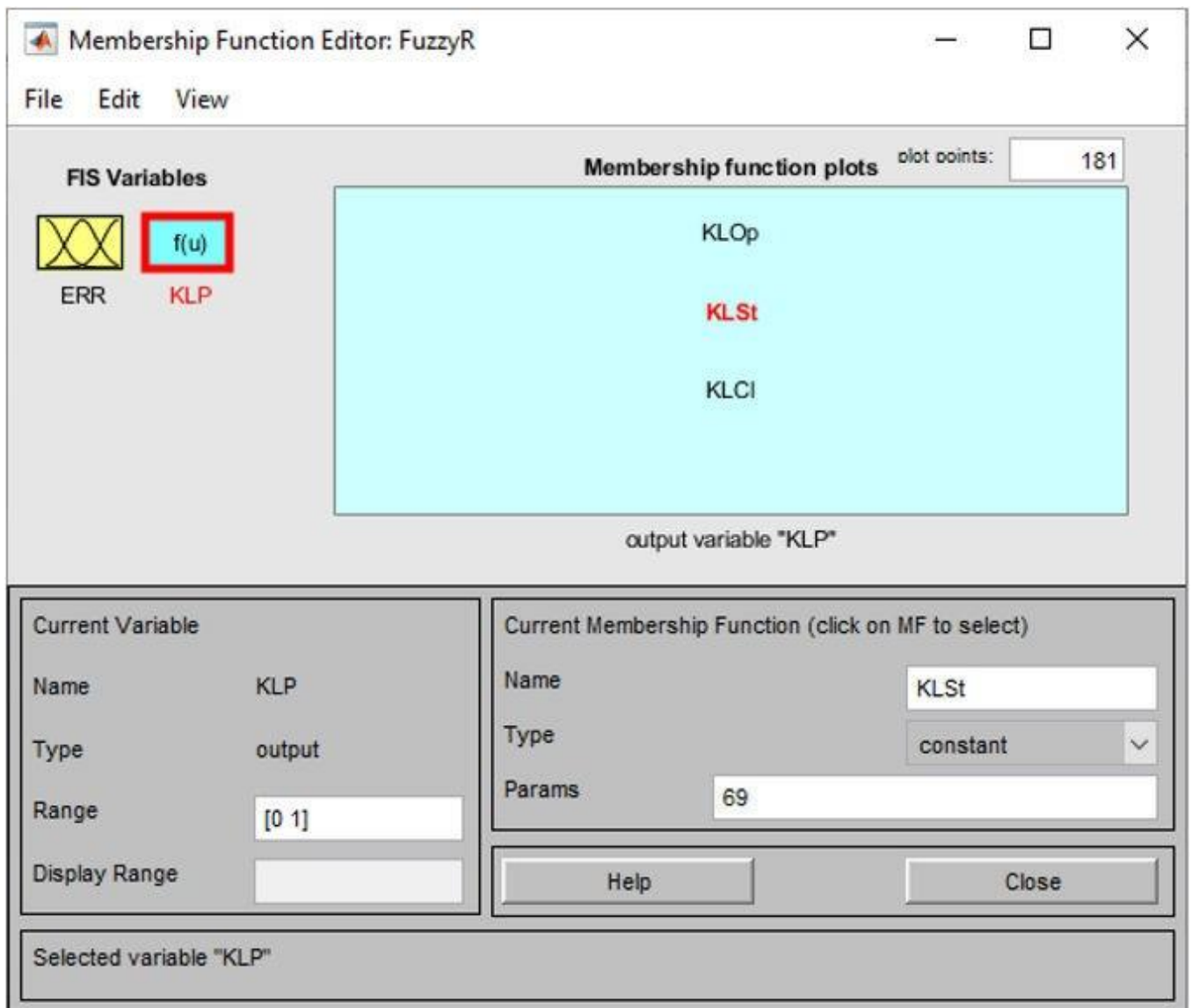


Рис. 4.9. KLSt.

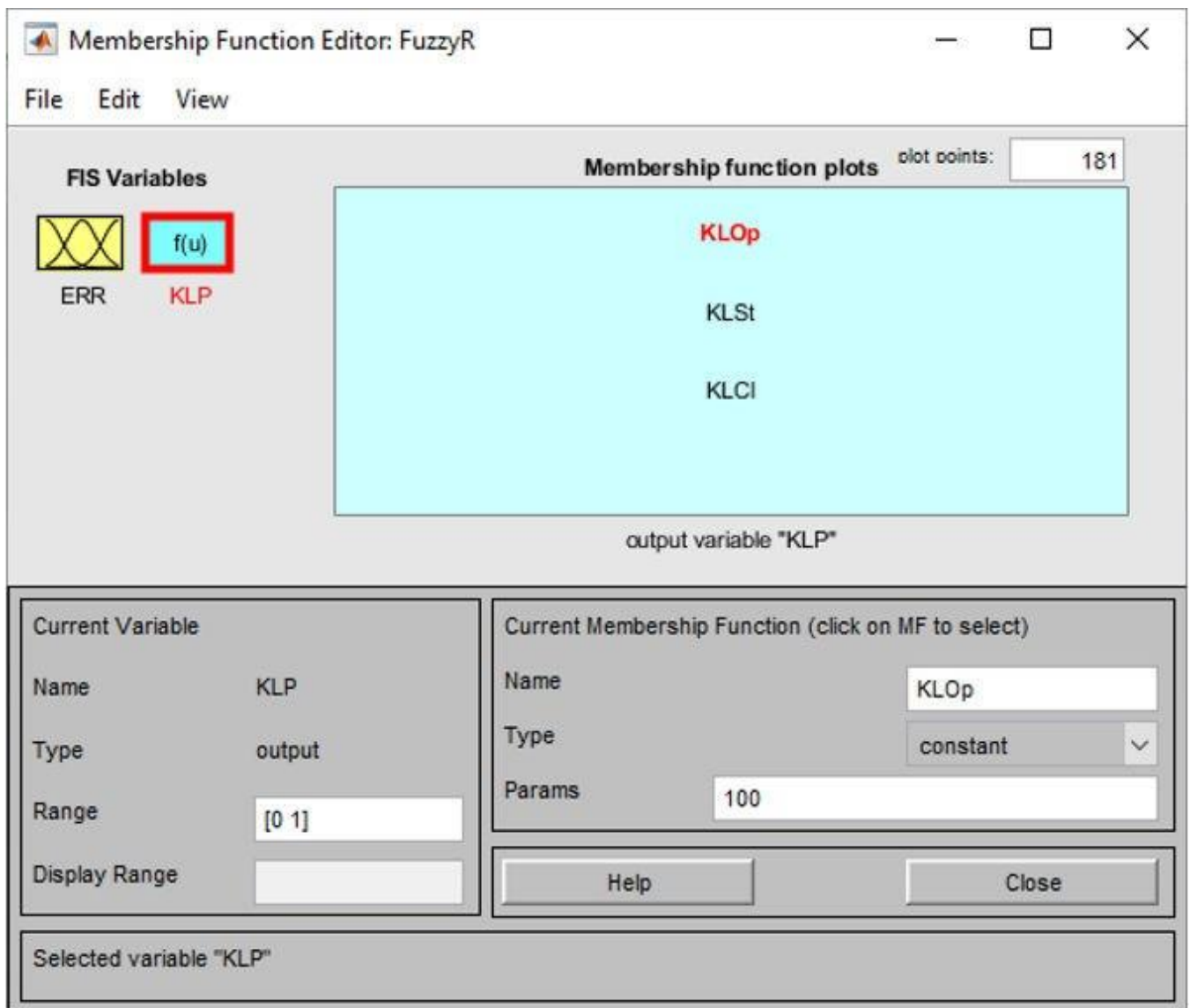


Рис. 4.10. KLOp.

Розроблена база правил для інтелектуального регулятора продемонстровано на рис. 4.11.

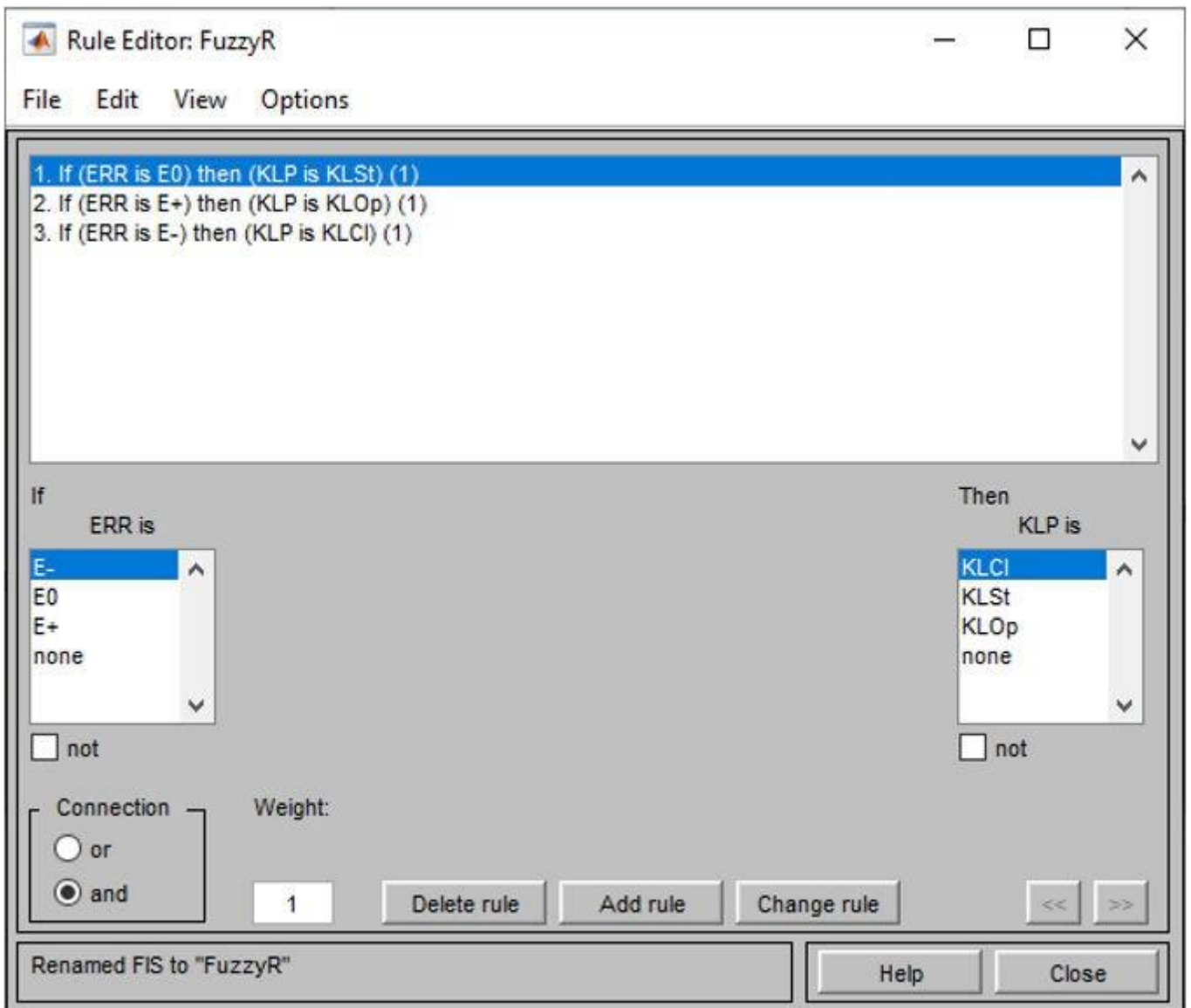


Рис. 4.11. База правил.

Модель регулювання температури варіння сула та перехідний процес з інтелектуальним регулятором на основі нечіткої логіки в програмному середовищі MATLAB в пакеті Simulink продемонстровано на рис. 4.12—4.13.

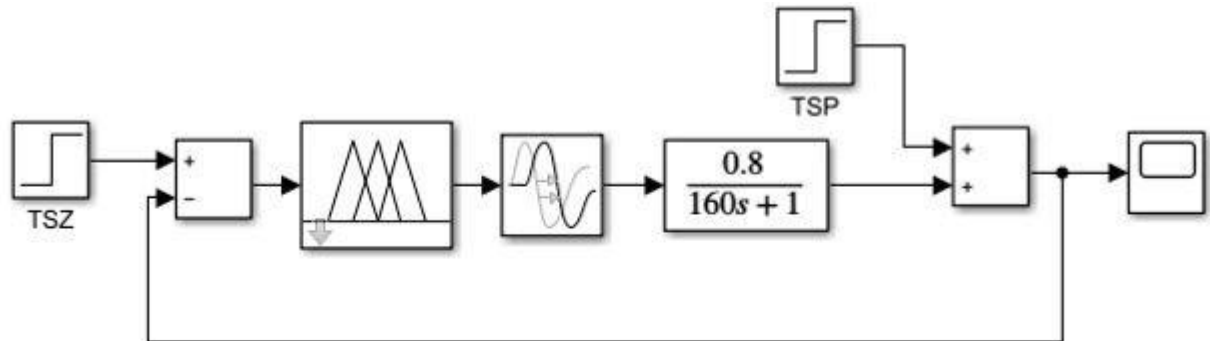


Рис. 4.12. Модель з інтелектуальним регулятором.

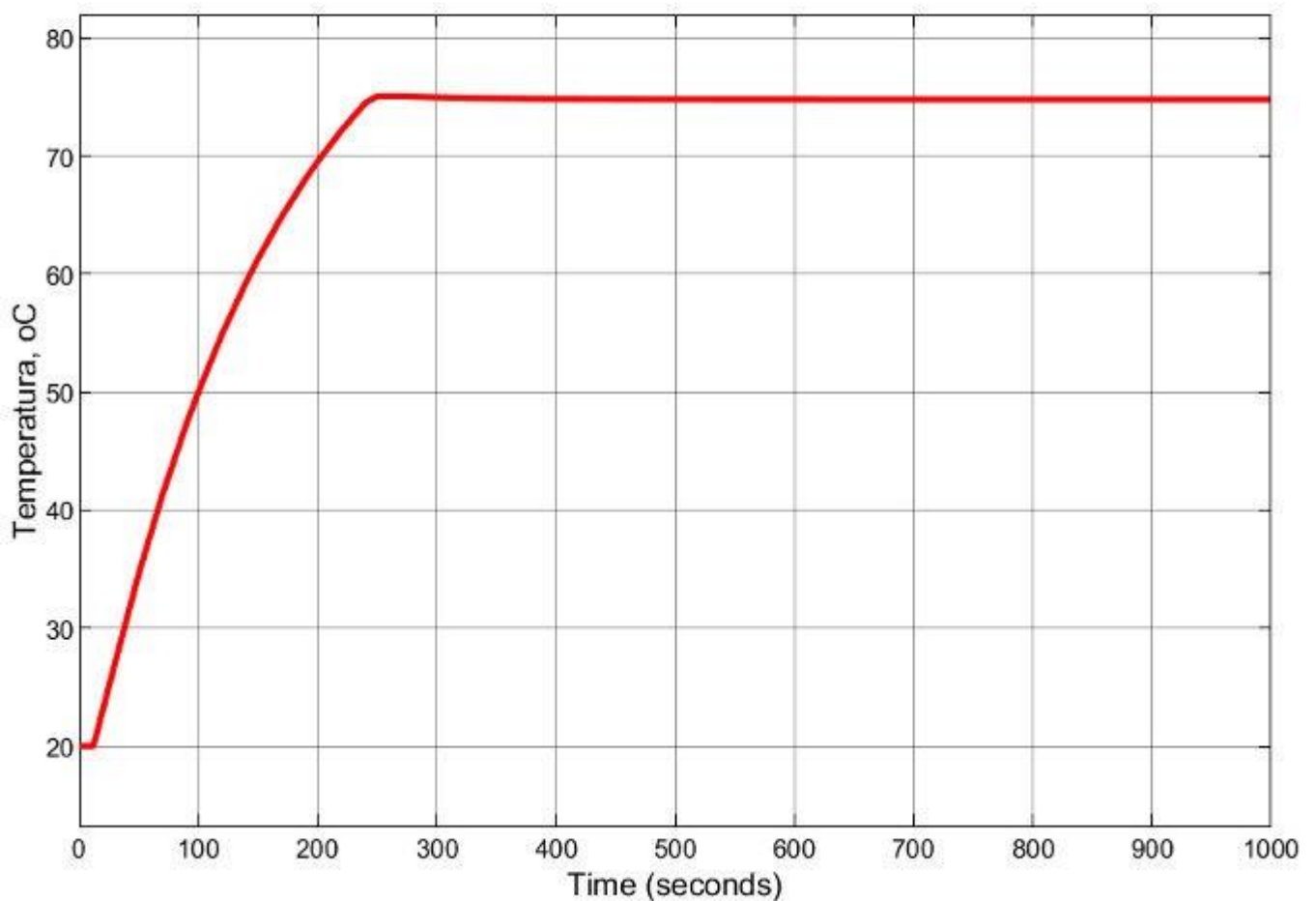


Рис. 4.13. Перехідний процес з інтелектуальним регулятором.

Модель для порівняння перехідних процесів регулювання температури варіння сусла ПІ-регулятора з інтелектуальним регулятором на основі нечіткої логіки в програмному середовищі MATLAB в пакеті Simulink продемонстровано на рис. 4.14–4.15.

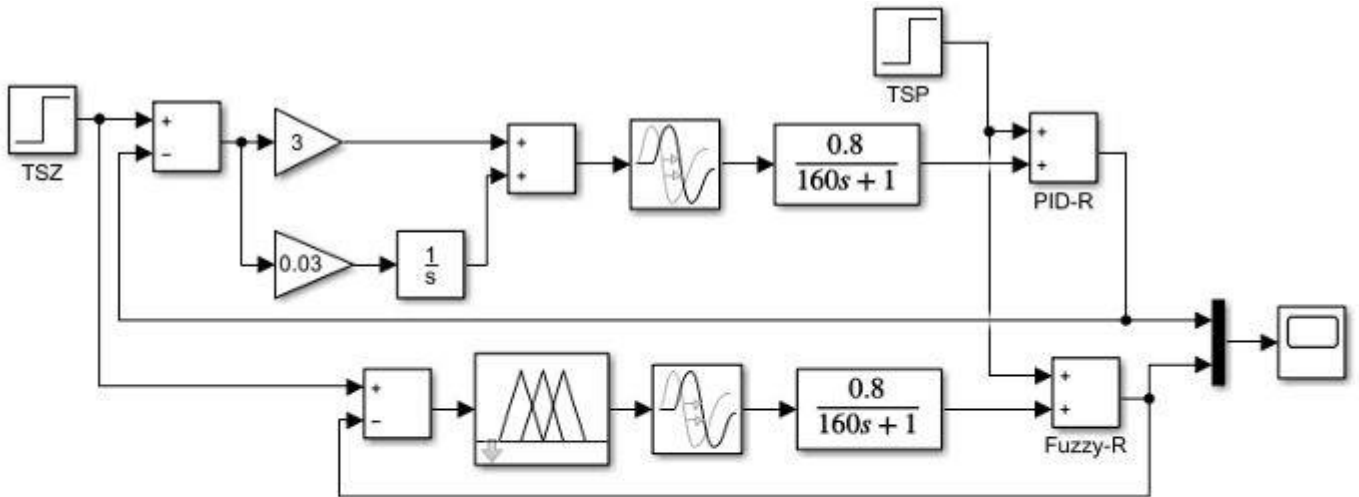


Рис. 4.14. Модель порівняння.

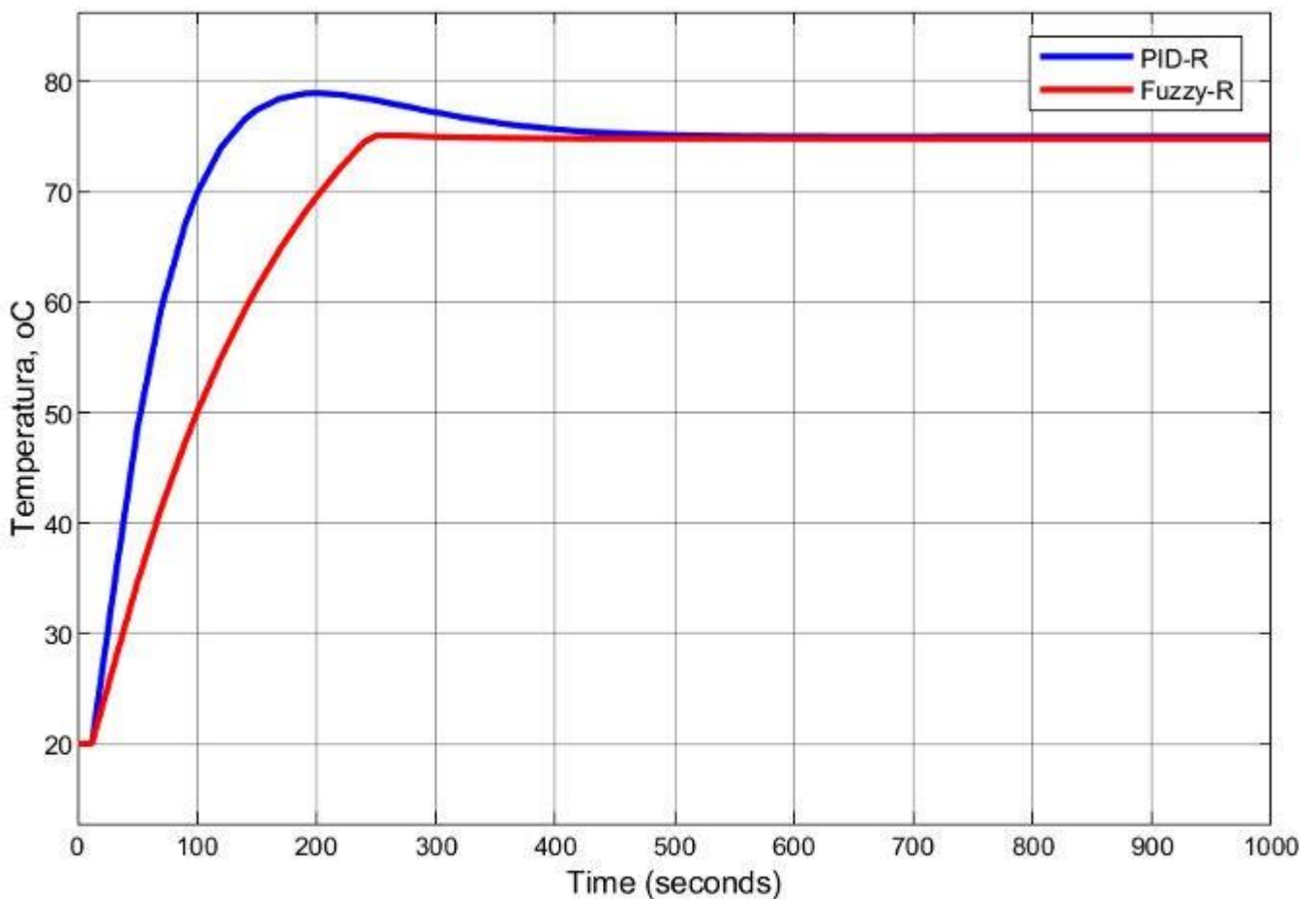


Рис. 4.15. Порівняння перехідних процесів.

З порівняння перехідних процесів регулювання температури варіння сусла ПІІ-регулятора з інтелектуальним регулятором на основі нечіткої логіки можна зробити наступні висновки:

- час регулювання з використанням інтелектуальним регулятором — 300 секунд, а час регулювання з використанням ПІІ-регулятора — 500 секунд, тобто з використанням інтелектуального регулятора час регулювання зменшився на 200 секунд;
- динамічна похибка з використанням ПІІ-регулятора — 4 °С, а при використанні інтелектуального регулятора динамічна похибка відсутня.

Зроблені висновки вказують що при відсутності динамічної похибки та зменшення часу перехідного процесу доведення температури варіння сусла до оптимальної буде проводитися з меншим використанням енергоресурсів, що зменшить собівартість пива на ділянці варіння сусла та збільшить прибутковість пивзаводу.

Висновки

В кваліфікаційній роботі магістра продемонстровано розроблення автоматизованої системи управління технологічним процесом варіння сусла (АСУТП ВС) на пивзаводі.

Для оптимально проходження технологічного процесу варіння сусла на пивзаводі були використані засоби автоматизації сучасного рівня та промисловий логічний контролер (ПЛК) Schneider Electric M340.

Використання розробленого інтелектуального регулятора на основі методів нечіткої логіки за алгоритмом Сугено дозволило зменшити час перехідного процесу доведення температури варіння сусла до оптимальної та прибрати динамічну похибку.

Зменшення часу перехідного процесу та динамічної похибки дозволяє зменшити затрату енергоресурсів для технологічного процесу варіння сусла, що зменшує собівартість виробництва пива на ділянці варіння сусла та збільшує прибутковість пивзаводу.

Список використаних джерел

1. Кип'ятіння сула з хмелем. URL:
https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_18/page7.html
2. Автоматизована система контролю та управління варильного відділення. URL: https://bts.net.ua/acy/oborudovanie/acy_tp_varka/
3. Новий пивзавод. Практика автоматизації. URL: <https://elaks.ua/blog/novyj-pivzavod>
4. Елементи управління та сигналізації. URL:
https://www.svaltera.ua/upload/iblock/9a5/price_3_upravl_signal.pdf
5. Vortex Flow Meter DVH/DVE. URL:
https://www.kobold.com/uploads/files/DVH-DVE_BA_11_3_en_01.pdf
6. Resisitive Temperature Sensor. URL:
<https://www.kobold.com/uploads/files/lts-gb-temperature.pdf>
7. ASCO NUMATICS Sentronic LP. URL:
https://www.valves-direct.com/wp-content/uploads/2017/11/Series_617_-_ASCO_NUMATICS_Sentronic_LP_Proportional_Valves.pdf
8. HI-FLOW CONTROL VALVES. URL:
https://dwyer-inst.com/PDF_files/Hi_Flow_d.pdf
9. Pressure Sensor with Ceramic Sensor Element. URL:
<https://www.kobold.com/uploads/files/sen-96-gb-pressure.pdf>
10. Level Sensor: reed contact chain. URL:
<https://www.kobold.com/uploads/files/mm-gb-level.pdf>
11. Turbine Wheel Flowmeter for liquids. URL:
<https://www.kobold.com/uploads/files/dpe-gb-flow.pdf>
12. HP-480. Industrial pH meter. URL:
https://www.horiba.com/en_en/products/detail/action/show/Product/hp-480-413/
13. A process refractometer for concentration measurement of liquids. URL:
https://www.liscotech.dk/wp-content/uploads/2016/12/pr-23-gp_brochure.pdf

14. Каталог: Комутація та захист. URL:
https://www.svaltera.ua/upload/iblock/a79/wbdby4rz1sqvnu1j9u6w98q7tmqoyym/sva_cat_02.pdf
15. Grundfos TP 150-110/6. URL:
https://nasos-m.com.ua/nasosi/grundfos_tp_150-110_6.html
16. АИР Україна АИР90L2. URL:
https://air.com.ua/katalog_elektrovdigatelei_air/air-90l2-3-kvt-3000-ob-min/
17. Проектування систем автоматизації галузі [Електронний ресурс]: Метод. рекомендації до викон. курс. проекту для студ. освітнього ступеня «магістр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» спеціалізації «Інтелектуальні комп'ютерні системи керування» ден. форм навч. / уклад.: Трегуб В.Г., Луцька Н.М., А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2017. – 48 с.
18. Про КРІ та ОЕЕ. Загальні розрахунки згідно ISO 22400-2. URL:
<http://www.slideshare.net/pupenasan/kpi-oee>.
19. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Ліра-К, 2011. – 552 с.
20. Пупена О.М. [Електронний ресурс]: Автоматизовані системи управління виробництвом (MES-рівень): курс лекцій для студ. освіт. ст. "магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціалізації "Інтегровані автоматизовані системи управління " денної та заочної форм навчання / О.М. Пупена, Р.М. Міркевич. – К.: НУХТ, 2016. – 135 с.
21. Трегуб В.Г. Автоматизація об'єктів періодичної дії: [підручник] / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2016. – 136 с.
22. A Practical Guide to SysML. The Systems Modeling Language. 2-d ed/ /Sanford Friedenthal, Alan Moore, Rick Steiner, Elsevier Inc. 2012.
23. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.

24. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.
25. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.
26. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.
27. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.
28. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
29. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Архангельська К.С., Власенко Л.О.— К.: НУХТ, 2014. —274 с.
30. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: навчальний посібник / В. Г. Трегуб.— К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
31. Гончаренко Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
32. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К., НУХТ, 2013. – 276 с.
33. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004. – 184 с.
34. Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
35. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.

36. Автоматизоване управління технологічними процесами. Конспект лекцій до вивчення дисципліни для студентів спеціальності 6.08040 „Інформаційні управляючі системи та технології” напряму підготовки 0804 “Комп’ютерні науки” ден. та заоч. форм навчання/ Уклад.: І.В.Ельперін, С.М.Швед – К: НУХТ, 2007. – 71 с.
37. Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об’єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.
38. Пупена О.М. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.
39. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: навчальний посібник / А.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.
40. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі UNITY PRO: Навч. посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін. – К.: Видавництво Ліра – К, 2013. – 376 с.
41. Пупена О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології: курс лекцій для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання. / О.М. Пупена. – К.: НУХТ, 2011. – 67 с.
42. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об’єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.
43. Трегуб В.Г. Автоматизація об’єктів періодичної дії: підручник / В.Г. Трегуб. – Київ: Видавництво Ліра-К, 2017. – 136 с.

44. Інноваційні технології в управлінні складними біотехнологічними об'єктами агропромислового комплексу: монографія / А.П. Ладанюк, В.М. Решетюк, В.Д. Кишенько, Я.В. Смітюх. – Київ: Центр учбової літератури, 2014. – 280 с.
45. Innovative energy-saving technologies in biotechnological objects control / A. Chochowski, I. Chernyshenko, V. Kozyrskyi, V. Kyshenko, A. Ladaniuk, V. Lysenko, V. Reshetiuk, I. Smitiukh, V. Shtepa, V. Shcherbatiuk. - K.: Tsentr Uchbovoii Literatury, 2014.- 240 p.
46. Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів: монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. – 408 с.
47. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування): монографія / А.П. Ладанюк, Н.А. Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. – 312с.
48. Методи сучасної теорії управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук.– К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
49. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. - К.: НУХТ, 2013. – 274 с.
50. Системний аналіз складних систем управління. Практикум: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Я.В. Смітюх, Л.О. Власенко, Н.А. Заєць, І.В. Ельперін. – К.: НУХТ, 2014. – 157 с. (№37.49 - 02.07.2014)
51. Методи сучасної теорії управління: підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 368 с.
52. Ладанюк А.П. Методологія наукових досліджень: навчальний посібник / А.П. Ладанюк, Л.О. Власенко, В.Д. Кишенько. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 352 с.

53. Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник / О. М. Пупена, І. В. Ельперін. — Київ : Ліра-К, 2015. — 376 с.
54. Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів: монографія / Я.В. Смітюх, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко . – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. – 173 с. – ISBN: 978-613-9-87035
55. Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини: монографія / В.О. Мірошник В.О., М.А. Гачковська, В.Д.Кишенько, О.В. Грабовська.– К.:ЦП “Компринт”, 2019.– 479 с.
56. Кишенько В.Д. Ідентифікація та моделювання об'єктів автоматизації: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними процесами", 6.092500 "Комп'ютерно- інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2007. — 102 с.
57. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи: конспект лекцій для студ. спец. 6.092500 "Автоматизовані системи управління технологічними", 6.092500 "Комп'ютерно-інтегровані процеси та виробництва" напряму 0925 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2008. — 133 с.
58. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.
59. Кишенько В.Д. Моделювання систем [Електронний ресурс]: конспект лекцій для студ. освіт. ступ. "Магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами" ден. форми навч. / В. Д. Кишенько. – К. : НУХТ, 2016. — 205 с.
60. Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. – 71 с.