

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 ви- щої освіти	Бакалавр
Спеціальність	151 - «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
Освітня про- грама	«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

Тема: «Автоматизація процесу керування варінням мармеладу»

Розробив	К.В.Раскидний
Керівники к.т.н., доцент	О.Є.Гончаренко
ст.викладач	С.М.Дубна
Зав. кафедри АТПіРС д.т.н., професор	В.А. Хобін
<i>«e-версія роботи ідентична оригіналу»</i>	Б.Ю.Коренной
<i>«e-версію роботи прийнято»</i>	
Депозитор кафедри АТПіРС	К.В.Раскидний

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 **Раскидний Костянтин Віталійович**
2. Тема кваліфікаційної роботи «**Автоматизація процесу керування варінням мармеладу**»
3. Керівник кваліфікаційної роботи **Гончаренко Олександр Євгенович, к.т.н. доцент, Дубна Сергій Михайлович, ст.. викладач,**
П.п. 2 і 3 затверджені наказом ОНТУ від 29 березня 2023 року № 114А-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 виробництвом стиснутого повітря, обґрунтування доцільності та шляхів підвищення ефективності керування процесом.
 - 2) Конкретизація задачі дотримання регламентів управління виробництвом стиснутого повітря, 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 виробництвом стиснутого повітря.
 - 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. доц. каф. АТП і РС		
Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР, отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів	Світий І.М. доц. каф. АТП і РС		
Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САУ	Левінський В.М., 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	Дроздова В.А., доц. каф. МіЛ		

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 виробництвом стиснутого повітря, обґрунтування доцільності та шляхів підвищення ефективності керування процесом	29.03.23 р.	
2	Конкретизація задачі дотримання регламентів управління виробництвом стиснутого повітря, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання	10.04.23 р.	
3	Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР, отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів	24.04.23 р.	
4	Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування виробництвом стиснутого повітря	25.04.23 р.	
5	Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих впливів	28.04.23 р.	
6	Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САК	05.05.23 р.	
7	Розробка SCADA для автоматизованого робочого місця технолога і наладчика САК	19.05.23 р.	
8	Розробка фрагментів документації технічного забезпечення САК, включаючи питання охорони праці	26.05.23 р.	
9	Попереднє обґрунтування економічної доцільності реалізації роботи	02.06.23 р.	

Студент

Керівник кваліфікаційної роботи бакалавра

Раскидний К.В.

Гончаренко О.Є.

Дубна С.М.

АНОТАЦІЯ

Раскидний К.В. «Автоматизація управління варінням мармеладу на підприємстві «Одесакондитер»: передпроектні дослідження та розробки». Дипломна робота. – Одеса: ОНТУ 2023. -__с. Бібліогр.: 31. Іл.: 183. Табл.: 27.

В даній дипломній роботі розглянуто питання модернізації системи автоматичного керування (САК) технологічного процесу варки мармеладу в варочному котлі. В якості об'єкта дослідження було обрано процес варки мармеладу в варочному котлі. Основною метою роботи є підвищення ефективності роботи установки за рахунок зменшення втрат від браку продукції.

При виконанні роботи було проведено підвищення якості регулювання параметрів процесу за рахунок побудови системи автоматичного регулювання підвищеної динамічної точності. Для вирішення задачі регулювання було отримано математичну модель процесу. Задачу логічного керування було вирішено за рахунок розробки алгоритму автоматичного керування циклом роботи варочного котла. Програмно-технічну реалізацію процесу проведено на базі контролерно-комп'ютерної мережі.

Ключові слова: варка мармеладу, варочний котел, система автоматичного керування, контролерно-комп'ютерна мережа, SCADA.

Вступ.....	
Розділ 1. Характеристика процесу виробництва мармеладу, обґрунтування доцільності та шляхів підвищення ефективності керування процесом.....	
1.1. Короткий опис підприємства, характеристика виробничої і господарської діяльності.....	
1.2. Узагальнений опис технологічного процесу виробництва мармеладу.....	
1.3. Вибір об'єкта для модернізації системи автоматизації, опис і аналіз реалізованого ним технологічного процесу і відповідного обладнання.....	
1.4. Аналіз впливу ефективності управління технологічним агрегатом на показники якості продукції, її собівартість. Виявлення потенційних джерел економічної ефективності при впровадженні модернізованої системи.....	
1.5 Конкретизація мети модернізації системи.....	
1.6 Висновки за розділом.....	
Розділ 2. Конкретизація задачі дотримання регламентів варки мармеладу, розробка і реалізація комплексу його моделей як об'єкта регулювання.....	
2.1 Розробка концептуальної моделі об'єкту регулювання.....	
2.2.Ідентифікація моделей каналів перетворення об'єкта регулювання.....	
2.3 Ідентифікація моделей вхідних дій об'єкту керування.....	
2.4 Реалізації моделей у середовищі імітаційного моделювання і підтвердження їх відповідності експериментальним даним.....	
2.5. Висновки за розділом.....	

Розділ 3. Розробка і параметрична оптимізація алгоритмів регулювання, порівняльний аналіз САР, отримання цифрових аналогів обраних алгоритмів.....	
3.1 Конкретизація задач регулювання для процесу варки мармеладу..	
3.2 Параметричний синтез і аналіз САР базової структури.....	
3.3 Структурний і параметричний синтез і аналіз САР підвищеної динамічної точності.....	
3.4 Цифрова реалізація алгоритмів регулювання.....	
3.5 Висновки за розділом.....	
Розділ 4. Конкретизація задачі і розробка алгоритмів логічного керування процесом варки мармеладу.....	
4.1 Конкретизація задачі логічного керування процесом варки мармеладу.....	
4.2 Розробка алгоритму автоматичного керування технологічним циклом процесу варки мармеладу.....	
4.3 Розробка функціонально логічної схеми.....	
4.4 Імітаційне моделювання роботи алгоритмів логічного керування процесом варки мармеладу.....	
4.5 Висновки за розділом.....	
Розділ 5. Вибір технічних засобів отримання інформації про змінні процесу та реалізації керуючих дій.....	
5.1. Характеристики середовищ, з якими мають взаємодіяти засоби автоматизації та обслуговуючий персонал, що повинні бути враховані при виборі технічних засобів автоматизації та місць їх розміщення.....	
5.2 Вибір технічних засобів збору інформації про хід технологічного процесу і стан обладнання.....	
5.3 Вибір технічних засобів для реалізації керуючих впливів технологічного процесу.....	

5.4 Висновки за розділом.....	
Розділ 6. Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування САУ.....	
6.1 Перелік сигналів, що підлягають вводу до МПК.....	
6.2 Розробка контролерно - комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування на базі контролера Fastwel CPB902.....	
6.3 Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування на базі контролера SIMATIC S7-300.....	
6.4 Висновки за розділом.....	
Розділ 7. Розробка арм оператора-технолога та наладчика сак процесу варки мармеладу.....	
7.1 Розробка АРМ оператора-технолога.....	
7.2 Розробка АРМ наладчика САК.....	
7.3 Розробка підсистеми взаємодії АРМ та мережі контролерів.....	
7.4 Висновки за розділом.....	
Розділ 8. Розробка фрагментів документації ескізного проекту системи автоматизації управління варкою мармеладу в варочному котлі, включаючи питання охорони праці.....	
8.1 Розробка та опис схеми автоматизації.....	
8.2 Розробка та опис принципової електричної схеми.....	
8.3 Розробка принципових електричних схем живлення.....	
8.4 Опис питань охорони праці	
8.5 Висновки за розділом.....	
Розділ 9. Попереднє обґрунтування економічної доцільності реалізації проекту.....	

9.1. Розрахунок інвестиційних витрат на модернізацію системи автоматизації.....	
9.2 Розрахунок витрат на виробництво продукції до і після модернізації системи управління.....	
9.3 Розрахунок змін основних показників діяльності підприємства, джерел інвестування й інвестиційної привабливості.....	
9.4 Висновки за розділом.....	
Список літератури.....	
Додаток.....	

ВСТУП

Технологічний процес варки є одним з ключових процесів виробництва мармеладу. Підвищення ефективності саме цього процесу може дозволити отримати суттєвий економічний ефект саме для технологічного процесу виробництва мармеладу в цілому. Практика показує, що одним з найефективніших та найдешевших способів модернізації будь-якого виробництва і процесу варки мармеладу зокрема є модернізація системи автоматичного керування. Тому тема роботи, пов'язана з модернізацією системи керування процесом варки мармеладу, є актуальною.

Аналіз виробничої ситуації на ділянці варки мармеладу дозволив виявити проблему з тим, що штатна система автоматичного керування часто не забезпечує належну якість регулювання. А це спричиняє підвищений вихід браку готової продукції. Вирішення цієї проблеми шляхом модернізації системи автоматичного керування і може стати головним чинником підвищення економічної ефективності процесу в цілому.

Модернізацію системи керування слід розпочинати з підвищення динамічної точності алгоритмів автоматичного регулювання. Доцільно розробити алгоритми автоматичного логічного керування. Значне покращення якості керування здатна дати докорінна модернізація елементної бази системи керування, в основу якої буде покладена контролерно-комп'ютерна мережа.

При впровадженні для процесу варки мармеладу модернізованої системи керування на базі мікропроцесорної техніки, яка має ефективно контролювати і керувати процесом, потрібно домогтися зниження втрат від браку готової продукції.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕСУ ВИРОБНИЦТВА МАРМЕЛАДУ, ОБҐРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ ТА ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КЕРУВАННЯМ ПРОЦЕСОМ

1.1. Короткий опис підприємства, характеристика виробничої і господарської діяльності

ЗАТ «Одесакондитер» - одне з найстаріших підприємств України. У 1820 році в Одесі було створено маленьке приватне підприємство - торговий дім «Брати Крахмальнікова» - перша кондитерська фабрика на півдні країни. Кондитерські вироби їх торгового дому не потребували особливої реклами і користувалися заслуженою популярністю не тільки в тодішній Російській імперії: вони завоювали гран-прі на міжнародних промислових виставках в Лондоні і Парижі, відзначалися золотими медалями в Ростові-на-Дону, Москві, Лондоні.

У 1903 році на фабриці було встановлено паровий котел, після чого фабрика була названа «Парова кондитерська фабрика», а потім «Торговий дім кондитерської фабрики братів Крахмальнікова».

У 1918 році фабрика була націоналізована і стала називатися «Перша радянська кондитерська фабрика».

У 1922 році їй було присвоєно ім'я Рози Люксембург. До початку Великої Вітчизняної війни фабрика перетворилася на велике промислове підприємство універсального типу. Вторгнення німецьких загарбників змусило його до евакуації і фактично до 1946 року підприємство не функціонувало.

У 1947 році був побудований і пущений в експлуатацію основний виробничий корпус. З тих пір підприємство постійно розширювалося, нарощувало виробничі потужності, освоюючи все нові й нові види кондитерських виробів. Продукція підприємства неодноразово завойовувала

престижні нагороди не тільки в Україні, а й на Міжнародних виставках-ярмарках в Угорщині, Канаді, США, Німеччині, Італії та інших країнах.

У липні 1992 року об'єднання стало орендним підприємством з правом викупу. У серпні 1993 року об'єднання було приватизовано працівниками фабрики і з 19 березня 1994 створено Акціонерне товариство закритого типу «Одеса».

1700 співробітників ЗАТ Одесакондитер по праву пишаються своїм підприємством.

Сім технологічних цехів забезпечують виробництво 350 найменувань кондитерських виробів

1. Цех вищих сортів цукерок;
2. Цукерочно-шоколадний цех;
3. Карамельний цех;
4. Цукерочно-карамельний цех;
5. Вафельний цех;
6. Борошнистої-кремовий цех;
7. Зефірної-мармеладний цех.

Вся продукція фабрики сертифікована в суворій відповідності з українськими та російськими стандартами. У 2004 році впроваджено систему менеджменту якості ISO 9001: 2000. Можна заявити про те, що якість випущених нами виробів повністю відповідає міжнародним стандартам.

Головний акцент робиться на застосування лише натуральних видів сировини: какао-бобів, какао-масла, какао-тертого, какао-порошку, горіхів, кураги, родзинок, натурального яблучного пюре, молочних продуктів і вершкового масла.

1.2. Узагальнений опис технологічного процесу виробництва мармеладу

Желейний мармелад на пектині готують шляхом марки розчину цукру і пектину з патокою, з добавкою або без добавки плодово-ягідного пюре, ароматизуючих і фарбувальних речовин.

Готують мармелад в наступному порядку.

Спочатку готують фруктовий-цукровий розчин в кількості, розрахованому на полусменную роботу. Для цього сухий пектин змішують з подвійною кількістю цукрового піску в чані-розчиннику і заливають холодною водою (співвідношення пектину і води 1:25) і витримують 4 ч. Розчин фільтрують через сито з отворами діаметром 1-1,5 мм і варять у котлі с паровою рубашкою.

У завантажувальну воронку котла засипають необхідну кількість цукру (за вирахуванням введеного в пектин-цукровий розчин), потім у нього ж заливають пектин-цукровий розчин, кількість якого відмірюють за допомогою мірника, встановленого над варильних котлом.

Розчинення цукру і уварювання сиропу відбувається при подачі пари і роботі мішалки. У міру розчинення цукру з мірника в котел дозують передбачене рецептурою кількість меляси.

Вологість увареного сиропу 30-32%. Тривалість варіння 7-10 хв.

Уварений сироп спускають в нижній котел через сито з отворами діаметром 1 мм. У нижньому котлі підтримується розрідження 150-200 мм рт. ст.

Початкова вологість пектин-цукрової суміші 42-44%, кінцева вологість сиропу у верхньому котлі 30-32%, в нижньому 29-30%. Вміст редуруючих речовин в сиропі 16-18%, рН сиропу 3,3-3,6; Тиск гріючої пари 4-6 ат.

У зварений сироп додають кислоту, барвники та есенції і після ретельного перемішування желейную масу температурою 75-80 ° С і

вологістю 28-29% розливають у форми або вручну за допомогою найпростіших механізмів, або на відливальній машині.

Тривалість студнеутворення желейної маси при температурі навколишнього повітря $\approx 20^{\circ}\text{C}$ - 10 хв, при температурі повітря $\approx 35^{\circ}\text{C}$ - 14-16 хв.

Після садки мармелад виделочками вибирають з форм, укладають на решета і в вагонетках направляють в сушарку для підсушування поверхні мармеладу перед обсипанням його цукровим піском. Температура повітря в сушарці $30-40^{\circ}\text{C}$, тривалість підсушування 40- 50 хв.

Після сушіння мармелад обсипають дрібним цукровим піском на віброситі і охолоджують в цеху або камерах куди подається повітря температурою $\approx 20^{\circ}\text{C}$. Тривалість охолодження 45-60 хв. Мармелад укладають в коробки або лотки на укладальному конвеєрі.

1.3. Вибір об'єкта для модернізації системи автоматизації, опис і аналіз реалізованого ним технологічного процесу і відповідного обладнання

Одним з ключових технологічних процесів виробництва мармеладу є його варка, що може здійснюватися у варочному котлі. Технологічна схема процесу наведена на рис. 1.1.

У котел подається сирий пектин кімнатної температури до певного рівня. По закінченню загрузки пектину, закривається кришка котла і починається подача пару у парову рубашку. Після того, як рівень конденсату пару у паровій рубашці досягло необхідної помітки, починається відстеження температури та тиску повітря у самому котлі.

Температура варки пектину 130°C . Температуру ми регулюємо подачею пара у парову рубашку. Через те, що варка проходить з подачею пари, має бути відведення конденсату.

Якщо тиск перевищує дозволений, то ми можемо відкрити клапан, який регулює цей тиск, або навпаки, закрити його, щоб створити його. Середне

значення тиску у котлі при варці мармеладу має складати 270 кПа.

Процес варки займає 7-10 хвилин. Час варки залежить від кількості пектину у котлі.

Після варки мармеладну масу, через відведення знизу котла пускають на конвеєр для подальшої обробки.

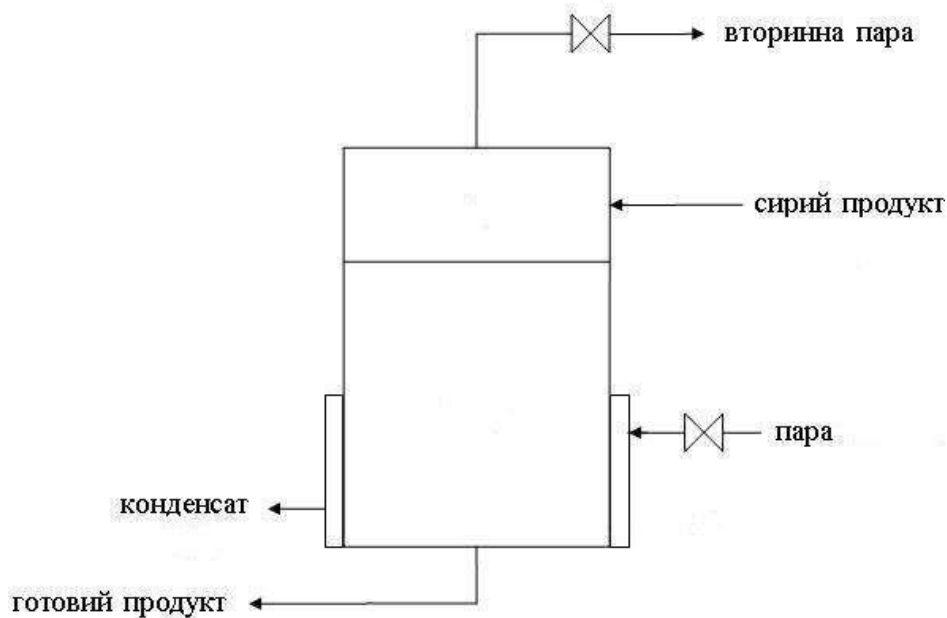


Рис. 1.1 – Схема технологічного процесу варки мармеладу

Апаратна реалізація процесу може здійснюватися в універсальному котлі (рис. 1.2).

Універсальний котел с паровою рубашкою з напівавтоматикою М-184 призначений для уварювання в невеликих кількостях щербета, ірисний, карамельної, желевної та інших кондитерських мас.

Котел М184 складається з верхнього полусферического котла і нижнього. Під час варіння у котлі карамельної і желевної мас, різних начинок, мармеладу, мас для ірису, вершкових та інших сортів м'яких цукерок, маса в чаші апарату перемішується якірної мішалкою на електродвигуні.

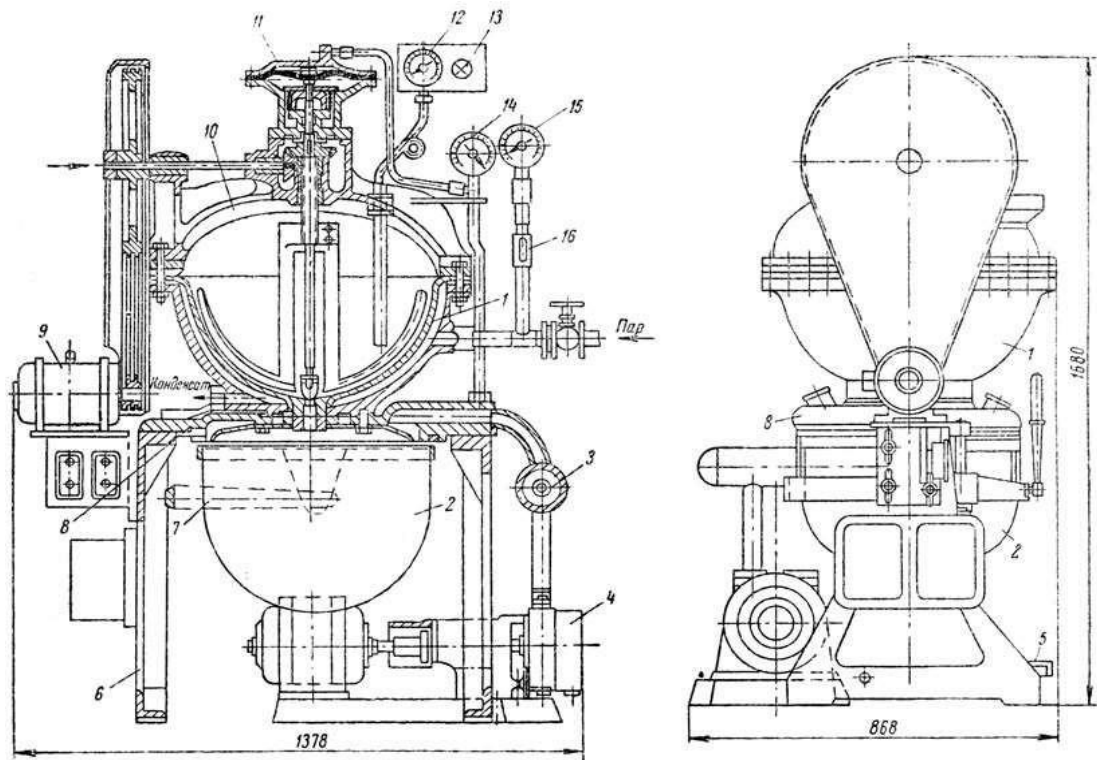


Рис. 1.2 Конструкція технологічного агрегату

Технічні характеристики:

- Робоча ємність 0,06 м³
- Геометрична ємність 0,095 м³
- Робочий тиск пари в паровій рубашці не більше 0,35 МПа
- Робоче розрідження 0,069 МПа
- Швидкість обертання мішалки 110 об / хв
- Маса 680 кг
- Продуктивність 50-150 кг / год
- Габаритні розміри 1378x868x1680 мм

Мета ведення процесу – отримання заданого продукту з заданими властивостями (показниками якості). При промисловому виробництві досягнення мети може бути виправдане тільки тоді, коли виконується цілий ряд вимог до технологічного процесу.

Технологічний процес варки патоки у котлі с паровою рубашкою доцільно реалізовувати, якщо:

- варочний котел заповнений патокою на 90% і більше;
- забезпечена необхідна подача пари;
- забезпечена тиск у котлі.

Технологічний процес варки мармеладу є тепловим процесом, пов'язаний з подачею пари у парову рубашку. Важливою умовою нормального функціонування технологічного процесу є підтримка рівня конденсату пара у паровій рубашці. Також процес варки визначається розрідженням в апараті.

Параметризовану схему парового котла з паровою рубашкою зображено на рисунку 1.3.

Позначення параметрів на схемі:

- U_1 – положення регулюючого органу відводу вторинної пари;
- F_2 – витрати сирого продукту (патоки) у варочний котел;
- Θ_2 – температура подачі сирого продукту (патоки) у варочний котел;
- Q_2 – якість подачі сирого продукту (патоки) у варочний котел;
- F_3 – витрати готового продукту (мармеладу);
- Q_3 – якість готового продукту (мармеладу);
- P_4 – тиск середовища у варочному котлі;
- Θ_5 – температура продукту у варочному котлі;
- L_5 – рівень продукту у варочному котлі;
- $P_{\text{п}}$ – тиск подачі пари у парову рубашку;
- $F_{\text{п}}$ – витрати пари у парову рубашку;
- $U_{\text{п}}$ – положення регулюючого органу подачі пари у парову рубашку;
- $L_{\text{к}}$ – рівень конденсату у паровій рубашці;
- $\Theta_{\text{к}}$ – температура конденсату на виході парової рубашки;
- $F_{\text{к}}$ – витрати конденсату на виході парової рубашки.

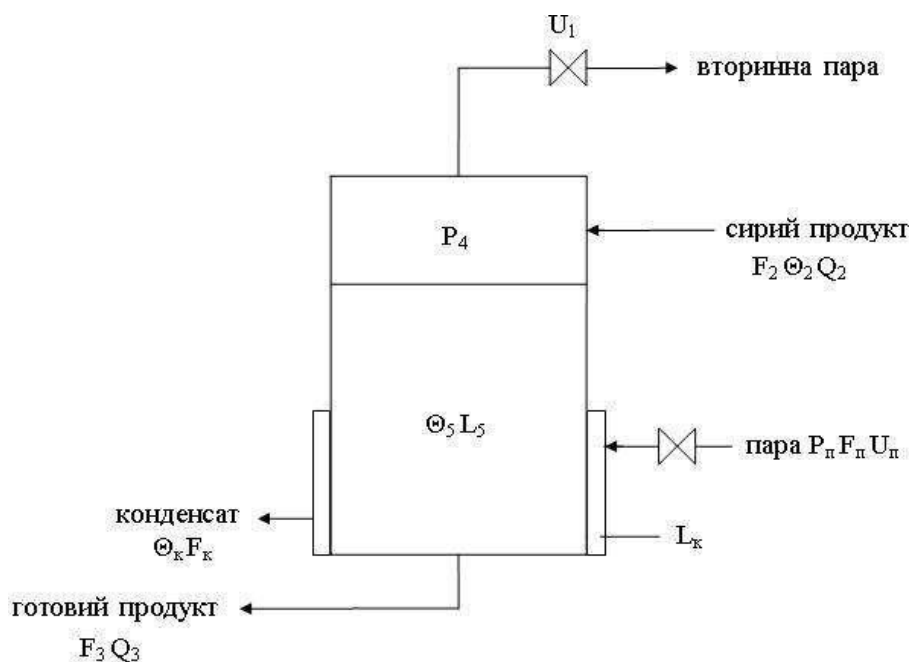


Рис. 1.3 Параметризована схема котла з паровою рубашкою.

Основу нормативів ведення технологічного процесу і роботи технологічного агрегату складають три основних регламенти.

Технологічний регламент – визначає умови, при яких у результаті технологічного процесу отримують продукт із заданими властивостями. Для процесу варки мармеладу до *технологічного регламенту* відносимо температуру продукту у варочному котлі (Θ_5), якість готового продукту (мармеладу) (Q_3), рівень конденсату пара у паровій рубашці (L_κ), тиск повітря у варочному котлі (P_4).

Експлуатаційний регламент – визначає умови нормальної безаварійної роботи технологічного обладнання. До *експлуатаційного регламенту* варочного котла відносимо рівень продукту у варочному котлі (L_5).

Техніко-економічний та екологічний регламент визначає умови ефективності ведення процесу і його екологічності. До *техніко-економічного та екологічного регламенту* процесу варки мармеладу відносимо витрати пари у парову рубашку (F_π); витрати готового продукту (мармеладу) (F_3); температуру конденсату на виході парової рубашки (Θ_κ).

Відхилення параметрів технологічного процесу від регламентних значень, викликаних зміною параметрів, що характеризують умови ведення процесу навіть при досить ефективному керуванні процесом, можуть перевищувати встановлені допуски. У залежності від наслідків, можна виділити два характерних типи таких порушень: а) технологічний процес не припиняється, вихід за допуски ліквідується з часом, наприклад, за рахунок керування процесом; б) технологічний процес припиняється повністю або частково, для його поновлення часто необхідна підготовка обладнання до повторного запуску (видалення сировини з машин, чищення робочих органів, їх заміна і т.і.).

Допуски на відхилення поточних (режимних) значень регламентованих параметрів від номінальних прийнято ділити і задавати у виді допусків на тривалі і короткочасні відхилення. Тривалі припустимі відхилення визначають зону незначних для даного процесу відхилень (ЗНВ) розглянутого параметра. Всередині цієї зони значення параметра можна вважати приблизно рівним нормативному, тому відхилення, що не виходять із ЗНВ, можна не усувати. Короткочасні припустимі відхилення параметрів перевищують їх ЗНВ і приводять до зниження ефективності процесу, тому вони припустимі лише обмежений час, що задається і входить у регламент. Вихід параметрів за зону короткочасно припустимих відхилень свідчить про порушення в технологічному процесі або в експлуатації обладнання, що можуть привести до аварії.

Відхилення тиску середовища у камері (P_4), від гранично допустимих значень може призвести до порушення процесу сушіння продукту. Порушення регламенту веде до погіршення якості готового продукту і навіть до збільшення виходу браку.

Відхилення рівня конденсату у паровій рубашці ві регламентних допусків може призвести до погіршення якості вихідного продукту.

Аналіз нормативів ведення технологічного процесу й експлуатації обладнання зведемо до таблиці регламентів (1.2).

Таблиця регламентів

Найменування параметрів	Позначення	Одиниці вимірювання	Номінальні значення параметру	Припустимі відхилення		
				Тривалі ($t \rightarrow \infty$)	Короткочасні ($0 < t \ll \infty$)	
				Величина	Величина	Час, сек
Тиск середовища у котлі	P_4	кПа	270	5	20	200
Рівень конденсату у паровій рубашці	L_k	см	40	1	5	200

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 визначеними параметрами і можуть бути (для зручності) згруповані за деякими ознаках.

Сировинні параметри характеризують властивості продукту, що йде на переробку. До *сировинних параметрів* процесу варки мармеладу відносимо температуру подачі сирого продукту (патоки) у варочний котел (Θ_2); якість подачі сирого продукту (патоки) у варочний котел (Q_2); витрати сирого продукту (патоки) у варочний котел (F_2).

Енергетичні параметри характеризують енергію, що підводиться до технологічного обладнання ззовні і витрачається на зміну властивостей продукту. До *енергетичних параметрів* процесу варки мармеладу відносимо тиск подачі пару у парову рубашку (P_n); витрати конденсату на виході парової рубашки (F_k).

Механічні (або інші специфічні) параметри технологічного обладнання характеризують стан його робочих органів. Для процесу варки мармеладу до *механічних параметрів* відносимо положення регулюючого органу відводу вторинної пари (U_1) та положення регулюючого органу подачі пари у парову рубашку (U_{II}).

Параметризована схема технологічного процесу має змістовний характер. Формалізація опису взаємозв'язків між параметрами технологічного процесу досягається за рахунок переходу до формалізованої параметричної схеми (рис. 1.4). При цьому ті параметри, що відбивають мету функціонування об'єкта моделювання і додаткові вимоги до нього, тобто ті параметри, що регламентовані, будуть вихідними, а параметри, що відбивають умови функціонування об'єкта - вхідними. Зв'язок між вхідними і вихідними параметрами - причинно-наслідковий.

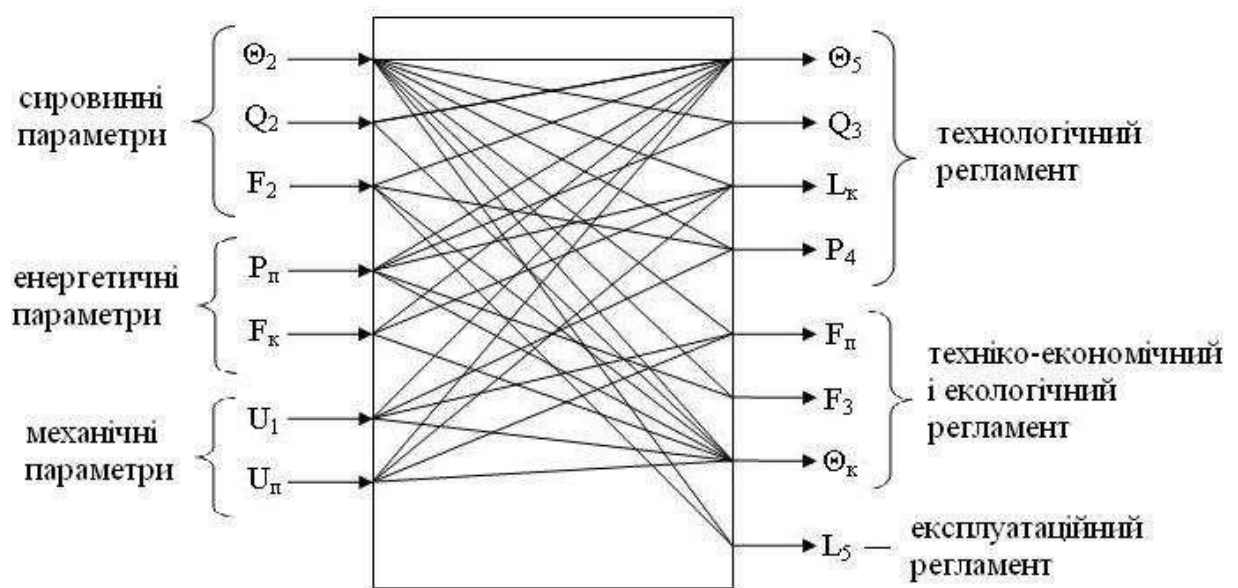


Рис. 1.4 Параметрична схема котла з паровою рубашкою

1.4. Аналіз впливу ефективності управління технологічним агрегатом на показники якості продукції, її собівартість. Виявлення потенційних джерел економічної ефективності при впровадженні модернізованої системи

Точність підтримання рівню конденсату в паровій рубашці забезпечує необхідну для процесу кількість тепла на час експозиції варки. Підтримання розрідження в апараті забезпечить задані технологією температурні режими обробки сировини. Недотримання регламентів за обома регульованими координатами призведе до збільшення виходу браку готової продукції. Отже, у процесі функціонування системи управління процесом виробництва мармеладу основними джерелами підвищення ефективності процесу є зменшення втрат від браку готової продукції.

Перелік вирішуваних завдань та їх вплив на показники економічної ефективності зведемо в таблицю 1.3.

Таблиця 1.3

Перелік вирішуваних завдань та їх вплив на показники економічної ефективності

Статті витрат	Очікуваний джерело економії	Кількісна оцінка
Втрати від браку готової продукції	Стабілізація рівню конденсату та розрідження в апараті	Умовно постійна норма витрат електроенергії до автоматизації – 5 кг / год після автоматизації – 2 кг / год

1.5 Конкретизація мети модернізації системи

Економічною метою дипломної роботи є підвищення конкурентоспроможності основних показників економічної діяльності

підприємства за рахунок заходів з підвищення якості готової продукції шляхом впровадження модернізованої системи управління.

Система управління процесом варки мармеладу реалізується на базі технічних засобів, ПК та МПК.

Система повинна реалізовувати такі функції:

а) інформаційні: збір та обробка інформації; оперативне відображення інформації; зберігання інформації;

б) керуючі: стабілізація технологічних параметрів; логічне керування ходом технологічного процесу; ручне (дистанційне) керування технологічним процесом; вибір режимів керування.

1.6 Висновки за розділом

Технологічний процес варки є одним з ключових процесів виробництва мармеладу. Підвищення ефективності саме цього процесу здатне дати суттєвий економічний ефект. Тому саме процес варки мармеладу було обрано в якості об'єкту для модернізації системи керування. Провівши аналіз господарської діяльності підприємства і ходу технологічного процесу, можна зробити висновок, що саме на цій ділянці технологічної схеми можна істотно змінити техніко-економічні показники виробництва в цілому, такі як зменшення втрат від браку готової продукції.

Виходячи з вище викладеного, при впровадженні для процесу варки мармеладу модернізованої системи керування на базі мікропроцесорної техніки, яка буде ефективно контролювати і керувати процесом, потрібно домогтися зниження втрат від браку готової продукції. Для цього слід буде поліпшити якість регулювання рівню конденсату та розрідження в апараті, удосконалити існуючі алгоритми логічного керування, замінити існуючу елементно-технічну базу на більш нові засоби керування.

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

2.1 Розробка концептуальної моделі об'єкту регулювання

Для процесу варки мармеладу в якості регульованих координат доцільно виділити тиск середовища у варочному котлі та рівень конденсату у паровій рубашці.

Необхідною умовою рішення задач керування є наявність керуючих дій. Для процесу варки мармеладу в якості керуючих дій доцільно виділити хід регулюючого органу відбирання вторинної пари та хід регулюючого органу подачі пари у парову рубашку.

Після того, як визначені керуючі дії, всі інші входні змінні потрапляють у розряд збурень, тобто таких дій середовища, зміна яких порушує хід технологічного процесу і режими технологічного обладнання. За результатами класифікації збурень було виявлено, що для процесу варки мармеладу контрольованих збурень виділяти не доцільно. Всі входні дії, крім керуючих, відносимо до неконтрольованих збурень.

Структурна схема об'єкту керування (ОК) є черговим і останнім етапом формалізації представлення технологічного процесу як ОК. Структурну схему процесу варки мармеладу як ОК наведено на рис. 2.1.

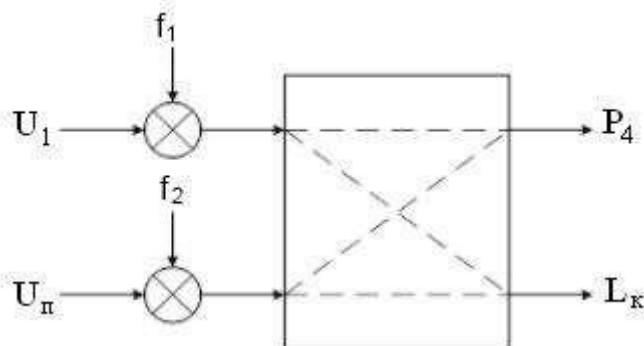


Рис. 1.5 Структурна схеми об'єкту регулювання

U_1 – хід регулюючого органу відводу вторинної пари;

$U_{\text{п}}$ – хід регулюючого органу подачі пари у парову рубашку

P_4 – тиск середовища у варочному котлі;

$L_{\text{к}}$ – рівень конденсату у паровій рубашці;

f_1, f_2 – неконтрольовані збурення.

2.2 Ідентифікація моделей каналів перетворення об'єкта регулювання

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

Для технологічного процесу варки мармеладу за усіма ОК має властивість самовирівнювання. Збільшення управляючої дії U_1 приведе до зменшення тиску у котлі, а при збільшенні управляючої дії U_2 рівень конденсату у паровій рубашці буде збільшуватись.

Ідентифікацію лінеаризованих моделей динаміки каналів управління об'єкта регулювання проведемо на основі активного експерименту, попередньо його спланувавши.

План активного експерименту:

1. За допомогою зміни управляючої дії домагаємося значення регульованої координати, що перебувало б в околиці її номінального значення. Для нашого ОК значенню $u=60\%$ х.р.о. буде відповідати значення регульованої координати 240кПа.

2. Чекаємо закінчення перехідних процесів в каналі та настання сталого режиму, при якому вихідна змінна перестане змінюватися.

3. Змінимо управляючу ступінчастим чином на 10% х.р.о., відзначивши при цьому момент початку його зміни.

4. Реєструємо зміну вихідних змінних до настання нового сталого режиму, вхідну дію у такому разі можна не реєструвати.

Результати активних експерименті наведені на рис. 2.2. – 2.5.

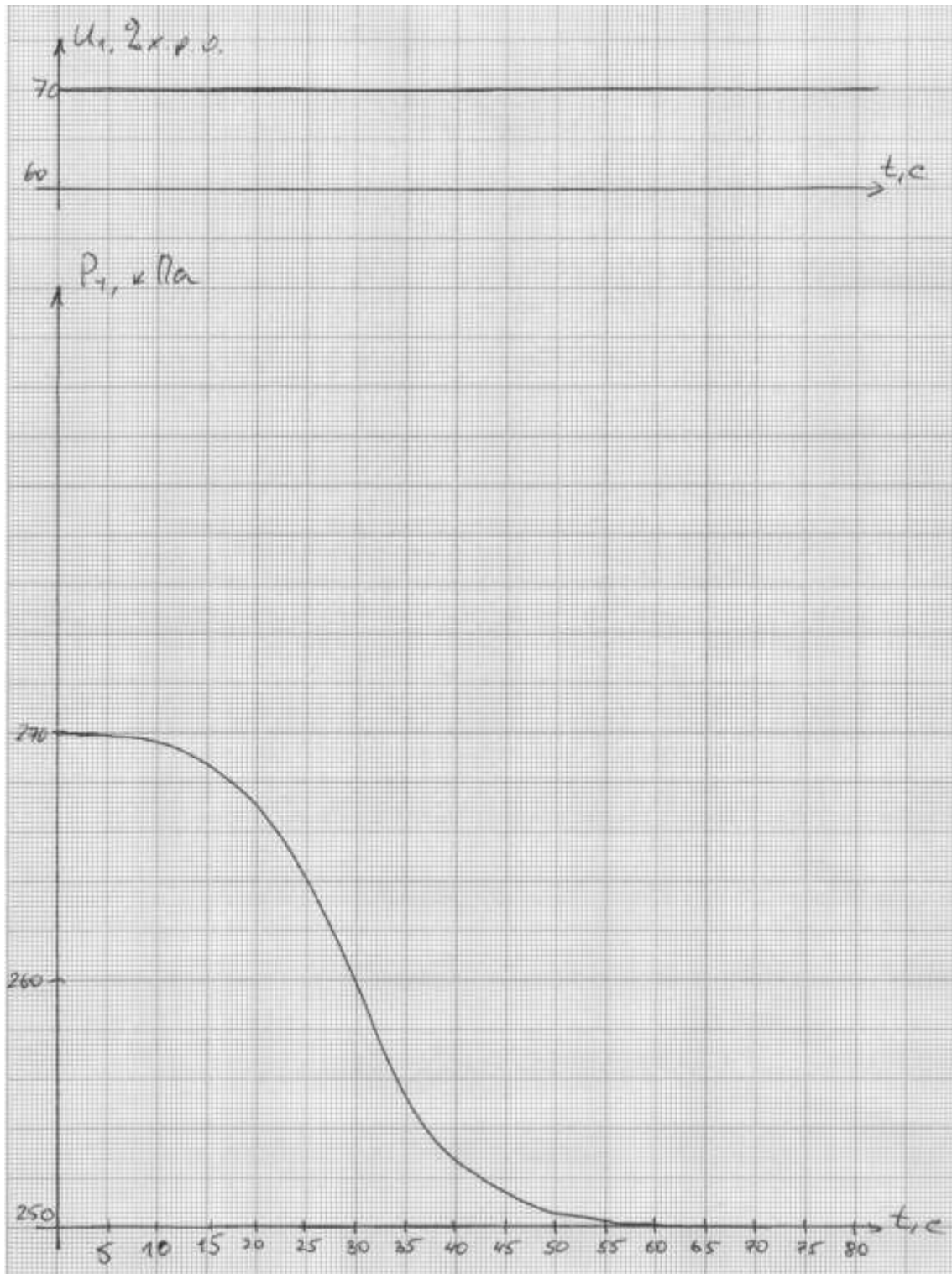


Рис. 2.2 – Результат активного експерименту за каналом U_1 - P_4

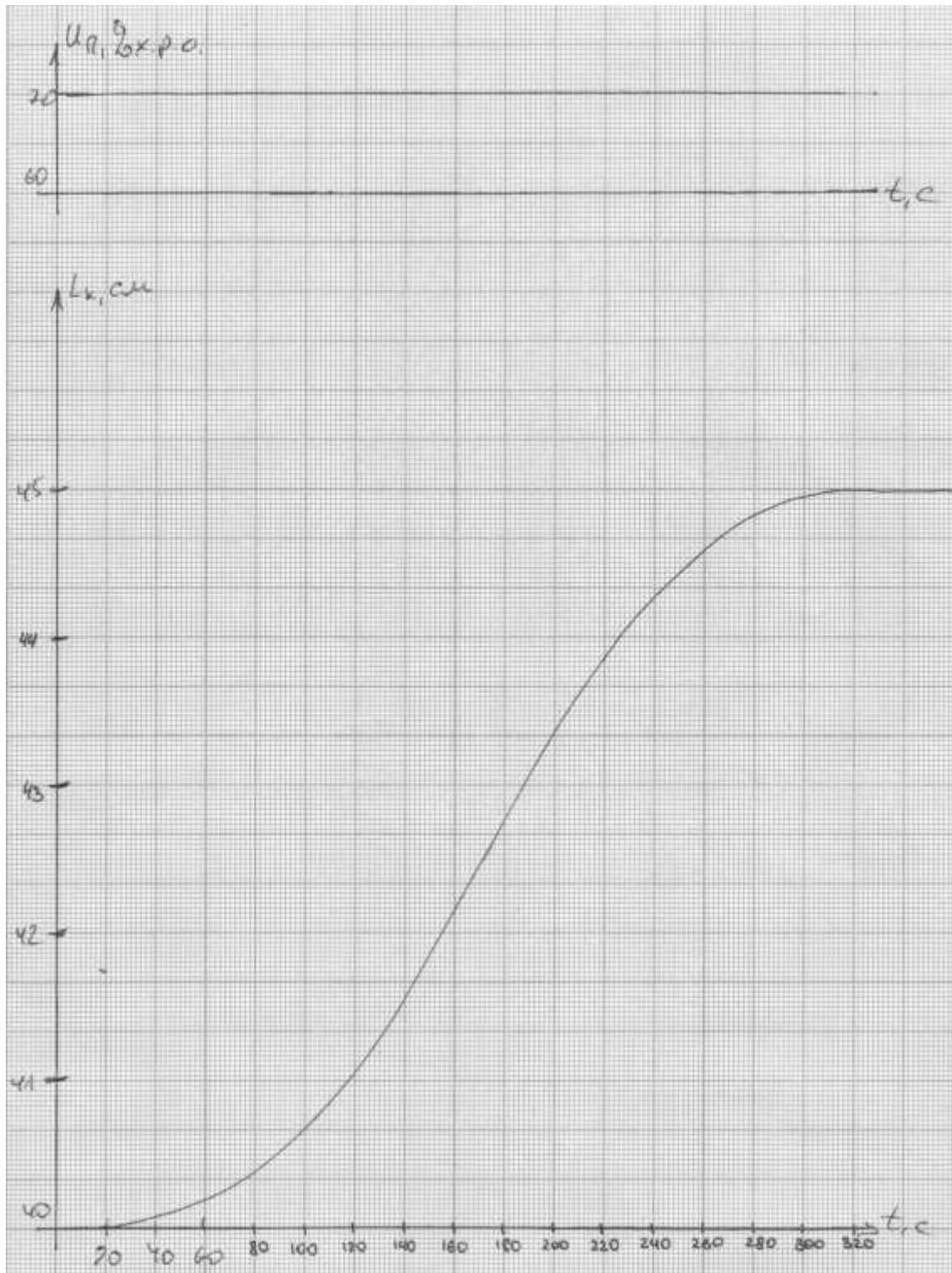


Рис.2.3 – Результат активного эксперимента за каналом U_p - L_k

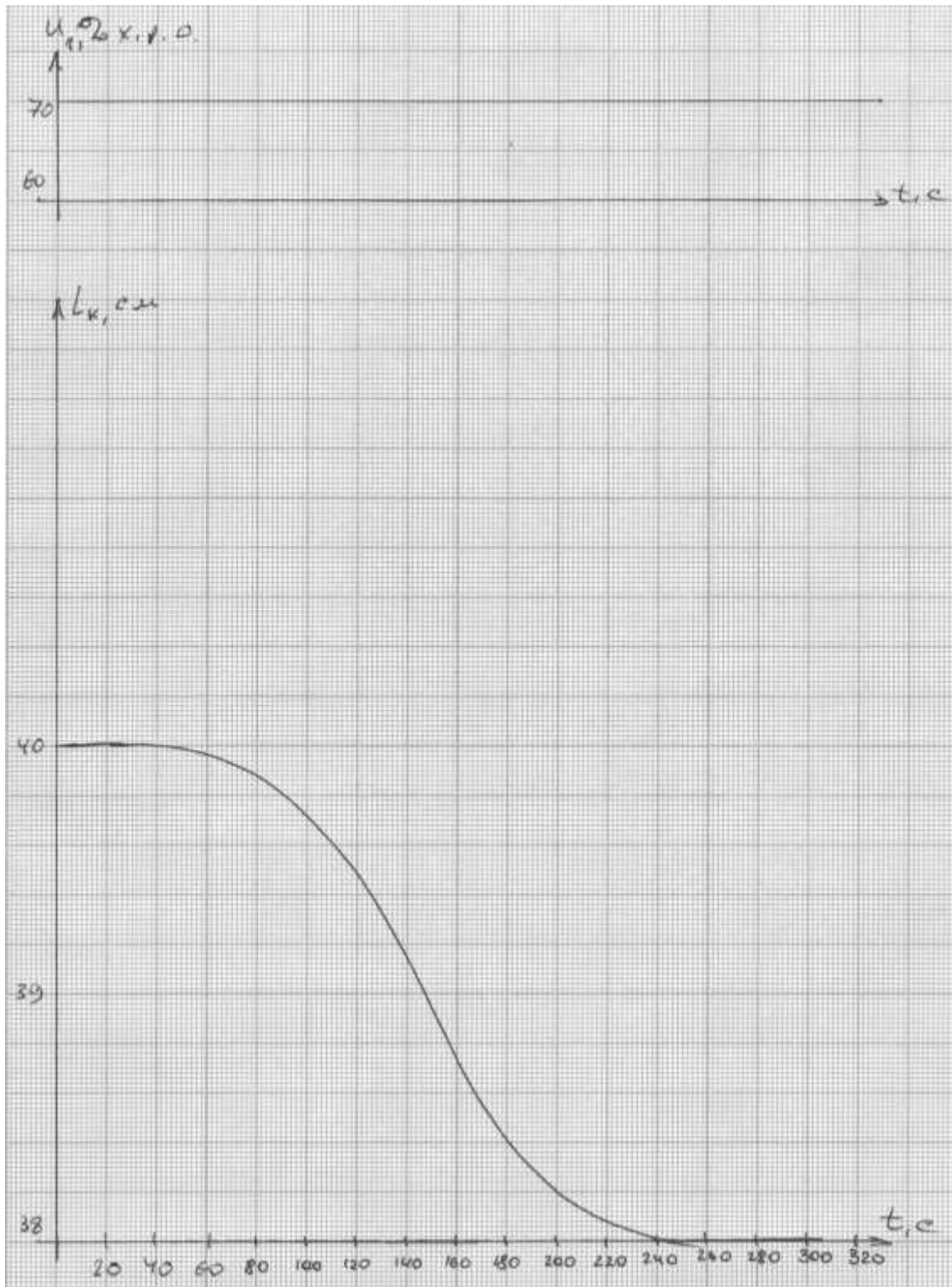


Рис.2.4 – Результат активного эксперимента за каналом $U_1 - L_k$

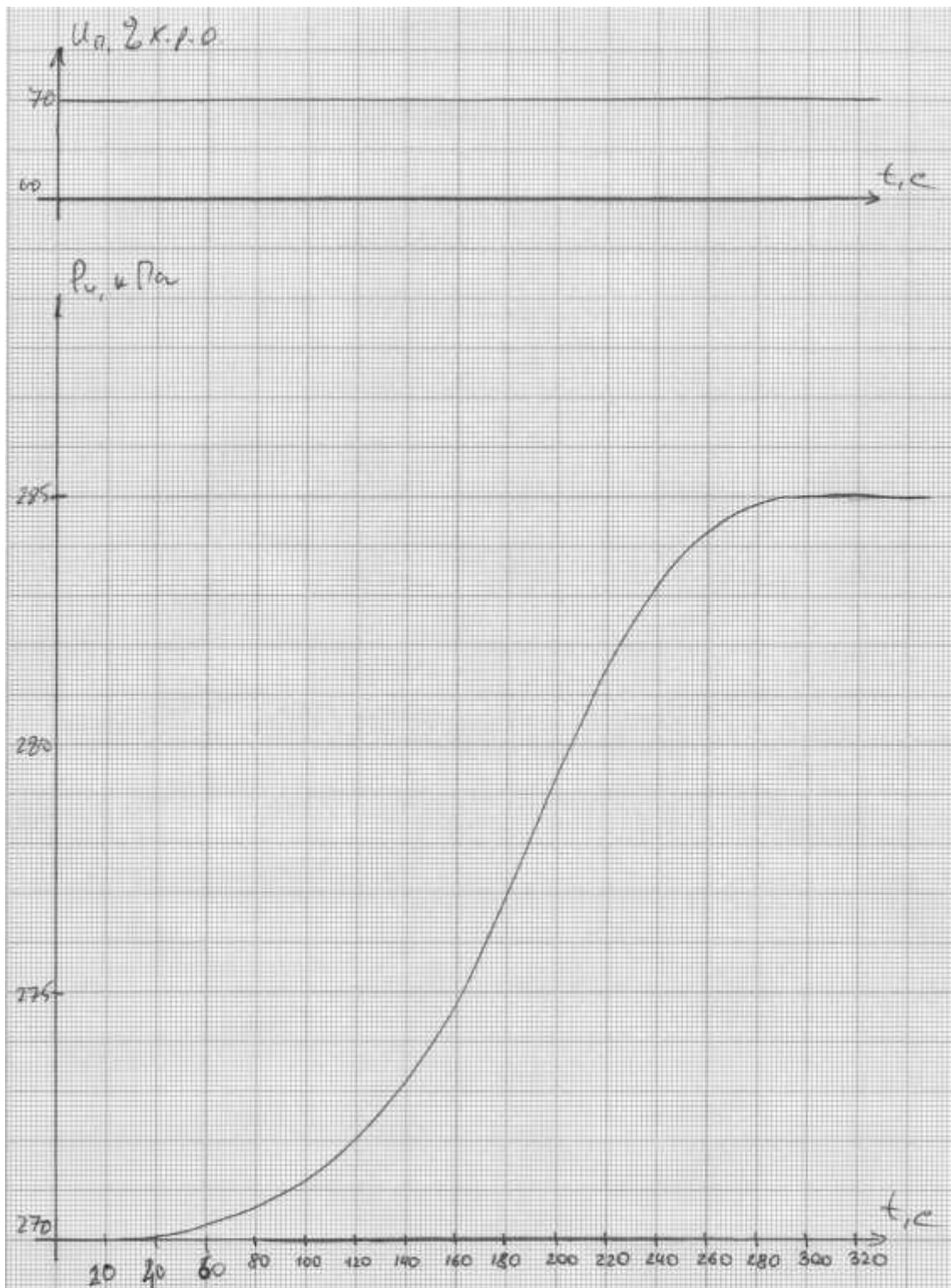


Рис.2.5 – Результат активного експерименту за каналом U_n - P_4

За результатами активного експерименту (рис. 2.2 – 2.5) можна зробити висновок, що усі канали ОК мають властивість самовирівнювання, а значить їх модель може бути описана передаточними функціями: першого та другого порядку:

$$W_0(p) = \frac{K_0 \cdot e^{-\tau_0 p}}{T_0 p + 1}; \quad W_0(p) = \frac{K_0 \cdot e^{-\tau_0 p}}{(T_0 p + 1)^2}.$$

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

Проводимо параметричну ідентифікацію моделі ОК за каналом "U₁ – P₄" (рис. 2.6).

Коефіцієнт передачі ОК визначають за формулою:

$$K_0 = \frac{\Delta P_4}{\Delta U_1} = \frac{250 - 270}{70 - 60} = -2 \text{ кПа} / \% \text{х.р.о.}$$

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

$$\Delta P_{4,1,0} = 270 - 250 = 20 \text{ кПа};$$

$$\Delta P_{4,0,33} = 270 - 0,33 \cdot 20 = 263,4 \text{ кПа};$$

$$\Delta P_{4,0,7} = 270 - 0,7 \cdot 20 = 256 \text{ кПа};$$

Проводимо графічні побудови (див. рис. 2.6), знаходимо $t_{0,33}$ і $t_{0,7}$.

$$t_{0,33} = 26 \text{с}; \quad t_{0,7} = 34 \text{с}.$$

Тоді

$$\tau_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,33} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 26 - 34) = 22 \text{с}$$

$$T_0 = (t_{0,7} - \tau_0) / 1,2 = (34 - 22) / 1,2 = 10 \text{с}$$

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

$$W_0(p) = \frac{-2 \cdot e^{-22p}}{10p + 1}$$

Для моделі 2-го порядку

$$\Delta P_{4,0,19} = 100 - 0,19 \cdot 20 = 96,2 \text{ кПа};$$

Проводимо графічні побудови (див. рис. 2.5), знаходимо $t_{0,19}$

$$t_{0,19} = 21,5 \text{с}.$$

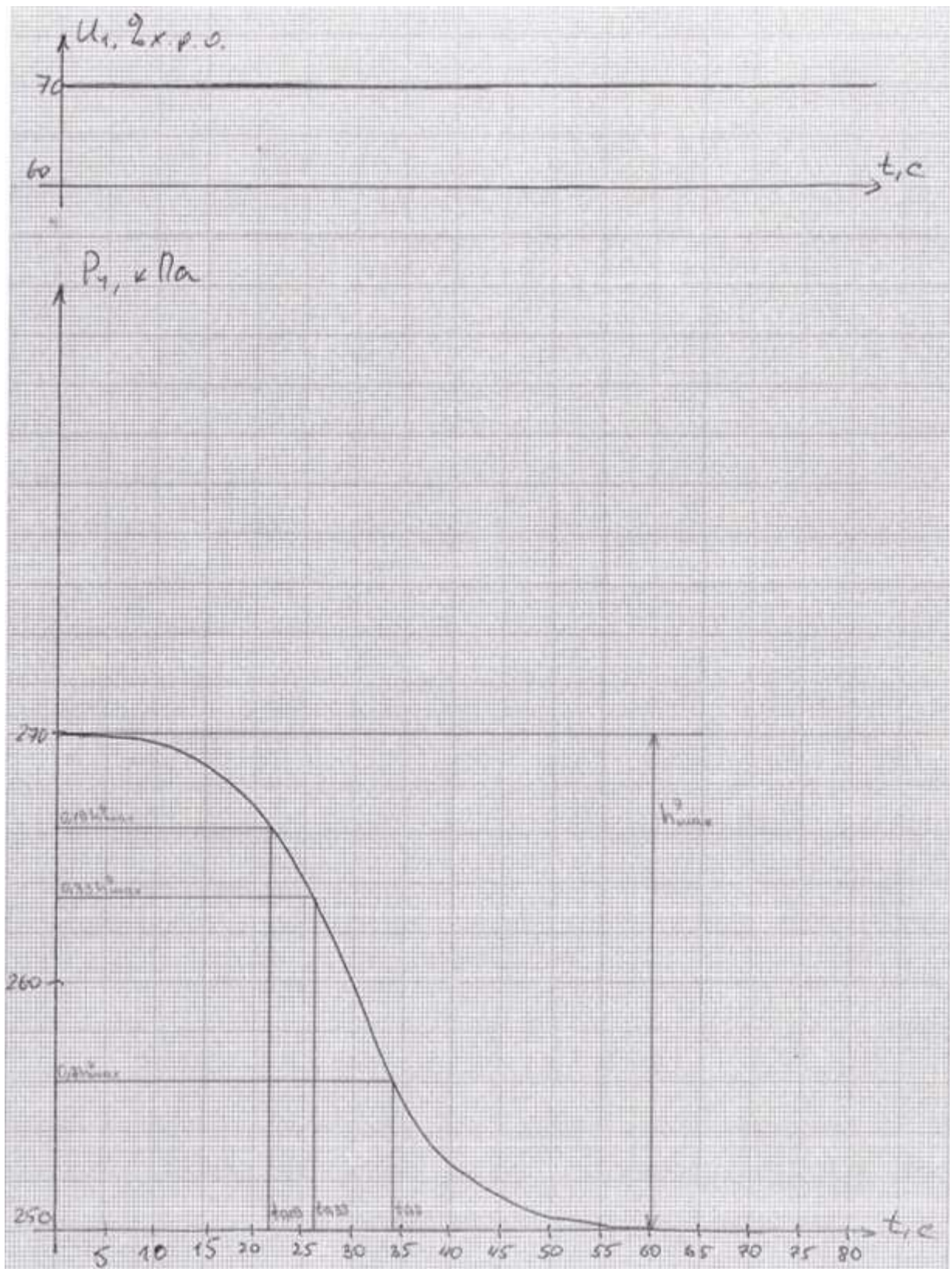


Рис. 2.6 – Параметрична ідентифікація моделі ОК за каналом "U₁ – P₄"

Тоді

$$\tau_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,19} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 21,5 - 34) = 15,25c$$

$$T_0 = (t_{0,7} - \tau_0) / 2,4 = (34 - 15,25) / 2,4 = 7,8c$$

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

$$W_0(p) = \frac{-2 \cdot e^{-15,25p}}{(7,8p + 1)^2}$$

Проводимо параметричну ідентифікацію моделі ОК за каналом "U_П – L_К" (рис. 2.7).

Коефіцієнт передачі ОК визначають за формулою:

$$K_0 = \frac{\Delta L_k}{\Delta U_n} = \frac{45 - 40}{70 - 60} = 0,5 \text{ см} / \%x.p.o.$$

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

$$\Delta L_{k1,0} = 45 - 40 = 5 \text{ см};$$

$$\Delta L_{k0,33} = 0,33 \cdot 5 + 40 = 41,65 \text{ см};$$

$$\Delta L_{k0,7} = 0,7 \cdot 5 + 40 = 43,5 \text{ см};$$

Проводимо графічні побудови (див. рис. 2.7), знаходимо $t_{0,33}$ і $t_{0,7}$.

$$t_{0,33} = 143c; t_{0,7} = 206c.$$

Тоді

$$\tau_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,33} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 143 - 206) = 111,5c$$

$$T_0 = (t_{0,7} - \tau_0) / 1,2 = (206 - 111,5) / 1,2 = 78,75c$$

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

$$W_0(p) = \frac{0,5 \cdot e^{-111,5p}}{78,75p + 1}$$

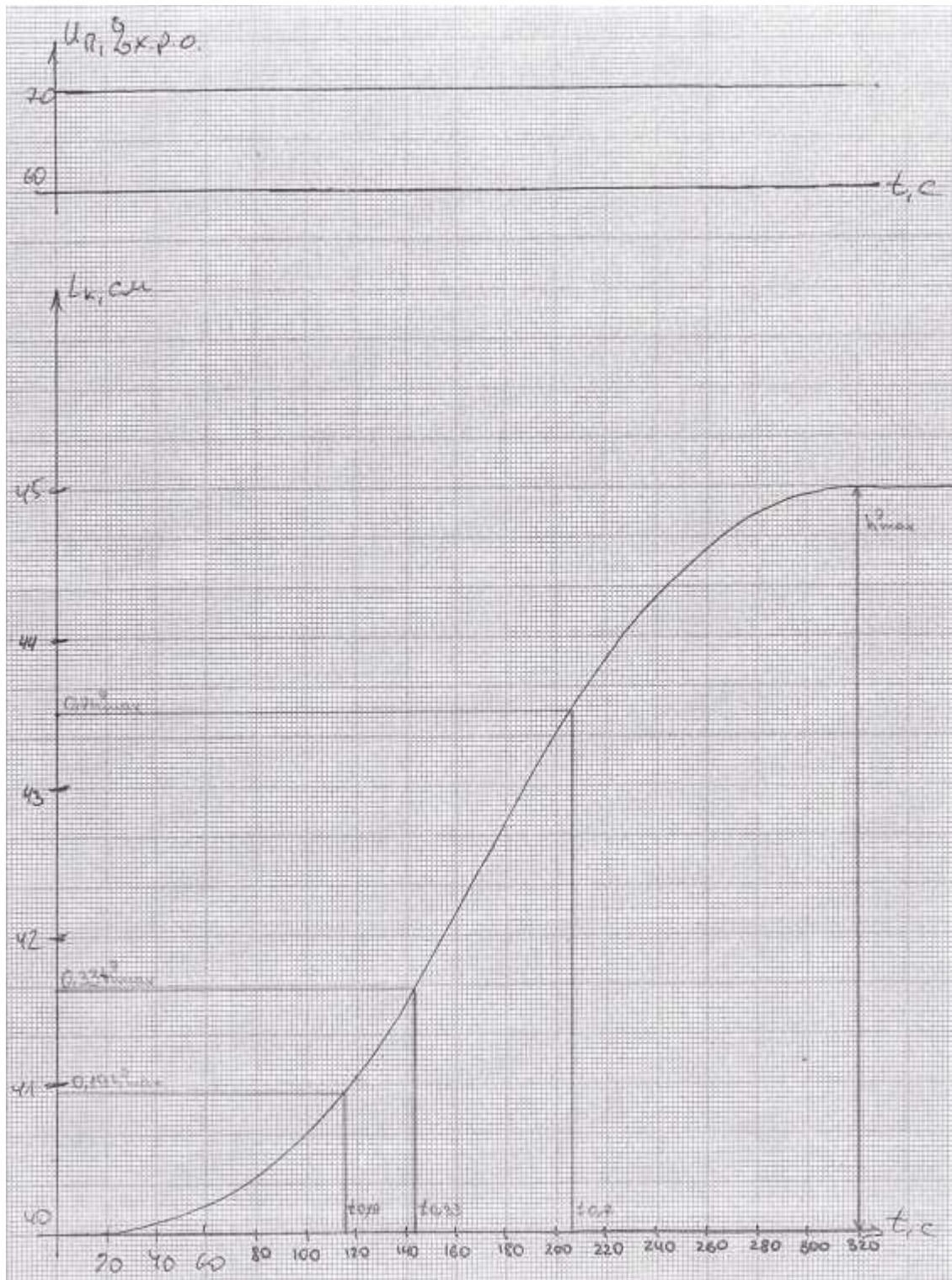


Рис. 2.7 – Параметрична ідентифікація моделі ОК за каналом "U_π – L_κ"

Для моделі 2-го порядку

$$\Delta L_{\kappa 0,19} = 40 - 0,19 \cdot 2 = 25,62 \text{ см};$$

Проводимо графічні побудови, знаходимо $t_{0,19}$.

$$t_{0,19} = 115 \text{ с.}$$

Тоді

$$\tau_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,19} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 115 - 206) = 69,5c$$

$$T_0 = (t_{0,7} - \tau_0) / 2,4 = (206 - 69,5) / 2,4 = 56,9c$$

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

$$W_0(p) = \frac{0,5 \cdot e^{-69,5p}}{(56,9p + 1)^2}$$

Проводимо параметричну ідентифікацію моделі ОК за каналом "U₁ – L_к"

Коефіцієнт передачі ОК визначають за формулою:

$$K_0 = \frac{\Delta L_K}{\Delta U_1} = \frac{38 - 40}{70 - 60} = -0,2 \text{ см} / \%x.p.o.$$

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

$$\Delta L_{K1,0} = 40 - 38 = 2 \text{ см};$$

$$\Delta L_{K0,33} = 40 - 0,33 \cdot 2 = 39,34 \text{ см};$$

$$\Delta L_{K0,7} = 40 - 0,7 \cdot 2 = 38,6 \text{ см};$$

Проводимо графічні побудови (див. рис. 2.8), знаходимо $t_{0,33}$ і $t_{0,7}$.

$$t_{0,33} = 129c; t_{0,7} = 168c.$$

Тоді

$$\tau_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,33} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 129 - 168) = 109,5c$$

$$T_0 = (t_{0,7} - \tau_0) / 1,2 = (168 - 109,5) / 1,2 = 48,75c$$

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

$$W_0(p) = \frac{-0,2 \cdot e^{-109,5p}}{48,75p + 1}$$

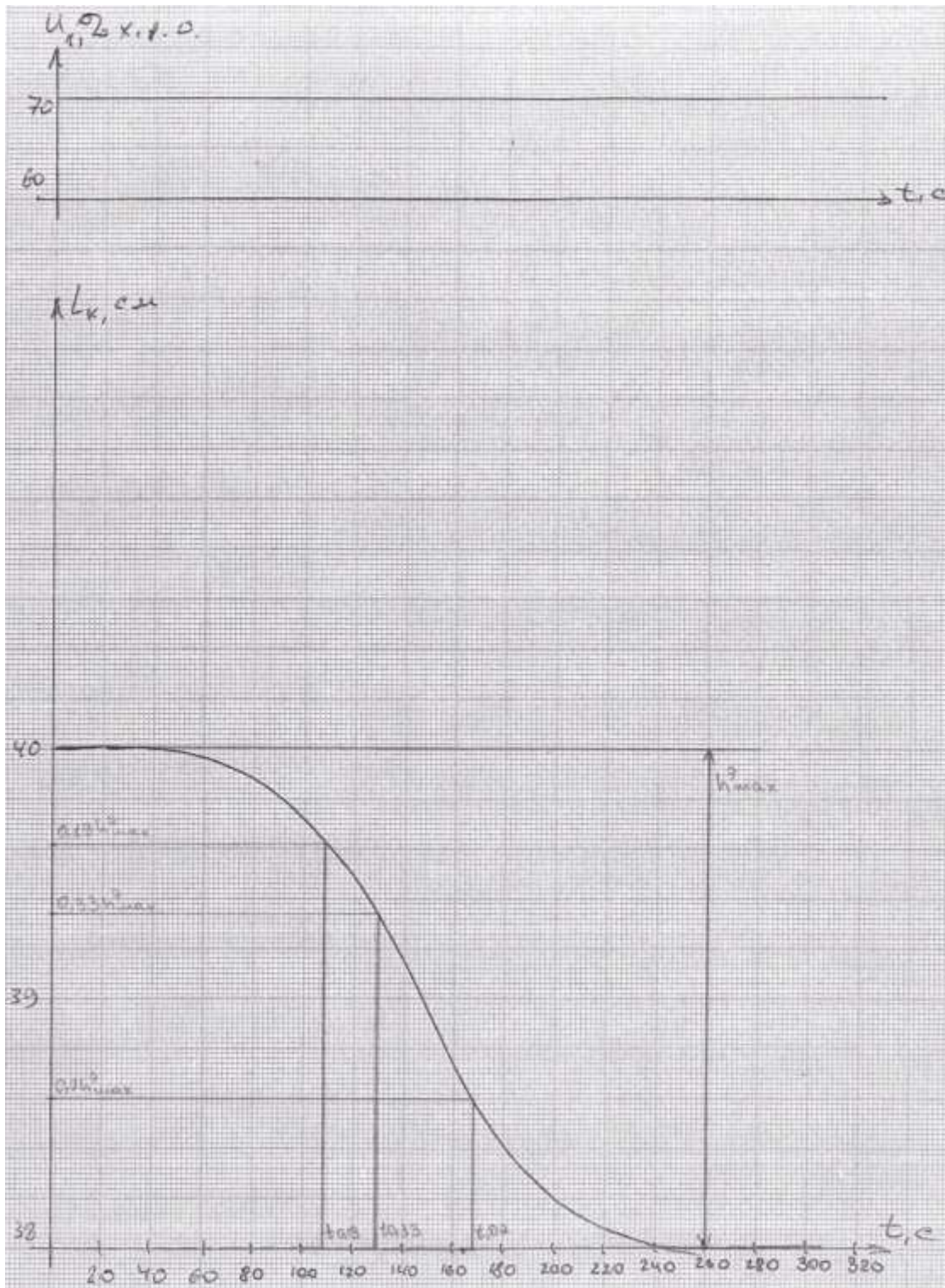


Рис. 2.8 – Параметрична ідентифікація моделі ОК за каналом "U₁ – L_к"

Для моделі 2-го порядку

$$\Delta L_{K0,19} = 40 - 0,19 \cdot 2 = 39,62 \text{ см};$$

Проводимо графічні побудови, знаходимо $t_{0,19}$.

$$t_{0,19} = 108 \text{ с.}$$

Тоді

$$\tau_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,19} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 108 - 168) = 78c$$

$$T_0 = (t_{0,7} - \tau_0) / 2,4 = (168 - 78) / 2,4 = 37,5c$$

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

$$W_0(p) = \frac{-0,2 \cdot e^{-78p}}{(37,5p + 1)^2}$$

Проводимо параметричну ідентифікацію моделі ОК за каналом "U_П – P₄"

Коефіцієнт передачі ОК визначають за формулою:

$$K_0 = \frac{\Delta P_4}{\Delta U_n} = \frac{285 - 270}{70 - 60} = 1,5 \text{ кПа} / \%x.p.o.$$

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

$$\Delta P_{4\ 1,0} = 285 - 270 = 15 \text{ кПа};$$

$$\Delta P_{4\ 0,33} = 0,33 \cdot 15 + 270 = 274,95 \text{ кПа};$$

$$\Delta P_{4\ 0,7} = 0,7 \cdot 15 + 270 = 280,5 \text{ кПа};$$

Проводимо графічні побудови (див. рис. 2.9), знаходимо $t_{0,33}$ і $t_{0,7}$.

$$t_{0,33} = 162c; t_{0,7} = 210c.$$

Тоді

$$\tau_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,33} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 162 - 210) = 138c$$

$$T_0 = (t_{0,7} - \tau_0) / 1,2 = (210 - 138) / 1,2 = 60c$$

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

$$W_0(p) = \frac{1,5 \cdot e^{-138p}}{60p + 1}$$

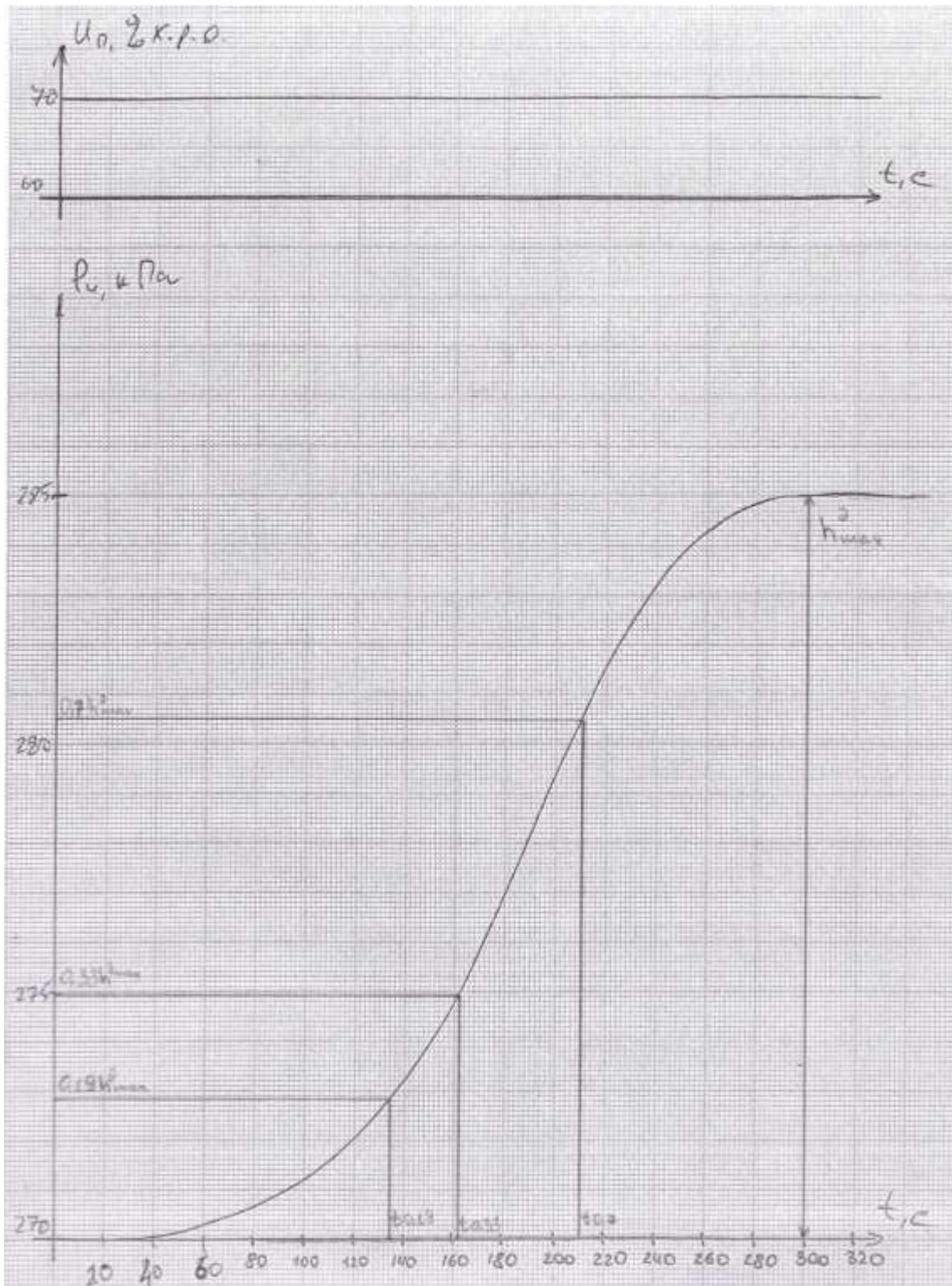


Рис. 2.9 – Параметрична ідентифікація моделі ОК за каналом "U_П – P₄"

Для моделі 2-го порядку

$$\Delta P_{4,0,19} = 0,19 \cdot 15 + 270 = 272,55 \text{ кПа};$$

Проводимо графічні побудови, знаходимо $t_{0,19}$.

$$t_{0,19} = 134 \text{ с.}$$

Тоді

$$\tau_0 = 0,5 \cdot (3 \cdot t_{0,19} - t_{0,7}) = 0,5 \cdot (3 \cdot 134 - 210) = 96c$$

$$T_0 = (t_{0,7} - \tau_0) / 2,4 = (210 - 96) / 2,4 = 47,5c$$

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

$$W_0(p) = \frac{1,5 \cdot e^{-96p}}{(47,5p + 1)^2}$$

Статичні властивості ОУ описуються статичними характеристиками (моделями) каналів. Вони відбивають взаємозв'язок між вхідними і вихідними координатами (перемінними) каналів ОУ в статично сталих режимах, тобто після закінчення всіх перехідних процесів цих змінних.

Експерименти для отримання математичних моделей статички можуть бути отримані в результаті активного експерименту.

Суть планування експерименту для отримання моделей статички каналів ОК 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

випадкові 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. 2.10 – 2.13.

Табл. 2.1 – Результати експерименту для визначення статичних характеристик ОК

№ експерименту	U ₁ , %х.р.о.	U _{II} , %х.р.о.	P ₄ , кПа	L _к , см
1	60	60	270	40
2	40	60	310	44
3	50	60	290	42
4	70	60	250	38
5	80	60	230	36
6	60	40	240	30
7	60	50	255	35
8	60	60	270	40
9	60	70	285	45
10	60	80	300	50

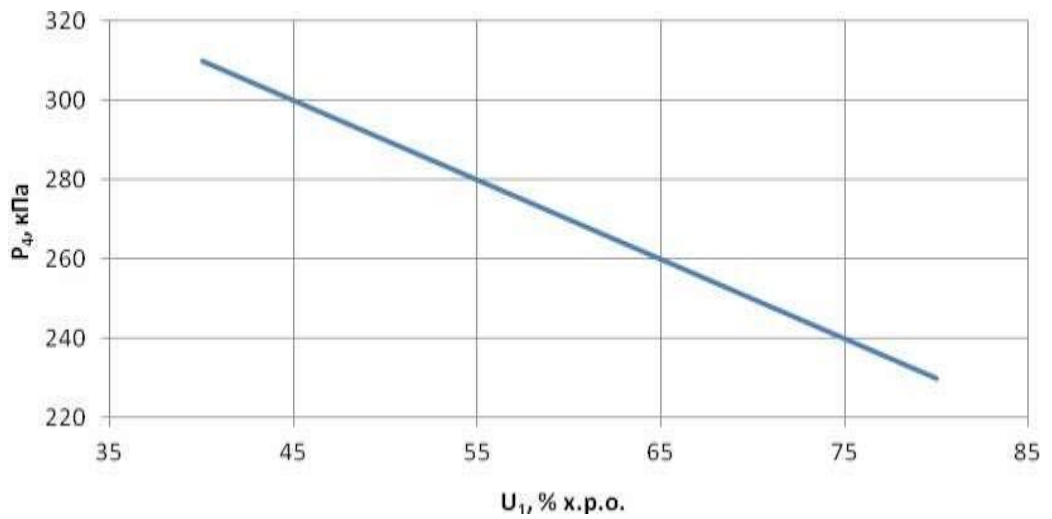


Рис. 2.10 – Статична характеристики ОК, канал "U₁ – P₄"

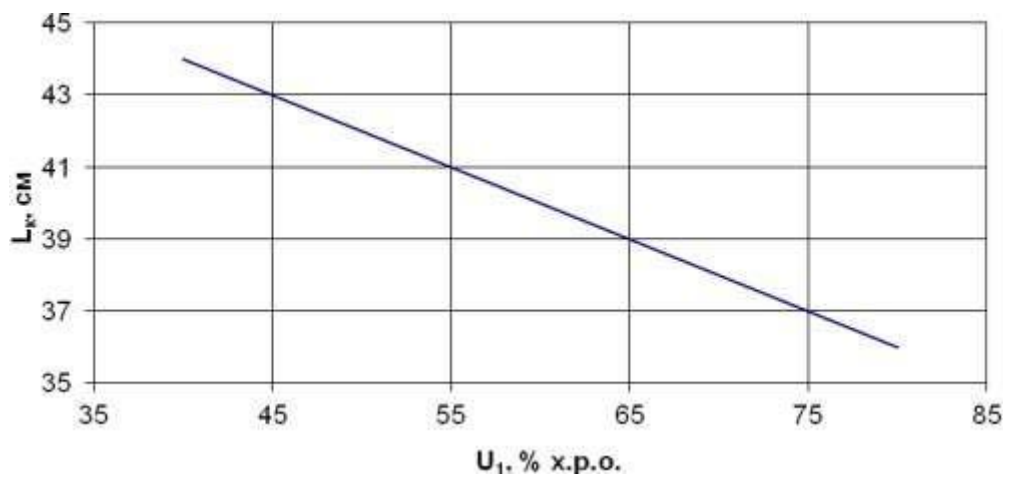


Рис. 2.11 – Статична характеристики ОК, канал "U₁ – L_к"

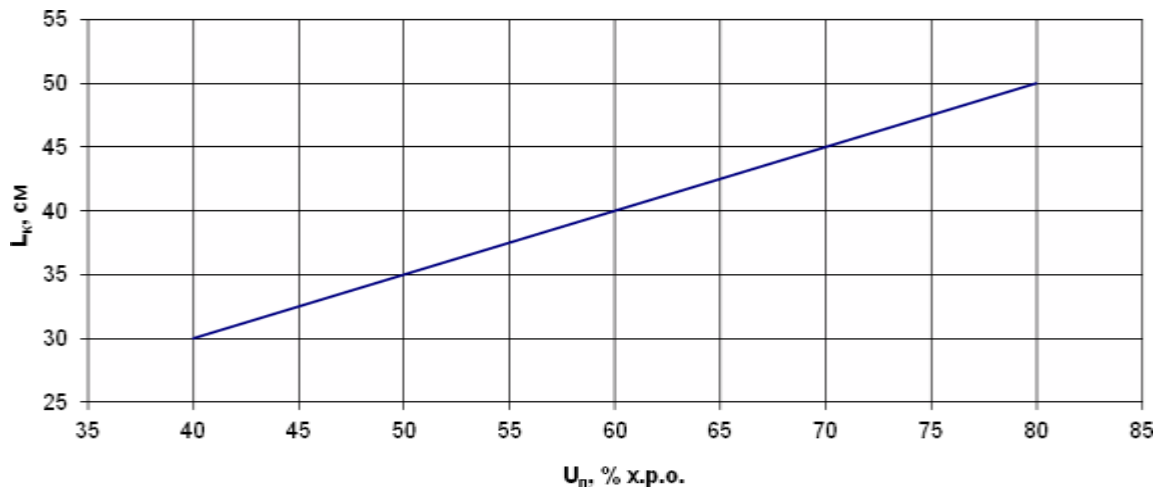


Рис. 2.12 – Статична характеристики ОК, канал "U_П – L_К"

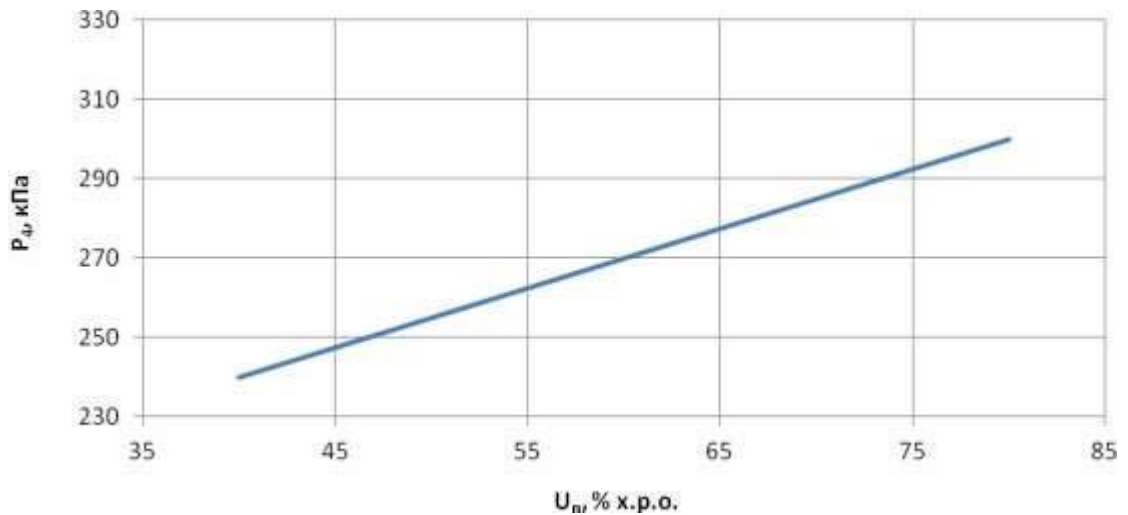


Рис. 2.13 – Статична характеристики ОК, канал "U_П – P₄"

Для досліджуваного ОК, як видно з рис. 2.10 – 2.13, статична характеристика може бути описана лінійною залежністю виду:

$$P_4 = a_1 \cdot U_1 + a_2 \cdot U_2 + a_0$$

$$L_К = b_1 \cdot U_1 + b_2 \cdot U_2 + b_0$$

Параметри a_1 , a_2 , b_1 , b_2 були нами визначені в процесі ідентифікації моделей динаміки каналів ОК.

$$a_1 = -2 \text{ кПа/\%х.р.о.}, a_2 = 1,5 \text{ кПа/\%х.р.о.}$$

$$b_1 = 0,5 \text{ см/\%х.р.о.}, a b_2 = -0,2 \text{ см/\%х.р.о.}$$

Параметри a_0 і b_0 можна визначити наступним чином:

$$a_0 = P_4 - a_1 \cdot U_1 - a_2 \cdot u_2 = 270 + 2 \cdot 60 - 1,5 \cdot 60 = 270 + 120 - 90 = 300 \text{ кПа}$$

$$b_0 = L_k - b_1 \cdot U_1 - b_2 \cdot U_2 = 40 - 0,5 \cdot 60 + 0,2 \cdot 60 = 22 \text{ см}$$

Отже, статична характеристика досліджуваного ОК буде описана залежністю:

$$P_4 = -2 \cdot U_1 + 1,5 \cdot U_2 + 300$$

$$L_k = 0,5 \cdot U_1 - 0,2 \cdot U_2 + 22$$

2.3 Ідентифікація моделей вхідних дій об'єкту керування

Вхідними діями на досліджуваній ОК є неконтрольовані збурення. Слід зазначити, що неконтрольовані збурення на ОК не є чітко певними фізичними параметрами. Вони є певною математичною абстракцією, про яку відомою є лише реакція системи на них. Діапазон їх зміни доцільно прив'язувати до фізичного діапазону зміни управляючих дій.

Моделі неконтрольованих збурень доцільно представляти як суму чотирьох складових. Причому, детерміновану складову (f_{HD}) доцільно привести до управляючої дії, а квазидетерміновану та стохастичну складові (f_{HC}) доцільно привести до регульованої координати (рис. 2.14).

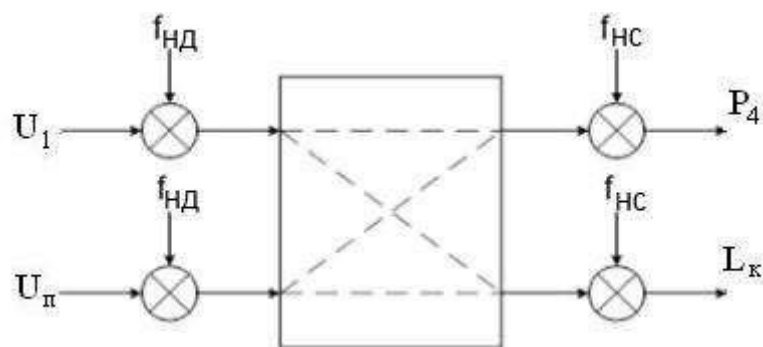


Рис. 2.14 Структурна схема додання координатних збурень

Ідентифікацію моделей збурень проводять за результатами пасивного експерименту.

Якщо можливості отримати реальні експериментальні дані немає, то з

навчальною метою можна скористатися генератором даних. Для генерації результатів пасивного експерименту з метою дослідження неконтрольованих збурень треба бути готовими до відповіді на наступні питання.

1. Яким є мінімальне і задане значення регульованої координати?

Для досліджуваного ОК:

$$P_4^{\text{МІН}} = 200 \text{ кПа}; P_4^{\text{ЗД}} = 270 \text{ кПа.}$$

$$L_{\text{к}}^{\text{МІН}} = 20 \text{ см}; L_{\text{к}}^{\text{ЗД}} = 40 \text{ см.}$$

2. Яким є час запізнення для моделі 1-го порядку за прямими каналами?

Для досліджуваного ОК:

$$\text{канал "U}_1 - P_4\text{": } \tau_0 = 22\text{с};$$

$$\text{канал "U}_{\text{П}} - L_{\text{к}}\text{": } \tau_0 = 115,5\text{с.}$$

Результати генерації випадкових процесів, що відповідають реакції ОК на неконтрольовані збурення, наведені на рис. 2.15 та 2.16.

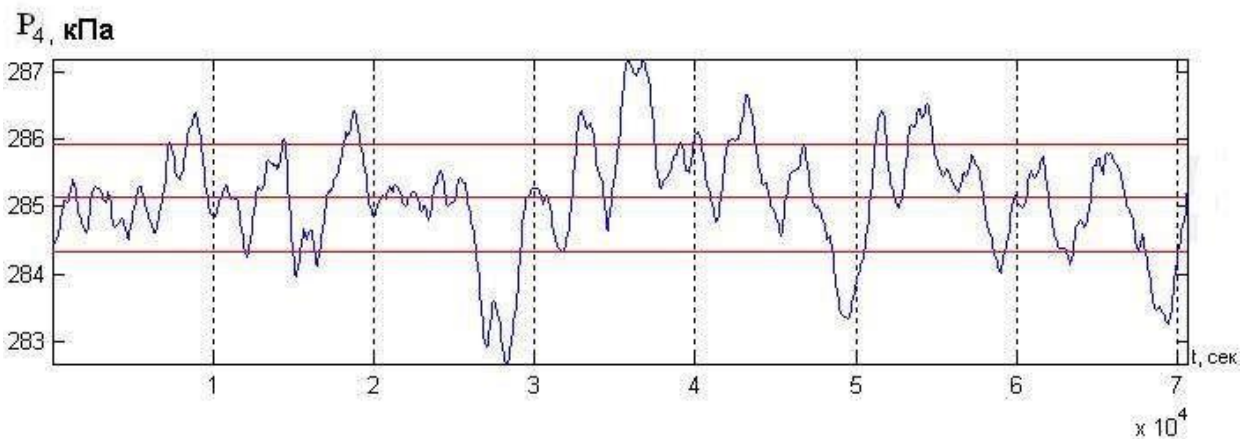


Рис. 2.15 – Результати генерації випадкових процесів за P_4

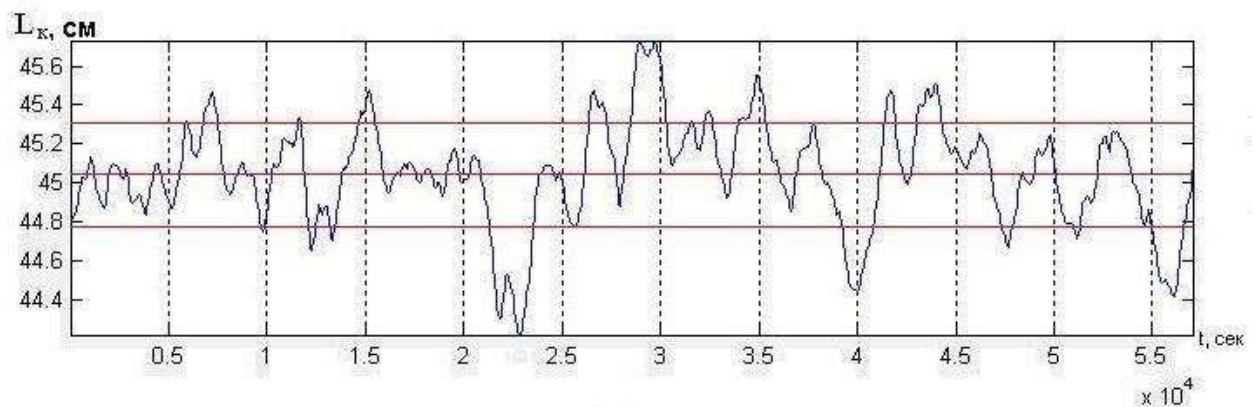


Рис. 2.16 – Результати генерації випадкових процесів за $L_{\text{к}}$

Для ідентифікації моделей неконтрольованих координатних збурень можна використовувати програму IdSoft середовища Матлаб.

Першим етапом ідентифікації моделі збурень є оцінювання імовірнісних характеристик відповідних випадкових процесів, а саме щільності імовірності, математичного очікування, дисперсії, середньоквадратичного відхилення, середньоквадратичного періоду (СКП), кількості СКП у реалізації випадкового процесу, нормованої кореляційної функції і спектральної щільності випадкового процесу.

Результати оцінювання імовірнісних характеристик випадкового процесу, що відповідає неконтрольованим збуренням, наведені на рис. 2.17 та 2.18.

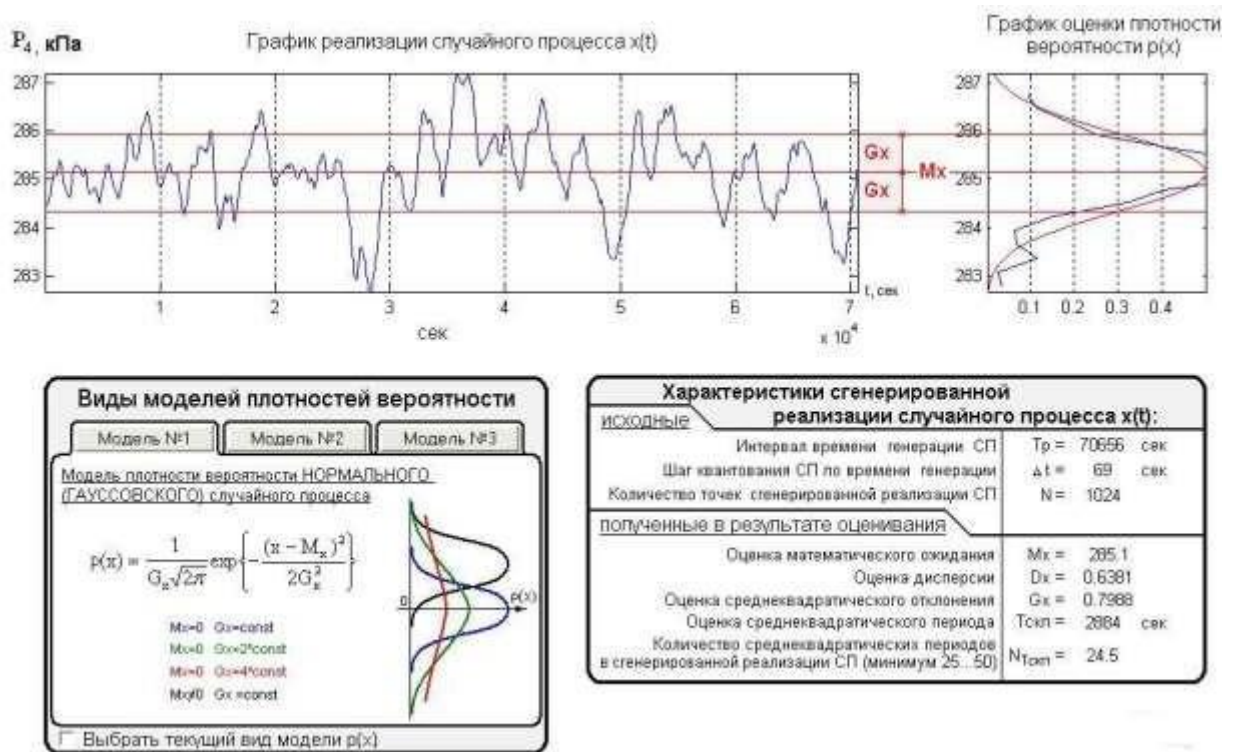


Рис. 2.17 – Результати оцінювання імовірнісних характеристик випадкового процесу за каналом P_4

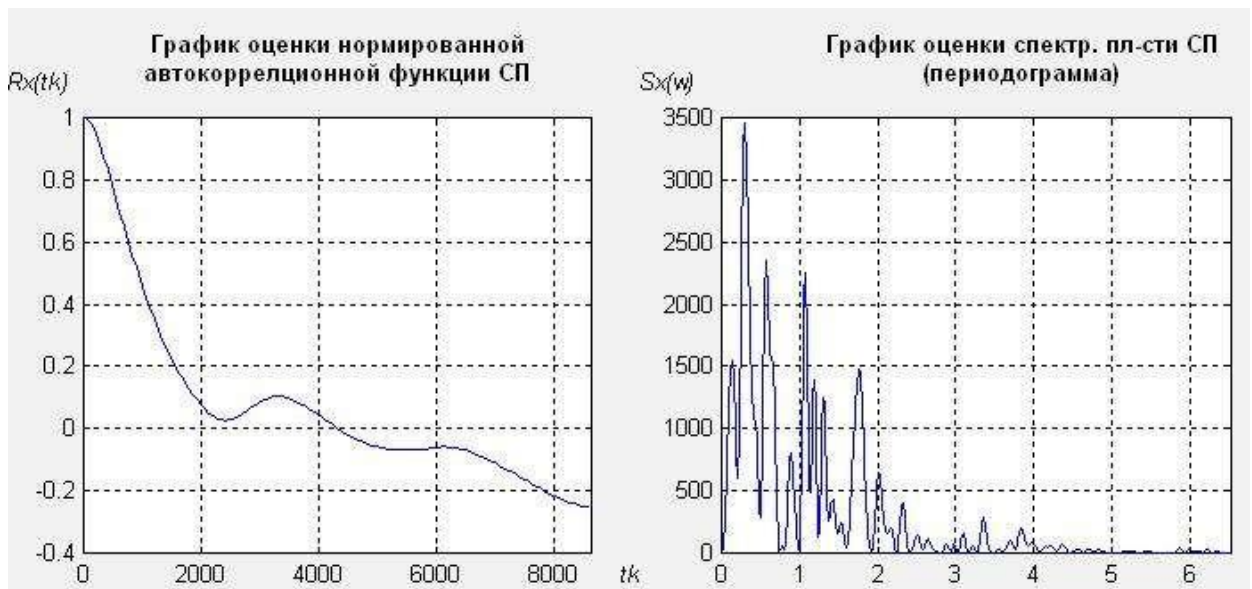


Рис. 2.17 (закінчення) – Результати оцінювання імовірнісних характеристик випадкового процесу за каналом Р₄

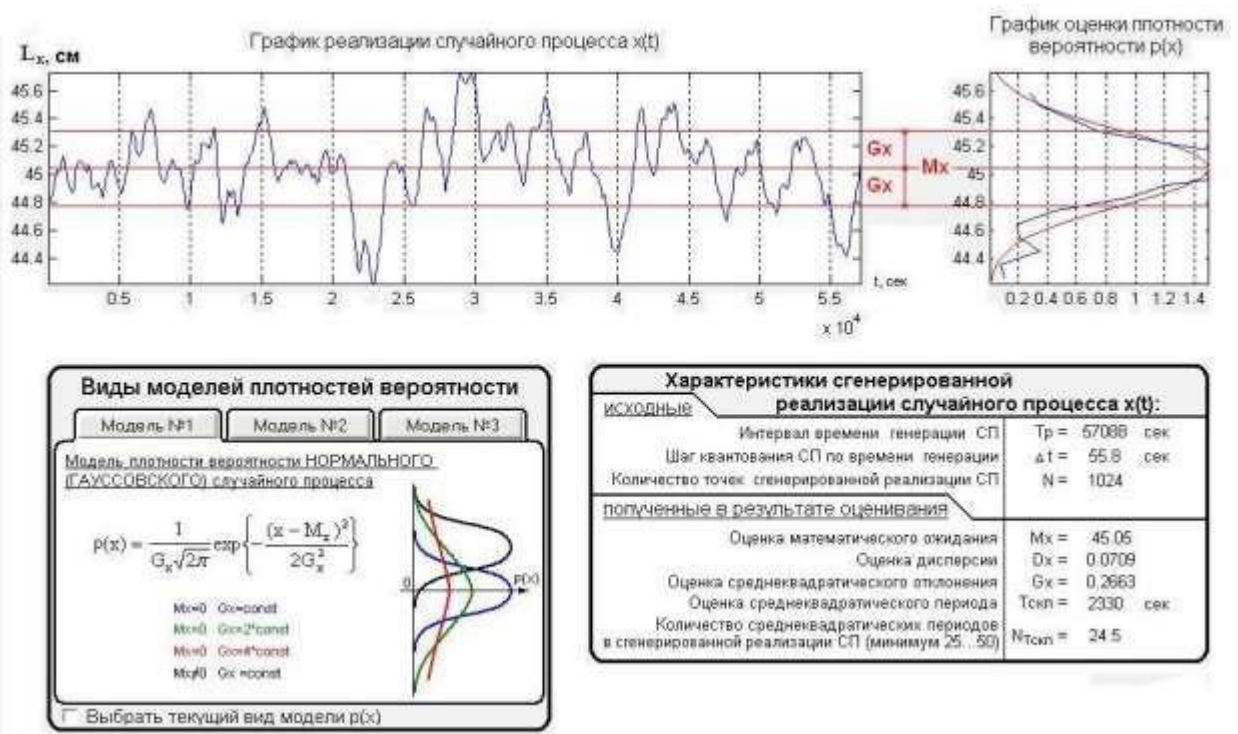


Рис. 2.18 – Результати оцінювання імовірнісних характеристик випадкового процесу за каналом L_K

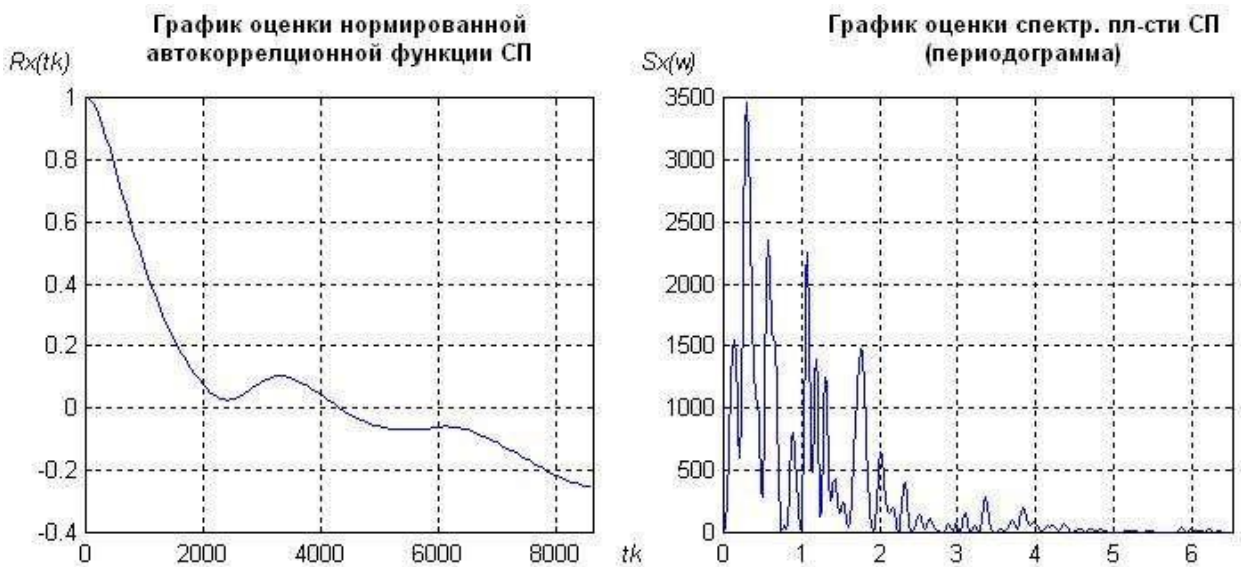


Рис. 2.18 (закінчення) – Результати оцінювання імовірнісних характеристик випадкового процесу за каналом L_K

За результатами оцінювання щільності імовірності випадкового процесу обирається його модель. В якості моделі обираємо нормальний випадковий процес

$$p(f) = \frac{1}{\sigma_f \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(f-m_f)^2}{2\sigma_f^2}}$$

За результатами оцінювання нормованих кореляційних функцій з набору типових вибираємо два варіанти моделей кореляційних функцій і спектральних щільностей:

Модель №5

$$R_f(\tau_K) = D_f \cdot e^{-\alpha|\tau_K|} \cdot \cos(\beta \cdot |\tau_K|)$$

$$S_f(\omega) = \frac{D_f \cdot 2\alpha \cdot (\omega^2 + \alpha^2 + \beta^2)}{(\omega^2 - \alpha^2 - \beta^2)^2 + 4\alpha^2\omega^2}$$

Модель №6

$$R_f(\tau_K) = D_f \cdot e^{-\alpha|\tau_K|} \cdot \left(\cos(\beta \cdot |\tau_K|) + \frac{\alpha}{\beta} \cdot \sin(\beta \cdot |\tau_K|) \right)$$

$$S_f(\omega) = \frac{D_f \cdot 4\alpha \cdot (\alpha^2 + \beta^2)}{(\omega^2 - \alpha^2 - \beta^2)^2 + 4\alpha^2\omega^2}$$

Параметрами моделей випадкових складових збурень є коефіцієнт спаду α і коефіцієнт коливальності β . Пошук значень цих параметрів і називають параметричною ідентифікацією моделі стохастичної складової збурень. Вона ведеться, як правило, у два етапи: 1) вибір початкових наближень параметрів; 2) пошук значень параметрів, які забезпечують найкраще наближення моделі до її оцінки.

При виборі початкових наближень параметрів можна користуватися рекомендаціями, які викладені в програмі. При параметричній оптимізації моделі використовується пошукова процедурами, що використовує квадратичний критерій. При цьому вирішується задача

$$\hat{a}^* = \arg \min_{a} \left[\left(\hat{R}_f(\tau_k) - R_f^M(\tau_k) \right)^2 \right], \quad a = \{\alpha, \beta\}.$$

Підсумкові результати параметричної ідентифікації за каналом P_4 наведені на рис. 2.19. Підсумкові результати параметричної ідентифікації за каналом L_K наведені на рис. 2.20.



Рис. 2.19 – Підсумкові результати ідентифікації моделі неконтрольованих збурень за каналом P_4

Таблица результатов идентификации						
Номер модели	α	β	A	C	γ	Значение критерия оптимизации
✓ 5	0.0007522	0.00053927	-	-	-	3.6153
✓ 6	0.002111	0.00081342	-	-	-	3.531

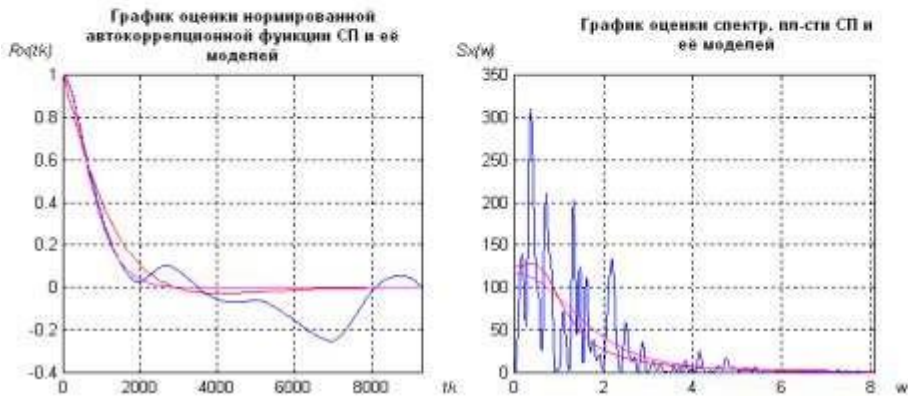


Рис. 2.20 – Підсумкові результати ідентифікації моделі неконтрольованих збурень за каналом L_K

Як видно з результатів ідентифікації моделей неконтрольованих збурень (рис. 2.19, 2.20), кращими є моделі №6, тому що для них меншими є середньоквадратичні відхилення моделей від оцінок кореляційних функцій.

Для досліджуваного ОК в якості моделі детермінованої складової неконтрольованих збурень приймемо ступінчасту вхідну дію величиною 10%х.р.о.

2.4 Реалізації моделей у середовищі імітаційного моделювання і підтвердження їх відповідності експериментальним даним

На цьому етапі роботи в пакеті Simulink середовища Матлаб для всіх каналів ОК розробляється схема моделювання як для моделі 1-го, так і для моделі 2-го порядку.

Для каналу « U_1-P_4 » передаточні функції моделей 1-го та 2-го порядку ОК мають вигляд:

$$W_0(p) = \frac{-2 \cdot e^{-22p}}{10p + 1} \quad W_0(p) = \frac{-2 \cdot e^{-15,25p}}{(7,8p + 1)^2}$$

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 ОК експериментальні дані зведено в таблицю 2.2. Схема моделювання каналу управління ОК наведена на рис. 2.21 Результати моделювання наведені на рис. 2.22.

Табл. 2.2

Експериментальні дані (канал «U₁-P₄»)

t, сек	P ₄ , кПа	t, сек	P ₄ , кПа	t, сек	P ₄ , кПа	t, сек	P ₄ , кПа
0	270	20	267	40	252.6	60	250
5	269.99	25	264	45	251.2	65	250
10	269.804	30	259.6	50	250.3	—	—
15	268.8	35	255	55	250.2	—	—

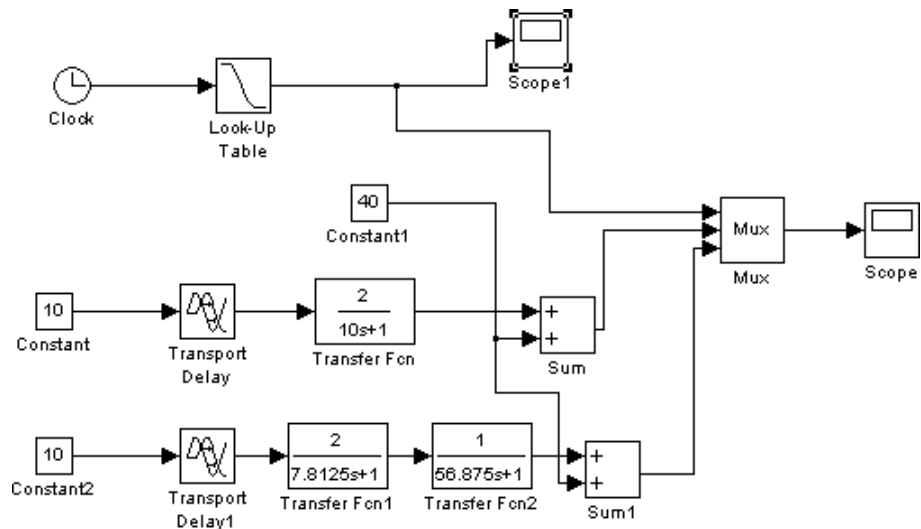


Рис. 2.21 – Схема моделювання каналу управління ОК (канал «U₁-P₄»)

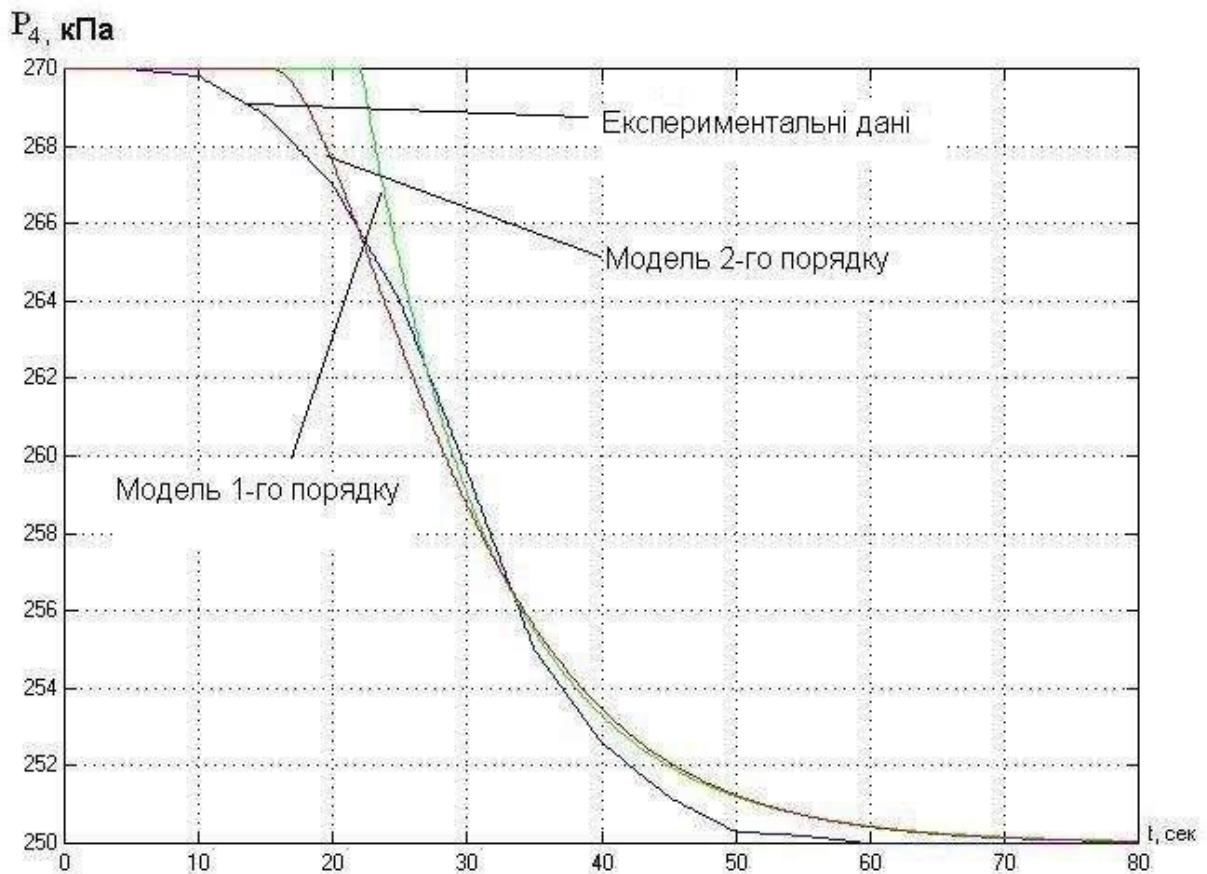


Рис. 2.22 – Результати моделювання ОК по каналу «U₁-P₄»

Для каналу «U_п-L_к» передаточні функції моделей 1-го та 2-го порядку ОК мають вигляд:

$$W_0(p) = \frac{0,5 \cdot e^{-115,5p}}{78,75p + 1} \quad W_0(p) = \frac{0,5 \cdot e^{-69,5p}}{(56,9p + 1)^2}$$

Експериментальні дані за каналом «U_п-L_к» зведено в таблицю 2.3, схема моделювання наведена на рис. 2.23, а результати моделювання – на рис. 2.24.

Табл. 2.3 – Експериментальні дані (канал «U_п-L_к»)

t, сек	L _к , см	t, сек	L _к , см	t, сек	L _к , см	t, сек	L _к , см	t, сек	L _к , см
0	40	80	40.36	160	42.13	240	44.26	320	45
20	40	100	40.6	180	42.73	260	44.58	-	-
40	40.075	120	41.03	200	43.36	280	44.81	-	-
60	40.2	140	41.53	220	43.83	300	44.95	-	-

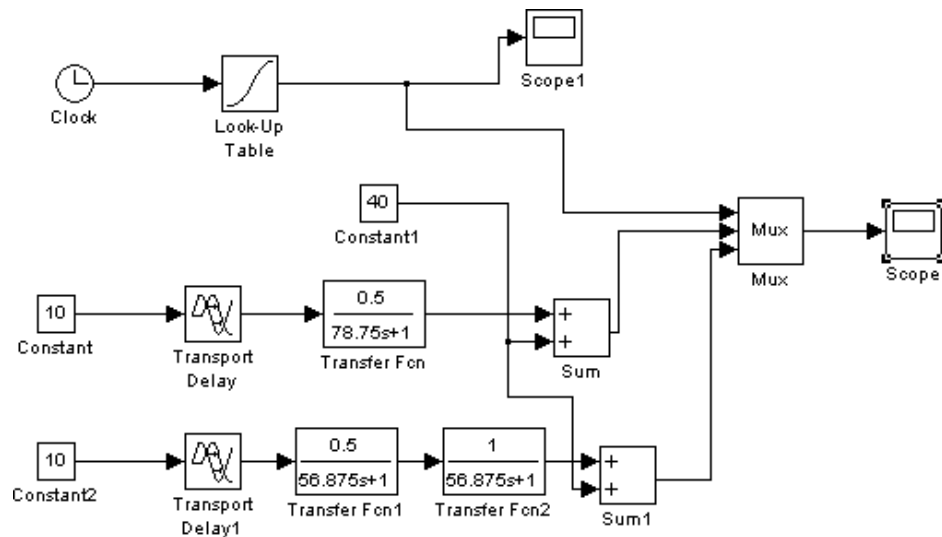


Рис. 2.23 – Схема моделювання каналу управління ОК (канал «U_п-L_к»)

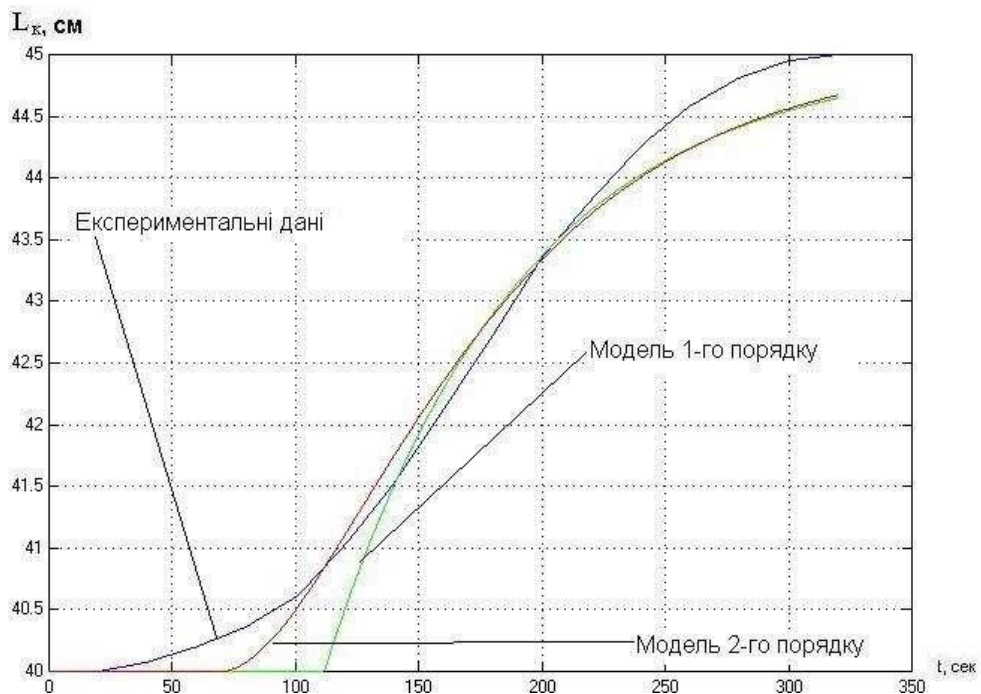


Рис. 2.24 – Результати моделювання ОК за каналом «U_п – L_к»

Для каналу «U_п-L_к» передаточні функції моделей 1-го та 2-го порядку ОК мають вигляд:

$$W_0(p) = \frac{-0,2 \cdot e^{-109,5p}}{48,75p + 1} \quad W_0(p) = \frac{-0,2 \cdot e^{-78p}}{(37,5p + 1)^2}$$

Експериментальні дані за каналом «U_п-L_к» зведено в таблицю 2.4, схема моделювання каналу наведена на рис. 2.25 а результати моделювання – на рис. 2.26.

Табл. 2.4 – Експериментальні дані (канал «U₁-L_K»)

t, сек	L _K , см	t, сек	L _K , см	t, сек	L _K , см	t, сек	L _K , см
0	40	80	39.88	160	38.74	240	38
20	40	100	39.72	180	38.42	260	38
40	39.98	120	39.5	200	38.2	–	–
60	39.97	140	39.16	220	38.08	–	–

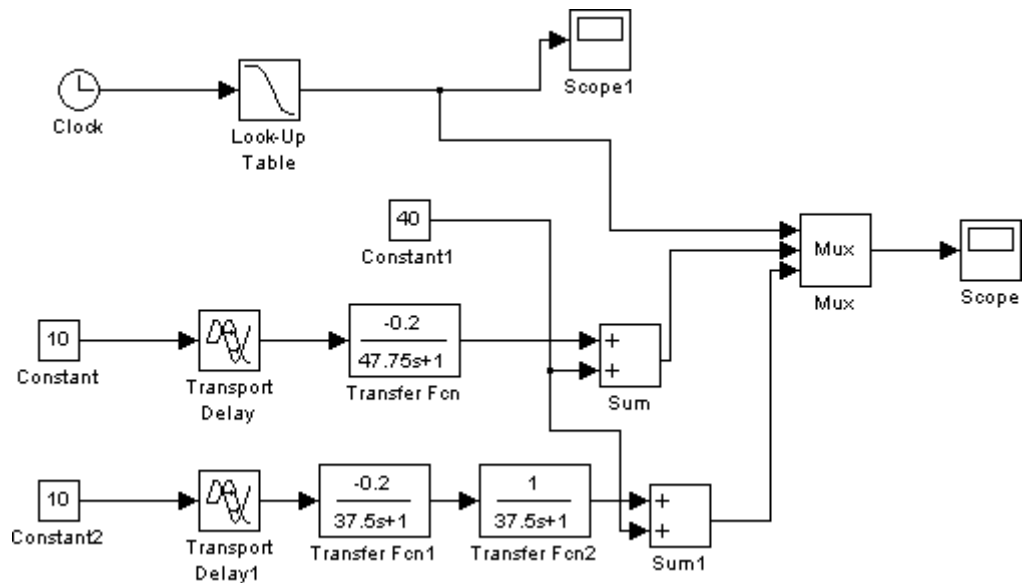


Рис. 2.25 – Схема моделювання каналу управління ОК (канал «U₁-L_K»)

Для каналу «U_п-P₄» передаточні функції моделей 1-го та 2-го порядку ОК мають вигляд:

$$W_0(p) = \frac{1,5 \cdot e^{-138p}}{60p + 1} \quad W_0(p) = \frac{1,5 \cdot e^{-96p}}{(47,5p + 1)^2}$$

Для досліджуваного ОК експериментальні дані за каналом «U_п – P₄» зведено в таблицю 2.5, схема моделювання наведена на рис. 2.27, а результати моделювання – на рис. 2.28.

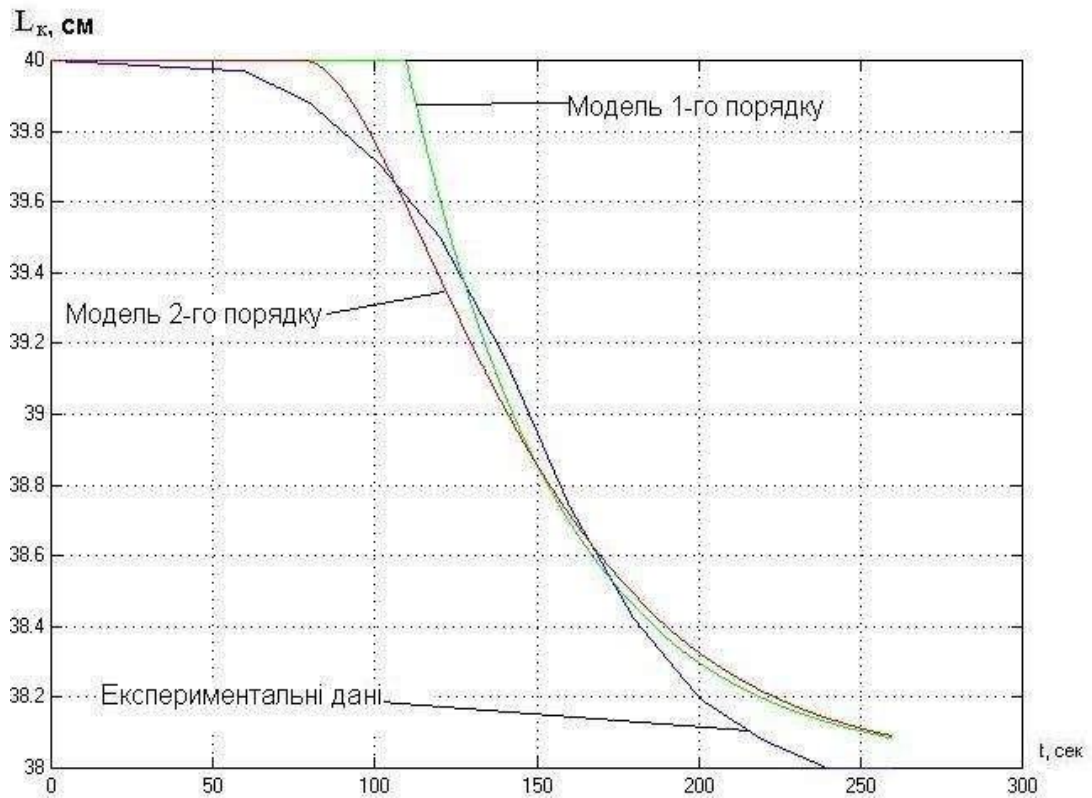


Рис. 2.26 – Результати моделювання ОК по каналу «U₁-L_к»

Табл. 2.5 – Експериментальні дані (канал «U_п-P₄»)

t, сек	P ₄ , кПа	t, сек	P ₄ , кПа	t, сек	P ₄ , кПа	t, сек	P ₄ , кПа
0	270	80	270.6	160	274.8	240	283.2
20	270	100	271.2	180	277	260	284.3
40	270.1	120	272.05	200	279.4	280	284.85
60	270.3	140	273.2	220	281.6	300	285

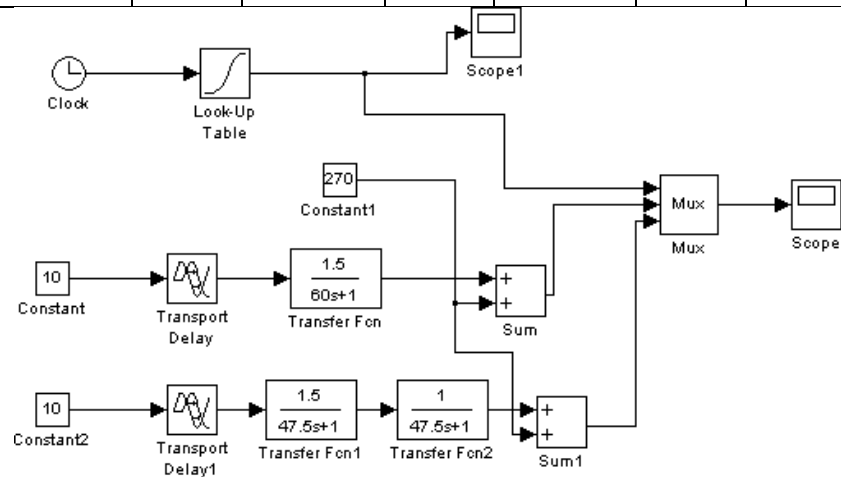


Рис. 2.27 – Схема моделювання каналу управління ОК (канал «U_п-P₄»)

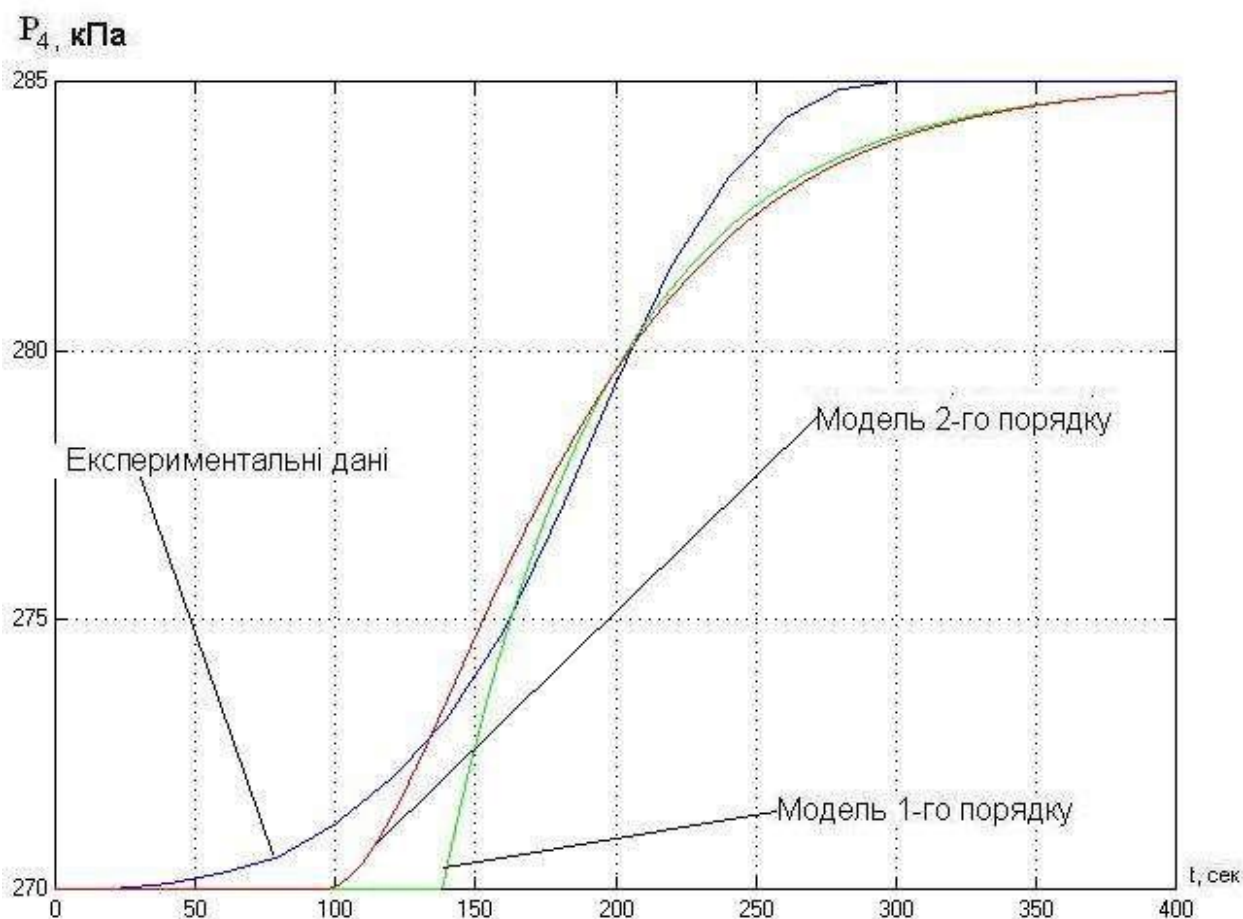


Рис. 2.28 – Результати моделювання ОК по каналу « U_{π} - P_4 »

Як видно з рис. 2.22, 2.24, 2.26 і 2.28, моделі ОК як 1-го, так і 2-го порядків досить точно описують експериментальні дані, але моделі 2-го порядку точніші.

Моделі статичних характеристик:

$$P_4 = -2 \cdot U_1 + 1,5 \cdot U_2 + 300$$

$$L_k = 0,5 \cdot U_1 - 0,2 \cdot U_2 + 22$$

Для виконання цього етапу роботи скористаємося можливостями додатка MS Excel. Експериментальні дані для перевірки моделі статички наведені в таблиці 2.1, результати розрахунків зведені в таблицю 2.6, а також представлені у вигляді графіків на рис. 2.29 – 2.32.

Таблиця 2.6 – Результати розрахунків для моделей статичних характеристик ОК

№ експ.	U ₁ , %х.р.о.	U ₂ , %х.р.о.	P ₄ , кПа	L _к , см	Модель	
					P ₄ , кПа	L _к , см
1	60	60	270	40	270	40
2	70	60	250	38	250	38
3	80	60	230	36	230	36
4	50	60	290	42	290	42
5	40	60	310	44	310	44
6	60	70	285	45	285	45
7	60	80	300	50	300	50
8	60	50	255	35	255	35
9	60	40	240	30	240	30

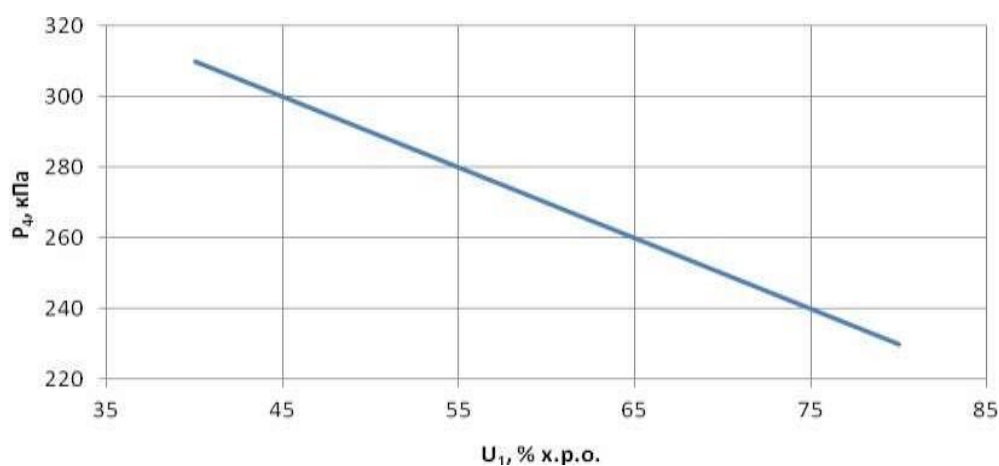


Рис. 2.29 – Результати моделювання статичної характеристики ОК за каналом "U₁ – P₄"

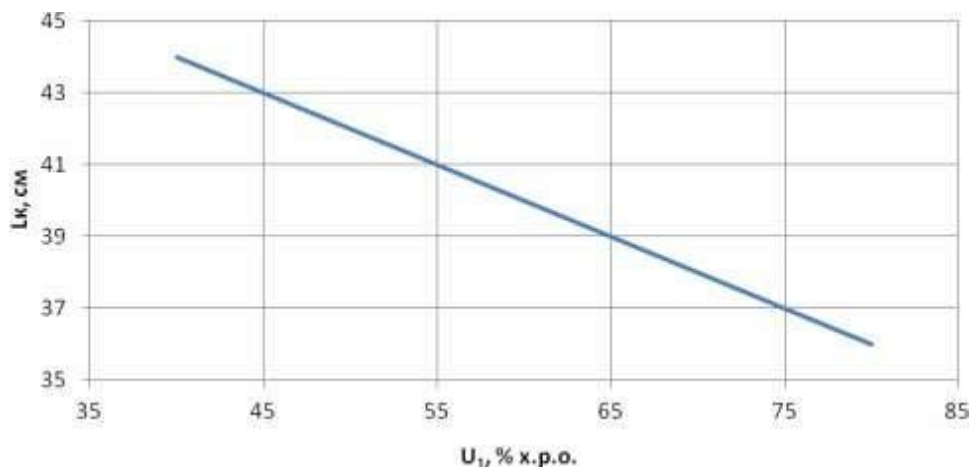


Рис. 2.30 – Результати моделювання статичної характеристики ОК за каналом "U₁ – L_k"

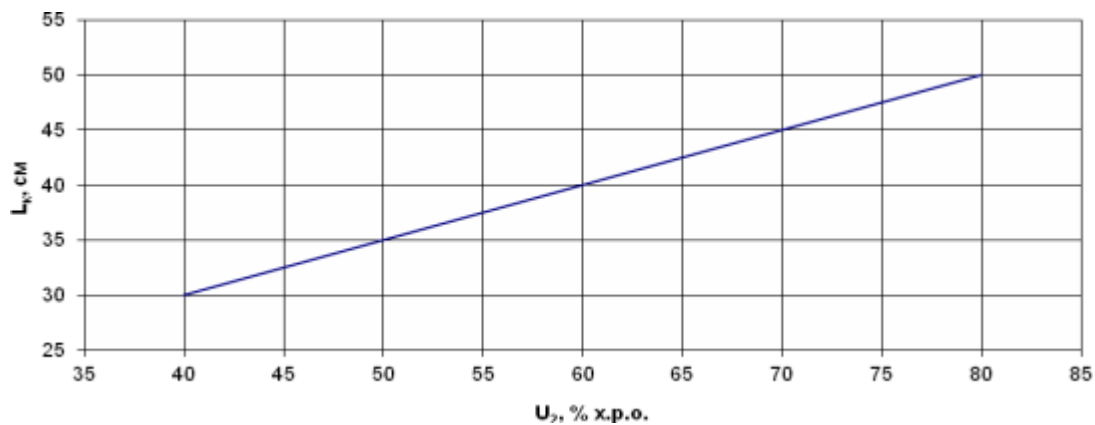


Рис. 2.31 – Результати моделювання статичної характеристики ОК за каналом "U₂ – L_k"

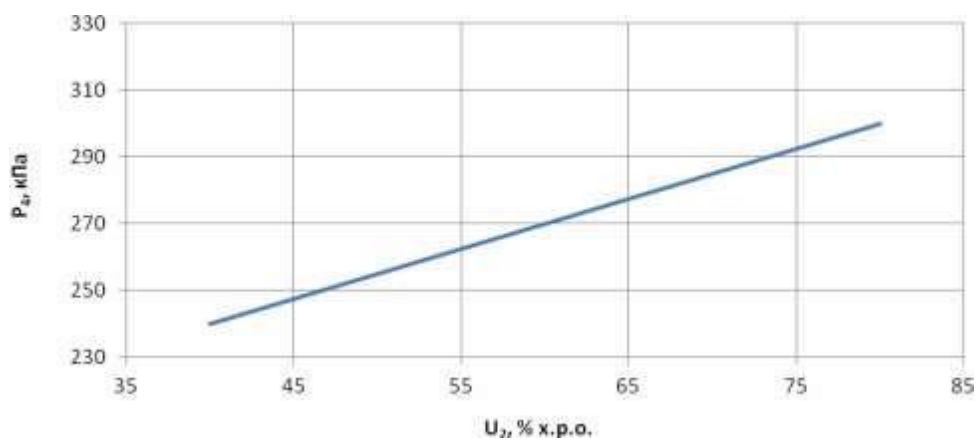


Рис. 2.32 – Результати моделювання статичної характеристики ОК за каналом "U₂ – P₄"

Як видно із графіків (рис. 2.29 – 2.32), моделі статичних характеристик точно відтворюють експериментальні дані.

Повна модель каналів ОК містить у собі моделі каналів управління та контрольованого збурення з урахуванням статичної характеристики. Схема моделювання каналів ОК наведена на рис. 2.33, а результати моделювання – на рис. 2.34 – 2.37.

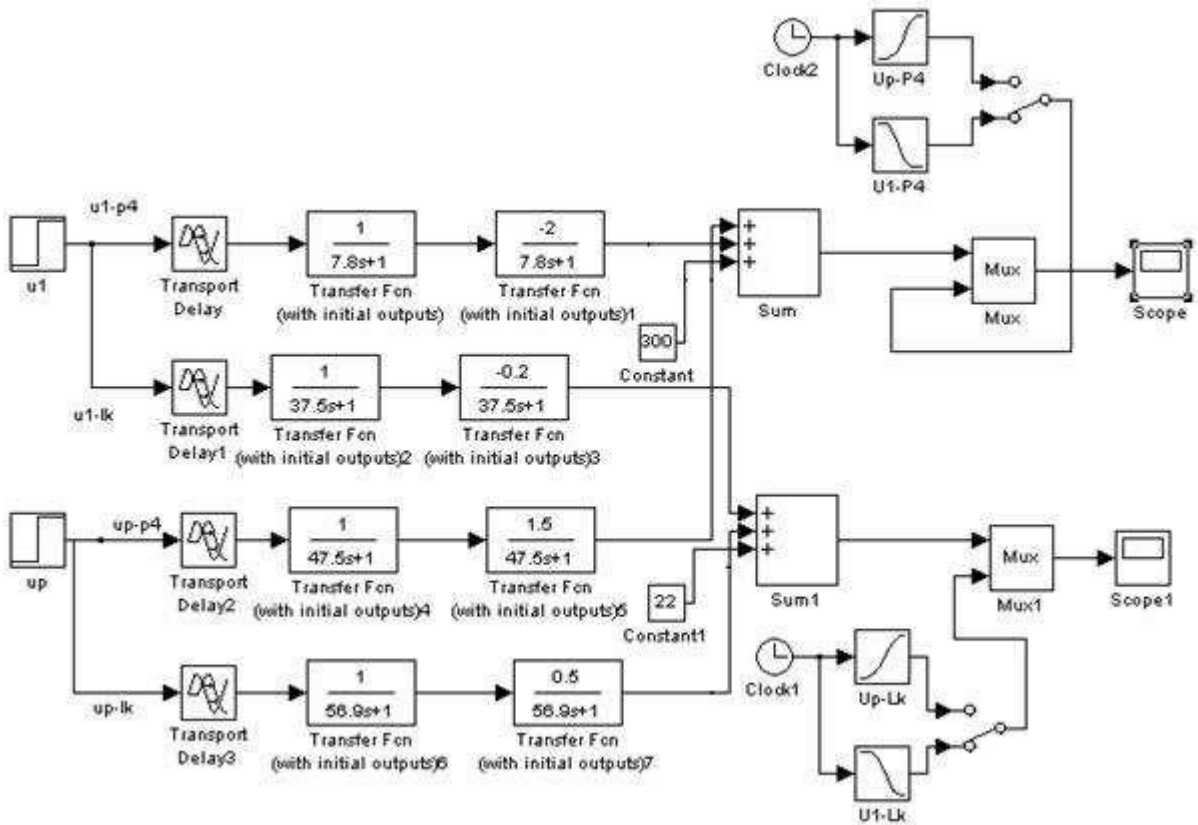


Рис. 2.33. Схема моделювання повної моделі каналів ОК

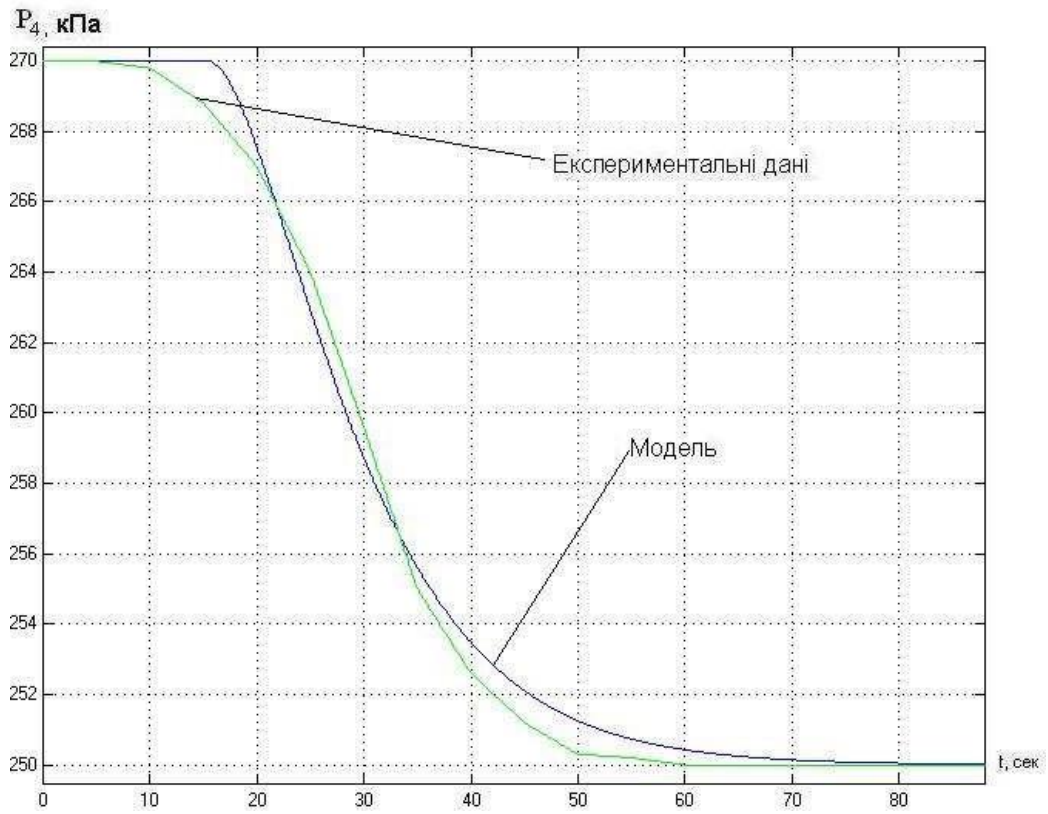


Рис. 2.34 – Результати моделювання повної моделі каналів ОК:
канал "U₁ – P₄"

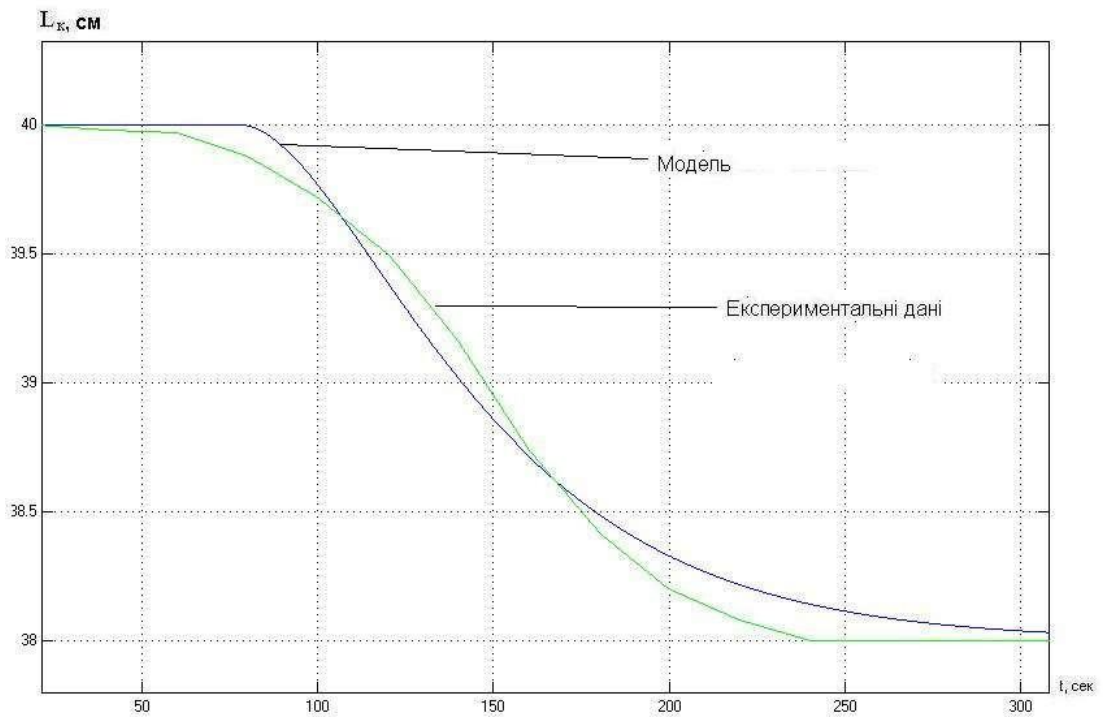


Рис. 2.35 – Результати моделювання повної моделі каналів ОК:
канал "U₁ – L_к"

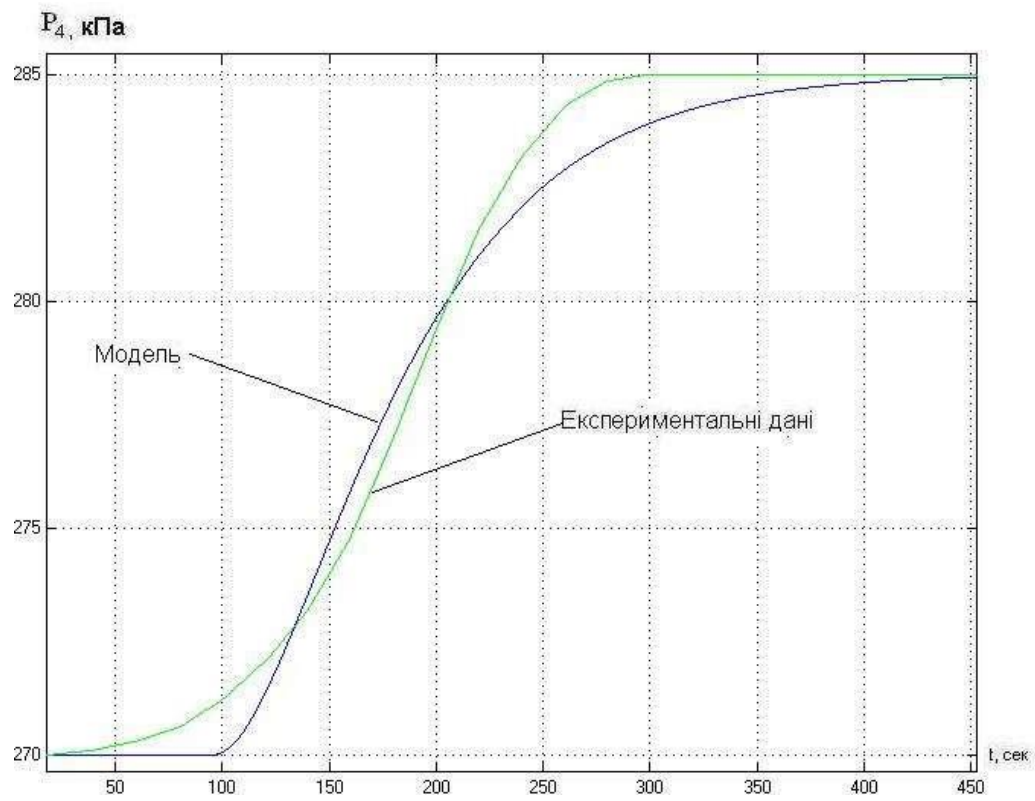


Рис. 2.36 – Результати моделювання повної моделі каналів ОК:
канал "U_П – P₄"

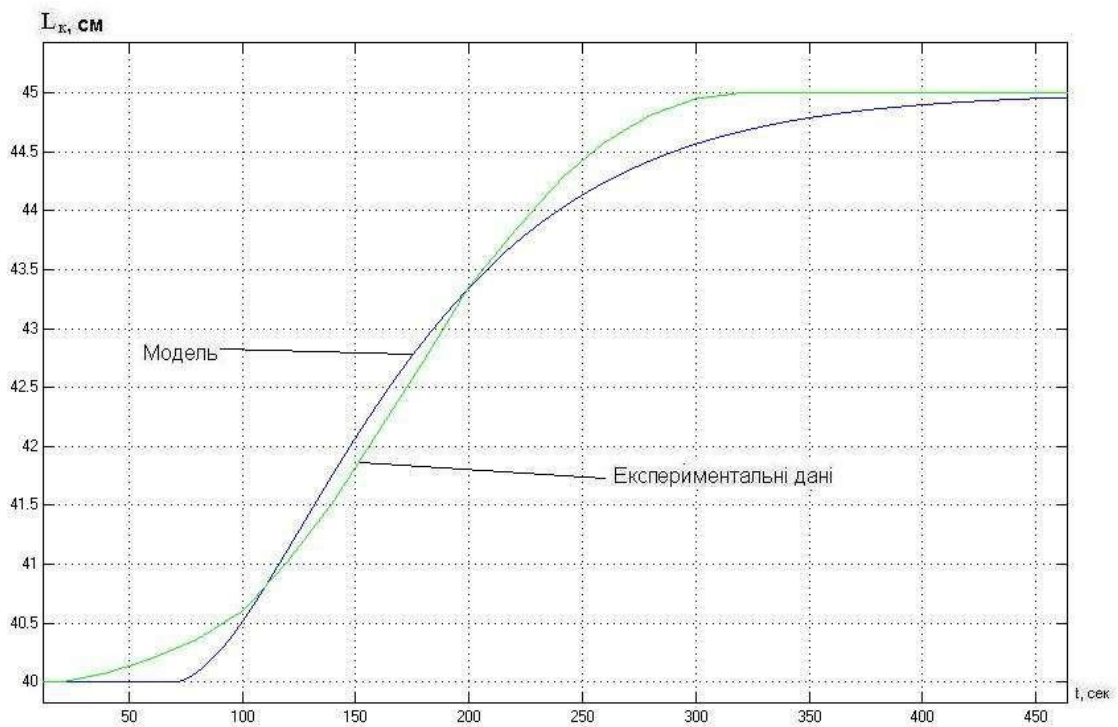


Рис. 2.37 – Результати моделювання повної моделі каналів ОК:
канал "U_П – L_к"

2.5. Висновки за розділом

В результаті виконання цього розділу була проведена ідентифікація моделі процесу варки мармеладу, як об'єкта керування. Були ідентифіковані канали управління та перехресні канали, в результаті чого було з'ясовано, що всі вищезгадані канали мають статичні властивості, тобто властивостями самовирівнювання. Це пов'язано з тим, що в варочному котлі протікають процеси, які за своєю природою мають такі властивості. При складанні структурних схем моделювання та їх реалізації були отримані результати, які мають достатній ступінь адекватності реальним передаточних функцій, що свідчить про правильність проведення параметричної ідентифікації моделей каналів ОК.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА І ПАРАМЕТРИЧНА ОПТИМІЗАЦІЯ АЛГОРИТМІВ РЕГУЛЮВАННЯ, ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ САР, ОТРИМАННЯ ЦИФРОВИХ АНАЛОГІВ ОБРАНИХ АЛГОРИТМІВ

3.1 Конкретизація задач регулювання для процесу варки мармеладу

Загальною метою керування процесом варки мармеладу є керування продуктовими та енергетичними потоками для отримання властивостей продукту необхідного виду і якості. Із загальної мети керування можна виділити задачу регулювання, яку можна сформулювати, як задачу підтримки вихідних змінних ОК (P_4 та L_k) на заданих значеннях ($P_4^{зд}$ та $L_k^{зд}$).

Для формулювання вимог до вирішення задачі регулювання слід сформулювати гранично припустимі та інтегральні вимоги.

Відповідно до нормативів ведення технологічних процесів (див. табл. 2.1) тиск середовища у котлі повинен підтримуватися на рівні $P_4^{зд} = 250$ кПа, з точністю ± 5 кПа. За параметром можливі припустимі короткочасні відхилення до ± 20 кПа протягом часу не більше 200с. Регламентна зона за параметром наведена на рисунку 3.1. Рівень конденсату у паровій рубашці L_k повинен підтримуватися на рівні $L_k^{зд} = 38$ см, з точністю ± 1 см. За параметром можливі припустимі короткочасні відхилення до ± 5 см протягом часу не більше 200с. Регламентна зона за параметром наведена на рисунку 3.2.

Як видно з гранично припустимих регламентів на САР для процесу варки мармеладу особливо жорсткі вимоги пред'являються до короткочасних відхилень, оскільки саме недотримання цих регламентів може призвести до браку готової продукції завалу прес секції і суттєвих економічних збитків. При цьому малі відхилення регламентуються дуже жорстко. Тому в якості інтегрального критерію застосуємо саме інтегральний модульний критерій.

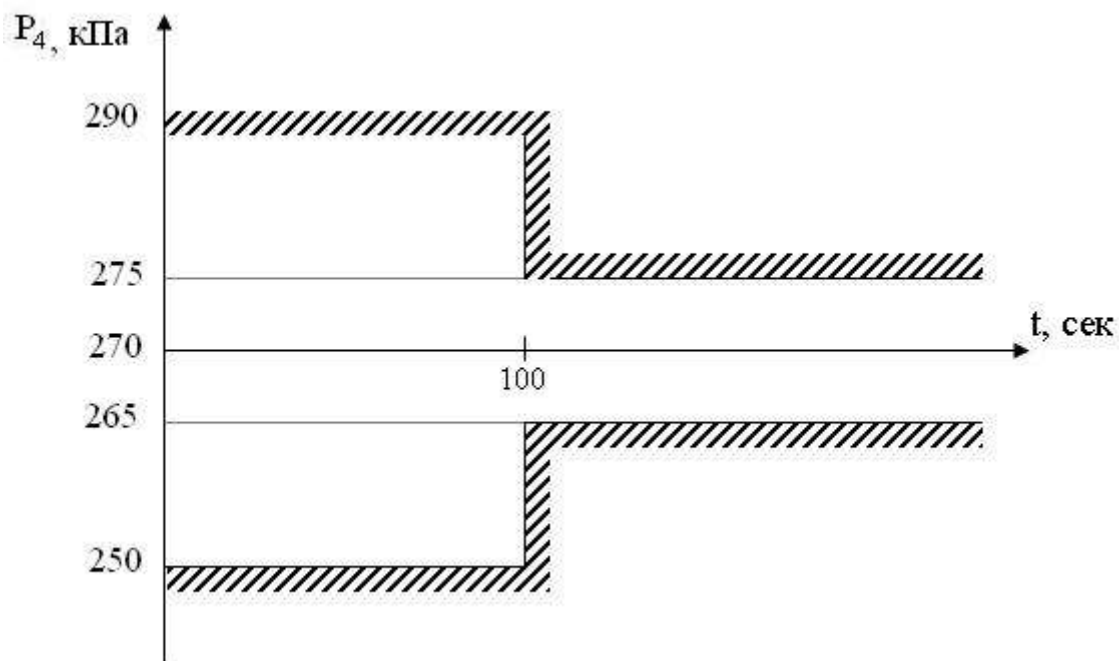


Рис. 3.1 – Регламентна зона за тиском середовища у котлі

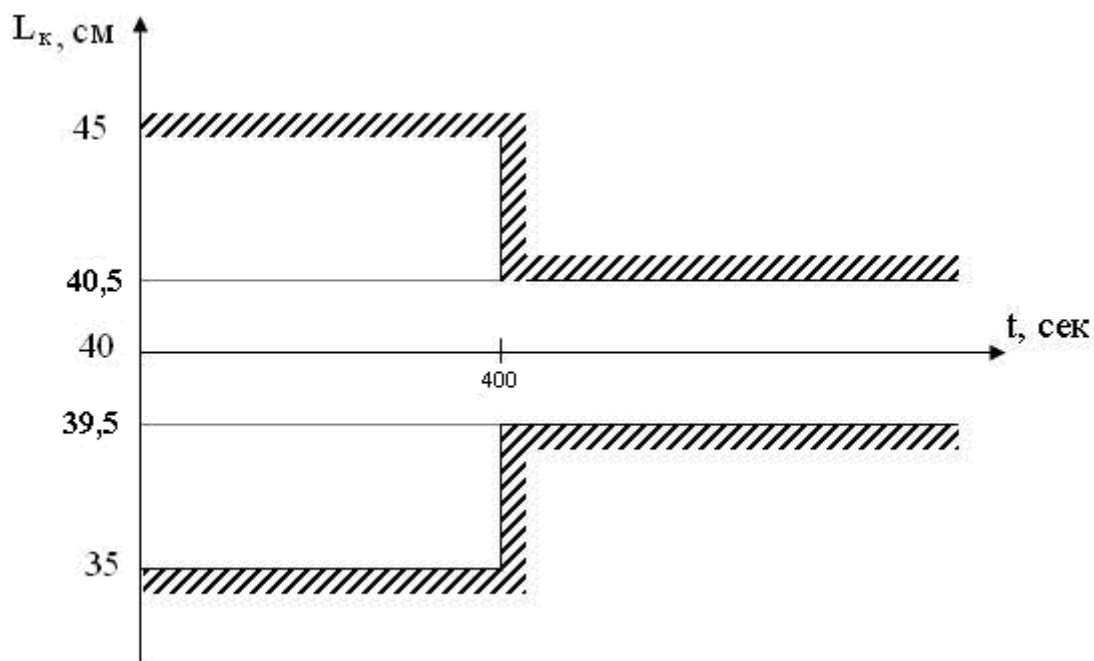


Рис. 3.2 – Регламентна за рівнем конденсату у паровій рубашці

Отже, ефективну роботу САР з регулювання тиску середовища та рівню конденсату, підвищення її динамічної точності доцільно вести за таким критерієм:

$$J = \int_0^{t_M} \left[\frac{|\Delta P_4(t)|}{20} + \frac{|\Delta L_k(t)|}{5} \right] \cdot dt$$

де t_M - час моделювання;

$\Delta P_4(t)$ – помилка регулювання тиску середовища у котлі;

$\Delta L_k(t)$ – помилка регулювання рівню конденсату у паровій рубашці.

Для вирішення задачі регулювання тиску середовища та рівню конденсату у котлі для варки мармеладу достатнім буде використовувати замкнений принцип керування, у відповідності до якого для процесу керування достатньо використовувати інформацію про бажаний стан ОК та про його поточний стан.

3.2 Параметричний синтез і аналіз САР базової структури

У відповідності до замкненого принципу керування структурна схема САР базової структури буде мати вигляд, наведений на рис. 3.3.

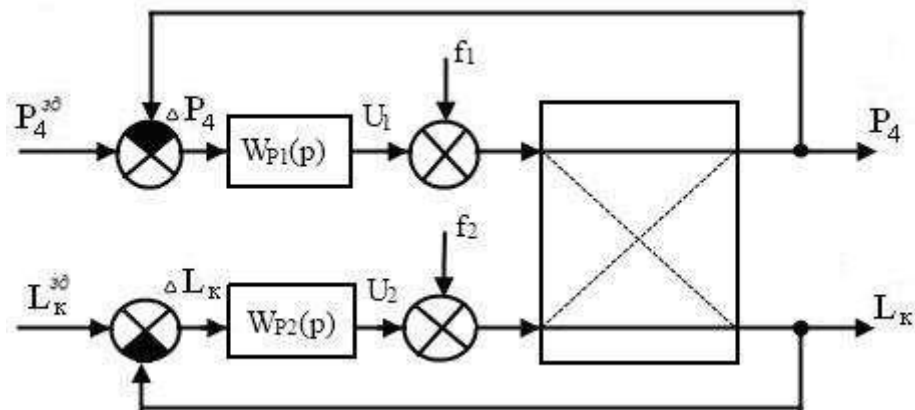


Рис. 3.3 – Структурна схема САР базової структури

На схемі $W_{P1}(p)$ - передаточна функція регулятора тиску середовища у котлі; $W_{P2}(p)$ - передаточна функція регулятора рівню конденсату у паровій рубашці; $P_4^{зд}$, $L_k^{зд}$ - задані значення регульованих координат; $\Delta\theta_2$, ΔI_5 - помилки регулювання.

Процес варки мармеладу за всіма каналами має статичні властивості, тому в якості альтернативних варіантів алгоритмів регулювання обираємо пропорційно-інтегральний (ПІ) і пропорційно-інтегрально-диференційний (ПІД) алгоритми регулювання.

Рівняння руху ПІ-регулятора

$$u(t) = K_p \cdot \left(\Delta y(t) + \frac{1}{T_{ИЗ}} \int_0^t \Delta y(t) dt \right) + u_0;$$

Передаточна функція ПІ-регулятора

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

Рівняння руху ПІД-регулятора

$$u(t) = K_p \cdot \left(\Delta y(t) + \frac{1}{T_{ИЗ}} \int_0^t \Delta y(t) dt + T_{ИД} p \frac{d\Delta y(t)}{dt} \right) + u_0;$$

Передаточна функція ПІД-регулятора

$$W_p(p) = K_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{ИЗ} p} + \frac{T_{ИД} p}{0,2 \cdot T_{ИД} p + 1} \right)$$

Проведемо розрахунок початкових наближень параметрів регуляторів.

Для цього скористаємося інженерною методикою Копеловича А.П..

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК каналу тиску має вигляд:

$$W_0(p) = \frac{-2 \cdot e^{-22p}}{10p + 1}$$

Розрахунок параметрів ПІ- регулятора:

$$K_p = \frac{0,8 \cdot T_o}{K_o \cdot \tau_o} = \frac{0,8 \cdot 10}{-2 \cdot 22} = -0,18 \frac{\%x.p.o.}{кПа}$$

$$T_{ИЗ} = 2,5 \cdot \tau_o = 2,5 \cdot 22 = 55c$$

Розрахунок параметрів ПІД- регулятора:

$$K_p = \frac{1 \cdot T_o}{K_o \cdot \tau_o} = \frac{1 \cdot 10}{-2 \cdot 22} = -0,23 \frac{\%x.p.o.}{кПа}$$

$$T_{IB} = 2 \cdot \tau_o = 2 \cdot 22 = 44c$$

$$T_{IP} = \tau_o = 22c$$

Передаточна функція моделі 1-го порядку ОК каналу рівню має вигляд:

$$W_0(p) = \frac{0,5 \cdot e^{-115,5p}}{78,75p + 1}$$

Розрахунок параметрів ПІ- регулятора:

$$K_p = \frac{0,8 \cdot T_o}{K_o \cdot \tau_o} = \frac{0,8 \cdot 78,75}{0,5 \cdot 115,5} = 1,09 \frac{\%x.p.o.}{cm}$$

$$T_{IB} = 2,5 \cdot \tau_o = 2,5 \cdot 115,5 = 288,75c$$

Розрахунок параметрів ПІД- регулятора:

$$K_p = \frac{1 \cdot T_o}{K_o \cdot \tau_o} = \frac{1 \cdot 78,75}{0,5 \cdot 115,5} = 1,36 \frac{\%x.p.o.}{cm}$$

$$T_{IB} = 2 \cdot \tau_o = 2 \cdot 115,5 = 231c$$

$$T_{IP} = \tau_o = 115,5c$$

Для оптимального параметричного синтезу САР варки мармеладу з ПІ- регулятором будемо використовувати структурну схему моделювання, наведену на рисунку 3.4. Результати оптимізації налаштувань ПІ-регулятора наведено на рис. 3.5.

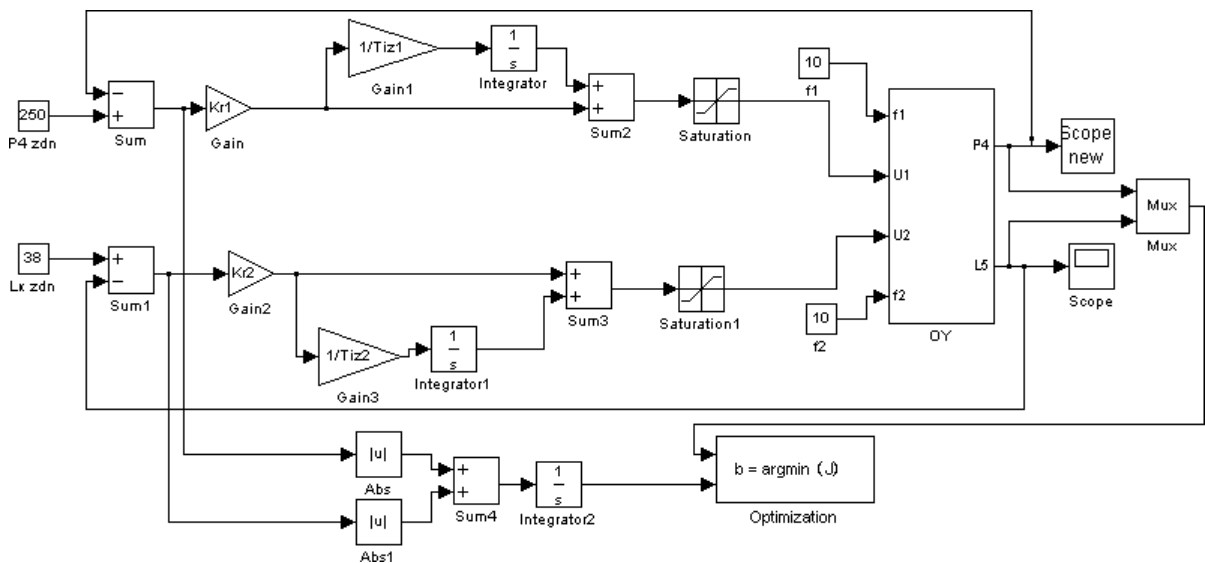
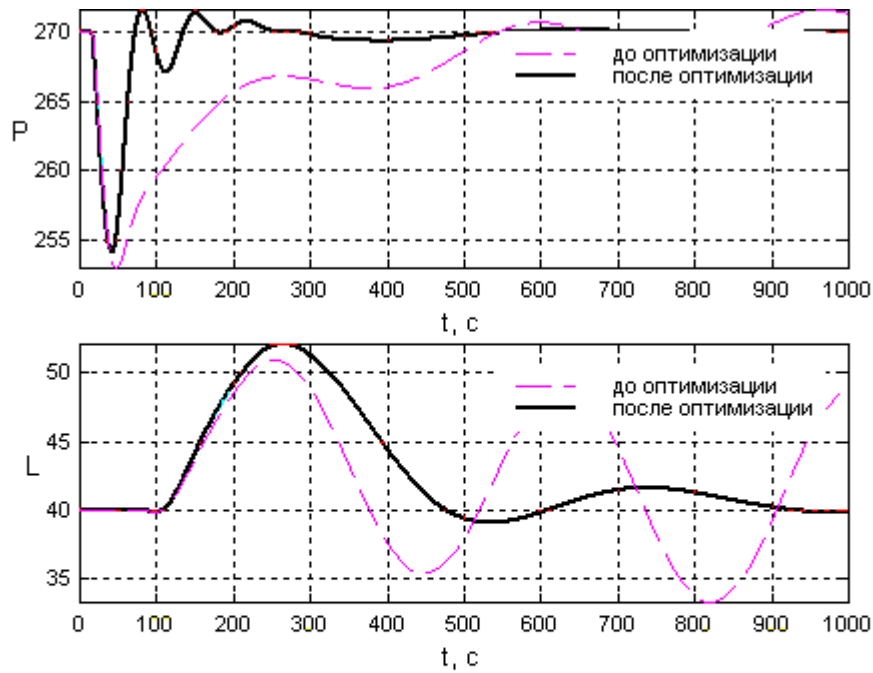


Рис. 2.6 – Структурна схема моделювання САР для оптимізації налаштувань ПІ-регулятора



Имя переменной	Оптимальное значение	Нижний предел	Начальное приближение	Верхний предел	Значение критерия оптимальности:
Kr1	-0.45488	-5	-0.18	0	до - 1100.818
Tiz1	27.6639	0.5	55	440	после - 624.9232
Kr2	0.4823	0	1.09	13.6	оптимизации.
Tiz2	132.7851	0.5	288.75	2310	Количество шагов
					процедуры оптимизации:
					максимальное - 3000
					фактическое - 352

Рис. 2.7 – Результати оптимізації налаштувань ПІД-регулятора

Для оптимального параметричного синтезу САР варки мармеладу з ПІД-регулятором будемо використовувати структурну схему моделювання, наведену на рисунку 3.6. Результати оптимізації налаштувань ПІД-регулятора наведено на рис. 3.7.

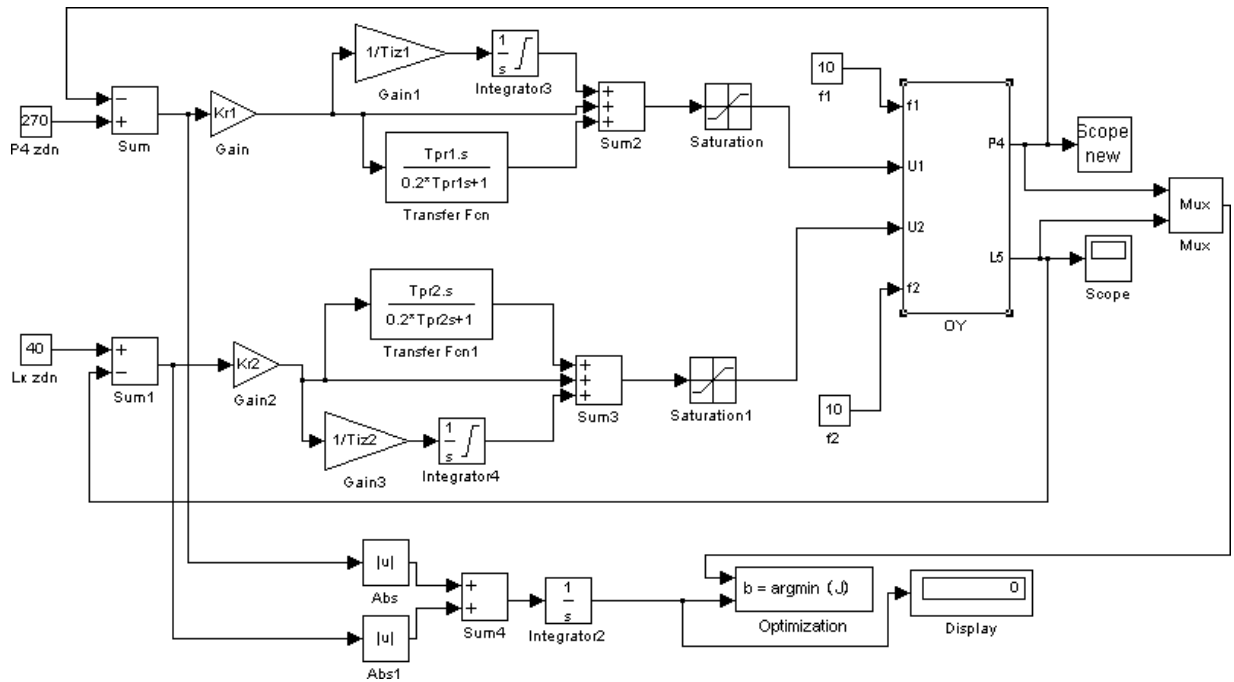
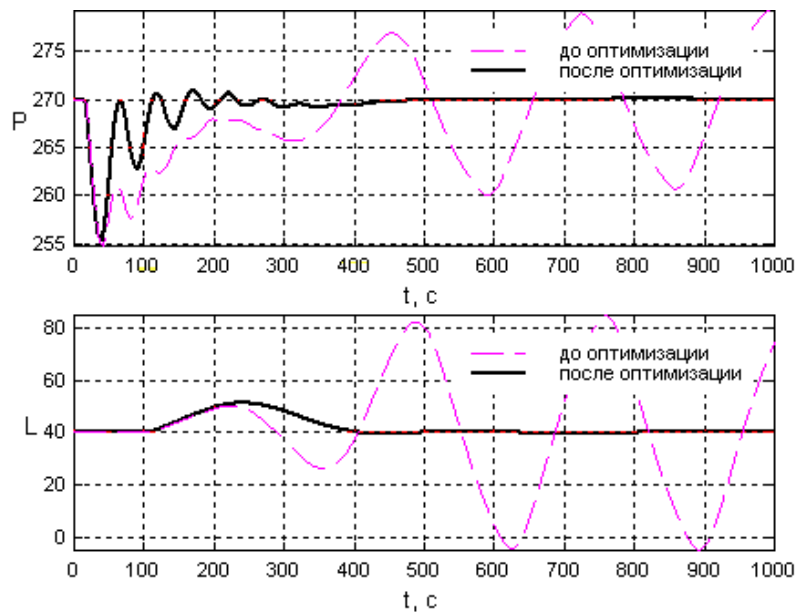


Рис. 3.6 – Структурна схема моделювання САР для оптимізації налаштувань ПІД-регулятора



Имя переменной	Оптимальное значение	Нижний предел	Начальное приближение	Верхний предел	Значение критерия оптимальности: до - 3727.2723 после - 443.1054 оптимизации.
Kr1	-0.67759	-5	-0.23	0	
Tiz1	51.2932	0.5	44	440	
Tpr1	4.0409	0	22	220	
Kr2	0.59358	0	1.36	13.6	Количество шагов процедуры оптимизации: максимальное - 3000 фактическое - 1197
Tiz2	102.0809	0.5	231	2310	
Tpr2	49.4213	0	115.5	1155	

Рис. 3.7 – Результати оптимізації налаштувань ПІД-регулятора

Результати порівняння САР з ПІ та ПІД-регулятором наведено на рис. 3.8 і в таблиці 3.1.

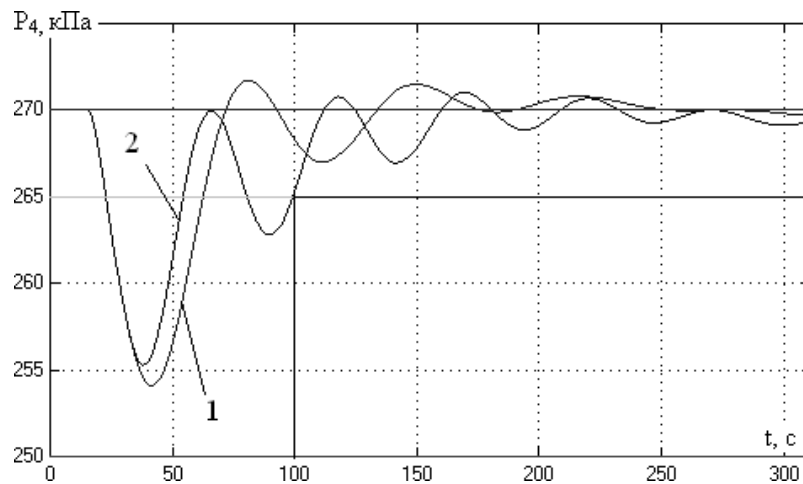


Рис. 3.8 – Результати порівняння САР з ПІ (1) та ПІД-регулятором (2)

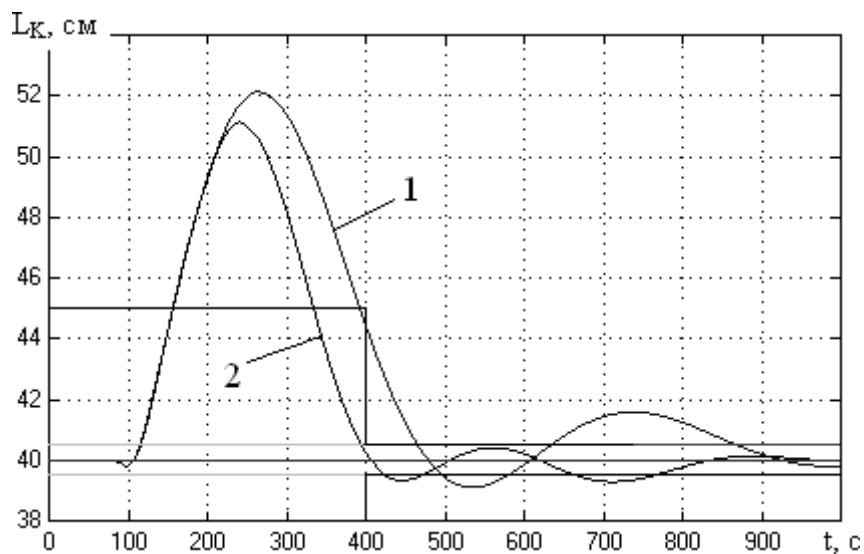


Рис. 3.8 (закінчення) – Результати порівняння САР з ПІ (1) та ПІД-регулятором (2)

Таблиця 3.1 – Результати порівняння варіантів САР

Алгоритм регулювання	Прямі показники якості				Критерій
	$\Delta P_4^{\text{МАКС}}$	$\Delta L_k^{\text{МАКС}}$	P_4 ТпІ, с	L_k ТпІ, с	
ПІ	15,9	12,1	62,5	870	625

ПД	14,7	11,1	99,2	765	443,2
----	------	------	------	-----	-------

Слід зазначити, що внаслідок нелінійності, параметри каналів можуть варіювати в межах до $\pm 20\%$. А значить, якість регулювання може суттєво погіршуватися аж до втрати стійкості САР. Тому слід дослідити САР на грубість, тобто на стійкість в умовах варіації параметрів ОК. Результати перевірки САР з ПІ-регуляторами на грубість приведені на рис. 3.9, а САР з ПД-регуляторами – на рис. 3.10. Як видно з рис. 3.9 та 3.10, САР як з ПІ-, так і з ПД-регуляторами є грубими.

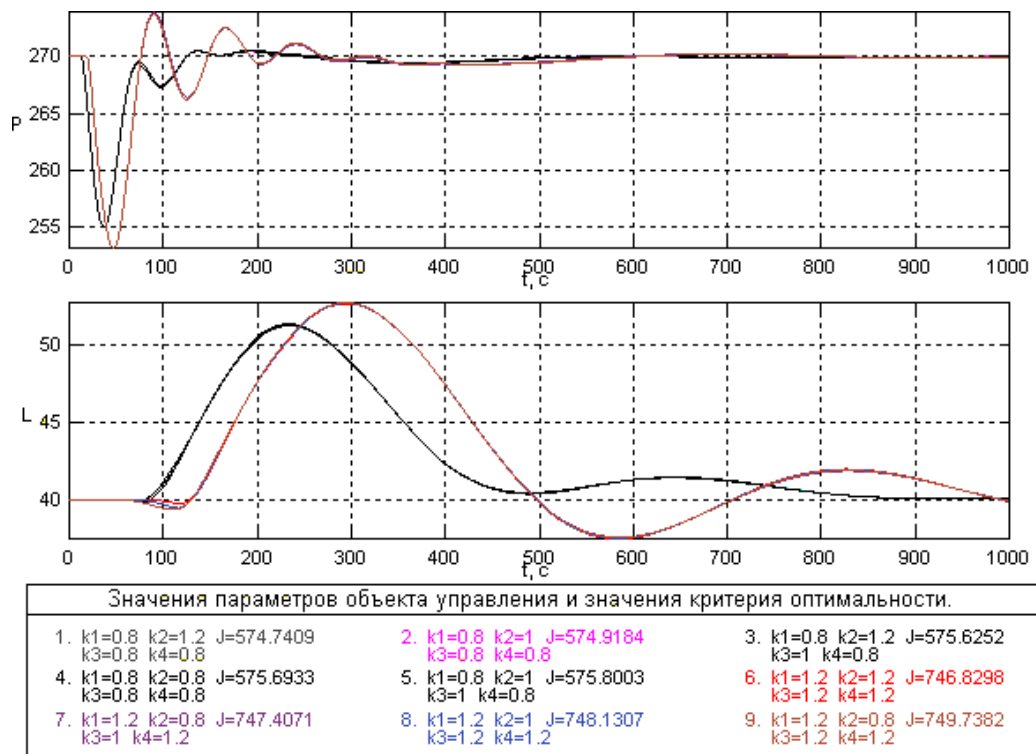


Рис. 3.9 – Результати перевірки САР з ПІ-регулятором на грубість

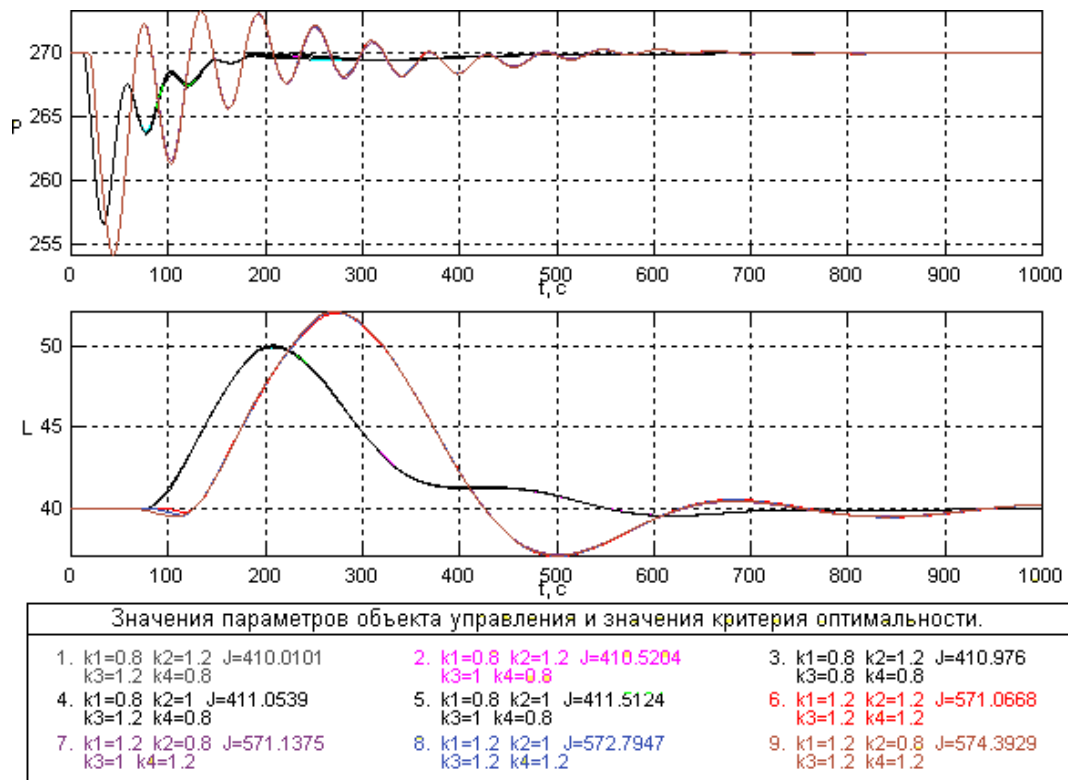


Рис.3.10 – Результати перевірки САР з ПІД-регулятором на грубість

Як видно з результатів порівняння САР з ПІ- та ПІД регулятором та проведених досліджень, САР з ПІД-регулятором має кращі показники. Але слід зазначити, що САР рівню конденсату не задовольняє гранично припустимим вимогам. Отже доцільним є підвищення динамічної точності САР.

3.3 Структурний і параметричний синтез і аналіз САР підвищеної динамічної точності

Для САР тиску середовища в варочному котлі та рівню конденсату в паровій рубашці варочного котла основною причиною недостатньої динамічної точності САР є дія перехресних зв'язків в ОК. Основним шляхом підвищення динамічної точності саме розглянутої САР є побудова автономної САР.

В основу підвищення динамічної точності САР буде покладено принцип двоканальності Петрова, суть якого у введенні додаткових каналів впливу

через коригуючий зв'язок. Відповідно до принципу інваріантності Петрова структурна схема автономної САР матиме вигляд, наведений на рис. 3.11.

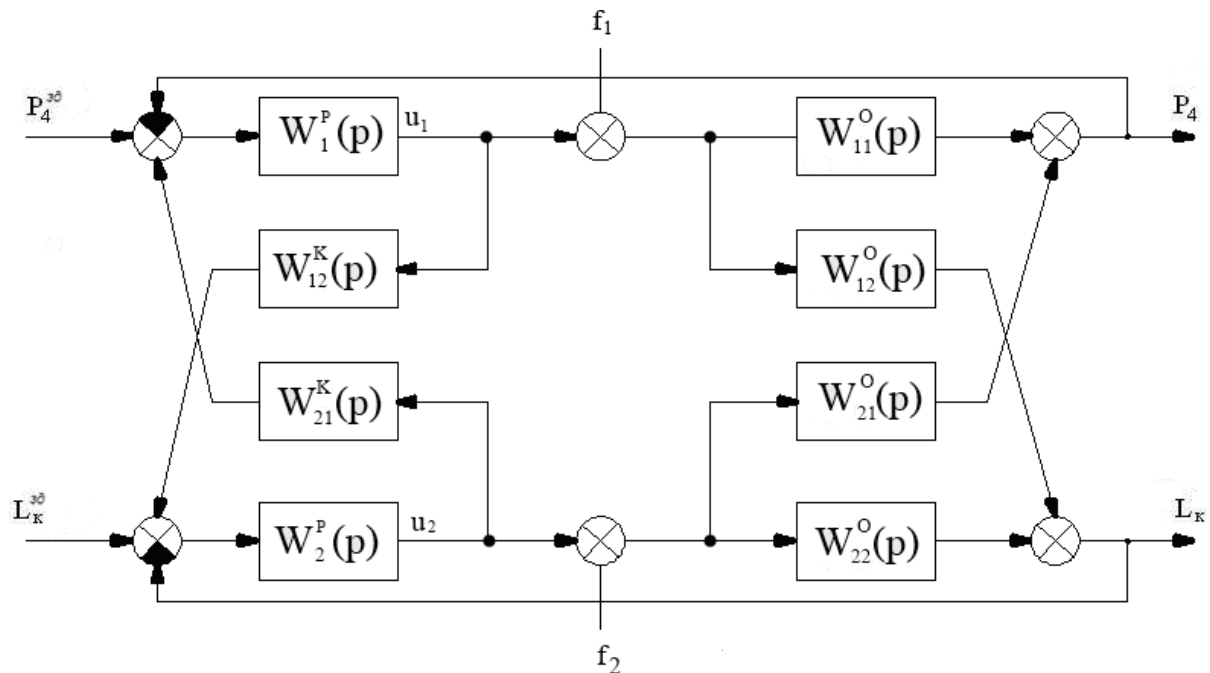


Рис. 3.11 – Структурна схема автономної САР

Запишемо передаточні функції коригуючих зв'язків, що забезпечують автономність САР.

$$W_{r1}(p) = - \frac{W^0(p)}{W_2^P(p) \cdot W_{22}^O(p)}$$

$$W_{12}^i(p) = \frac{-0.2 \cdot e^{-109,5p}}{48,75p + 1}; \quad W_{22}^i(p) = \frac{0.5 \cdot e^{-111,5p}}{78,75p + 1}; \quad W_2^\delta(p) = 0,59 \cdot \left(1 + \frac{1}{102,1p} + 49,4p \right).$$

Тоді

$$W_{k1}(\delta) = - \frac{\frac{-0,2 \cdot e^{-109,5p}}{48,75p + 1}}{0,59 \cdot \left(1 + \frac{1}{102,1p} + 49,4p \right) \cdot \frac{0,5 \cdot e^{-111,5p}}{78,75p + 1}} = \frac{0,2}{0,5 \cdot 0,59} \cdot e^{2p} \cdot \frac{(78,75p + 1) \cdot 102,1p}{(48,75p + 1) \cdot (5043,7\delta^2 + 102,1\delta + 1)} = 1,69 \cdot e^{2p} \cdot \frac{8040,4p^2 + 102,1p}{245880,4p^3 + 10021,1p^2 + 150,9p + 1}$$

Отриманий коригуючий зв'язок є фізично нереалізовуваним, оскільки містить ланку чистого випередження. Для забезпечення можливості фізичної реалізації коригуючого зв'язку здійснимо заміну:

$$e^{2p} = 1 + \frac{2p}{0,2p+1} = \frac{2,2p+1}{0,2p+1}$$

Поведемо підстановку, отримаємо:

$$W_{K1}(\delta) = 1,69 \cdot \frac{8040,4p^2 + 102,1p}{245880,4p^3 + 10021,1p^2 + 150,9p + 1} \cdot \frac{2,2p+1}{0,2p+1}$$

$$W_{K2}(p) = - \frac{W^0(p)}{W^1(p)} \cdot \frac{21}{11}$$

$$W_{21}^i(p) = \frac{1,5 \cdot e^{-138p}}{60p+1}; W_{11}^i(p) = \frac{-2 \cdot e^{-22p}}{10p+1}; W_{\delta}^i(p) = -0,68 \cdot \left(1 + \frac{1}{51,3p} + 4p \right).$$

Тоді,

$$W_{K2}(\delta) = - \frac{\frac{1,5 \cdot e^{-138p}}{60p+1}}{-0,68 \cdot \left(1 + \frac{1}{51,3p} + 4p \right)} \cdot \frac{-2 \cdot e^{-22p}}{10p+1} = - \frac{1,5}{0,68 \cdot 2} \cdot e^{-116p}$$

$$\cdot \frac{(10p+1) \cdot 51,3p}{(60p+1) \cdot (205,2\delta^2 + 51,3\delta + 1)} = - 0,37 \cdot e^{-116p} \cdot \frac{91p^2 + 9,1p}{6792p^3 + 659,2p^2 + 69,1p + 1}$$

Отриманий корегуючий зв'язок є фізично реалізовуваним.

Отримані передаточні функції коригуючі зв'язків представлені занадто складними передаточними функціями, тому їх доцільно спростити при збереження диференціюючих властивостей. Скорочені передаточні функції матимуть наступний вигляд:

$$W_{K1}(\delta) = \frac{102,1\delta}{10021,1\delta^2 + 150,9\delta + 1}; W_{K1}(\delta) = K_{K1} \frac{\dot{\delta}_{K1}}{\delta_{K1}^2 \delta^2 + 2T_{K1} \xi \delta + 1}$$

$$K_{K1} = 1; \dot{\delta}_{K1} = 100,1; \xi = 0,75$$

$$W_{K2}(\delta) = \frac{-9,1\delta}{659,2\delta^2 + 69,1\delta + 1} \cdot e^{-116p}; W_{K2}(\delta) = K_{K2} \frac{\dot{\delta}_{K2}}{\delta_{K2}^2 \delta^2 + 2\dot{\delta}_{K2} \delta + 1} \cdot e^{-\tau_{K2}p}$$

$$K_{K2} = -0,35; \dot{\delta}_{K2} = 25,7; \tau_{K2} = 116$$

Для уточнення початкових наближень параметрів коригуючого зв'язку $W_{K1}(p)$ скористаємося схемою моделювання, наведеною на рис. 3.12. Результати розрахунку наведено в рис. 3.13. Для уточнення початкових наближень параметрів коригуючого зв'язку $W_{K2}(p)$ скористаємося схемою

моделювання, наведеною на рис. 3.14. Результати розрахунку наведено в рис. 3.15.

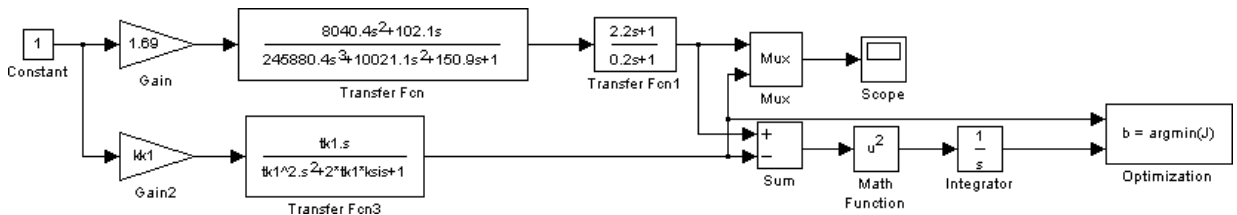
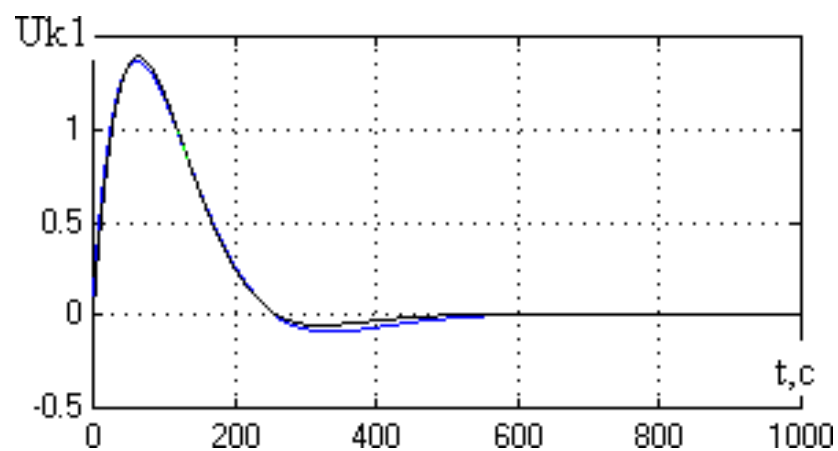


Рис. 3.12 – Схема моделювання для уточнення початкових наближень параметрів коригуючого зв'язку $W_{K1}(p)$



Имя переменной	Оптимальное значение	Нижний предел	Начальное приближение	Верхний предел	Значение критерия оптимальности: до - 91.974 после - 0.48673 оптимизации.
kk1	3.0884	-10	1	10	
tk1	57.5537	0.5	100.1	500	
ksi	0.71979	0	0.75	3	
					Количество шагов процедуры оптимизации: максимальное - 3000 фактическое - 107

Рис. 3.13 – Результати розрахунку початкових наближень параметрів коригуючого зв'язку $W_{K1}(p)$

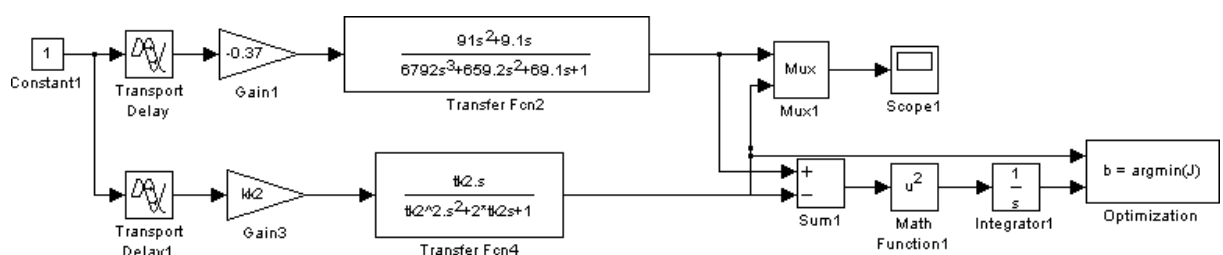
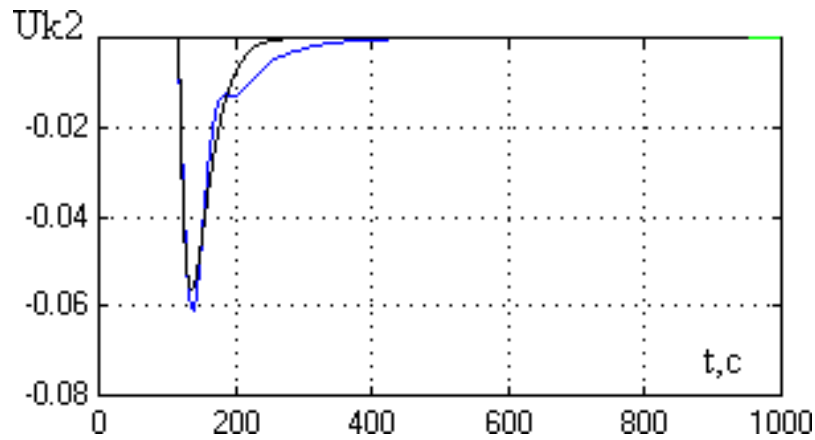


Рис. 3.14 – Схема моделювання для уточнення початкових наближень параметрів коригуючого зв'язку $W_{k2}(p)$



Имя переменной	Оптимальное значение	Нижний предел	Начальное приближение	Верхний предел	Значение критерия оптимальности:
kk2	-0.1529	-10	-0.35	10	до - 0.33453
tk2	18.2904	0.5	25.7	500	после - 0.0044147
tau2	117.0972	0	116	300	оптимизации.
					Количество шагов
					процедуры оптимизации:
					максимальное - 3000
					фактическое - 121

Рис. 3.15 – Результати розрахунку початкових наближень параметрів коригуючого зв'язку $W_{k2}(p)$

Проведемо оптимізацію на лаштувань коригуючи зв'язків у складі САР з параметрично оптимальними регуляторами. Схема моделювання автономної САР наведена на рис. 3.16, результати оптимізації – на рис. 3.17, а результати перевірки автономної САР на грубість – на рис. 3.18. Як видно з рис. 3.18, автономна САР є грубою.

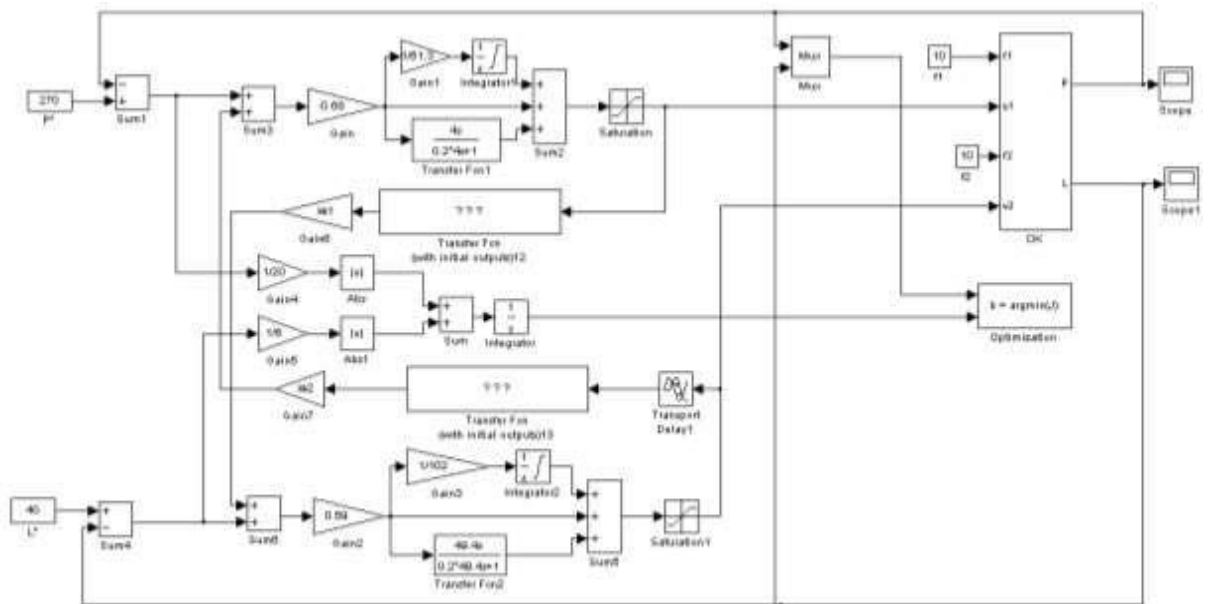
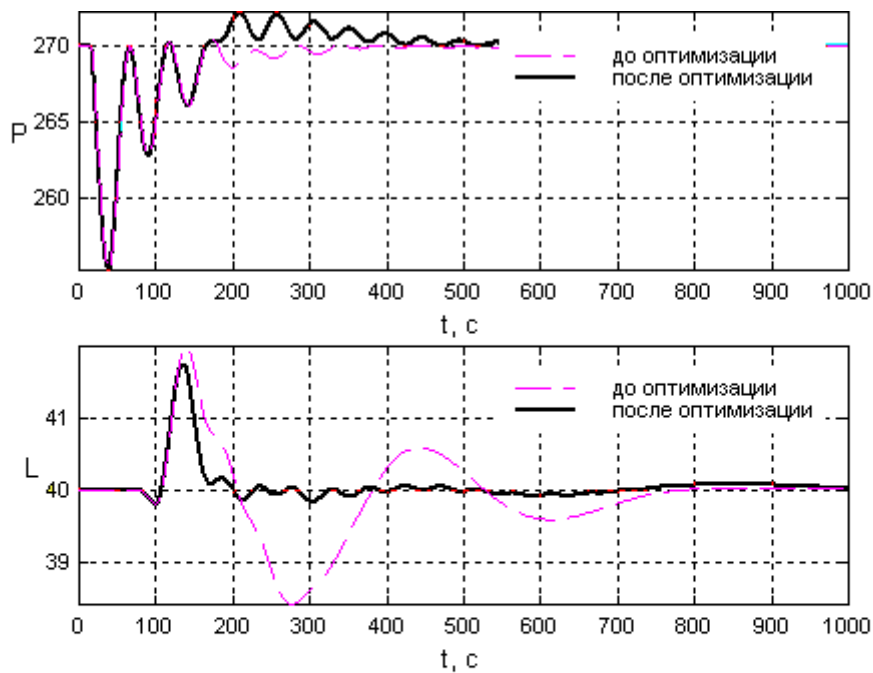


Рис. 3.16 – Схема моделювання автономної САР



Имя переменной	Оптимальное значение	Нижний предел	Начальное приближение	Верхний предел	Значение критерия оптимальности:
kk1	3.5301	-10	3.1	10	до - 113.3906
tk1	47.4058	0.5	57.6	500	после - 68.1913
ksi	0.89909	0	0.72	3	оптимизации.
kk2	-0.61988	-10	-0.15	10	Количество шагов
tk2	62.3269	0.5	18.3	500	процедуры оптимизации:
tauk2	124.729	0	117.1	300	максимальное - 3000
					фактическое - 574

Рис. 3.17 –Результати оптимізації на лаштувань коригуючи зв'язків у складі автономної САР

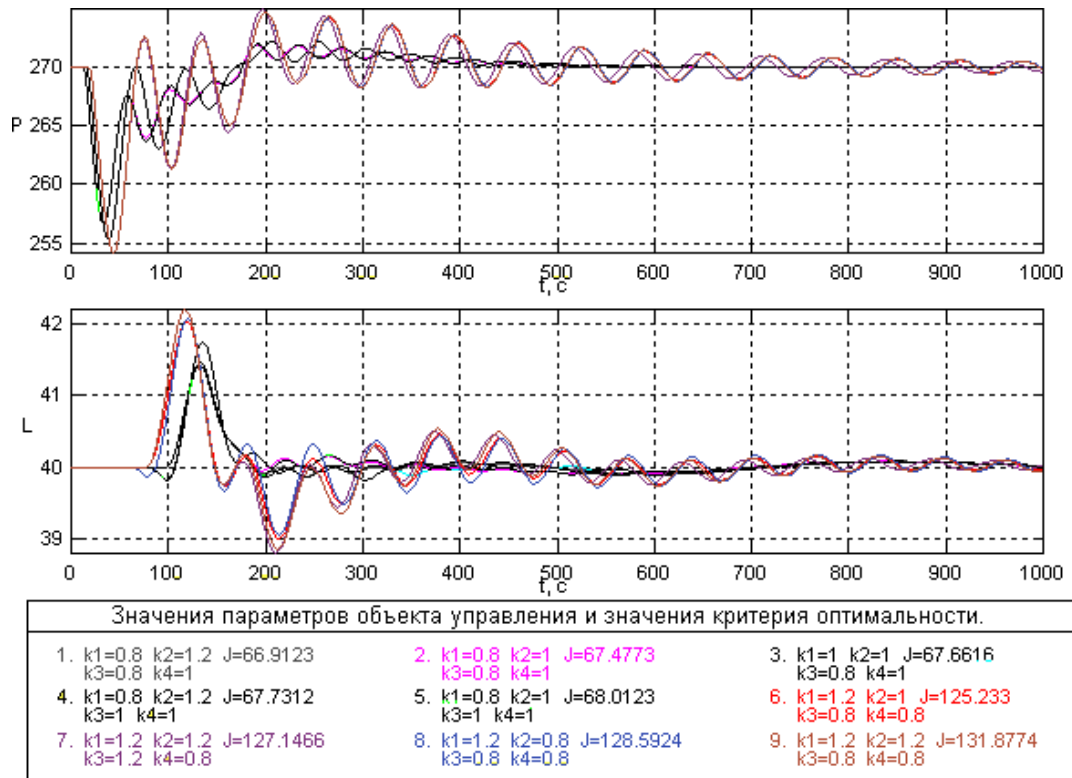


Рис. 3.18 – Результати перевірки автономної САР на грубість

Проведемо порівняння САР базової структури з ПІД-регулятором та САР підвищеної динамічної точності. Результати порівняння наведено на рис. 3.19 та в таблиці 3.2.

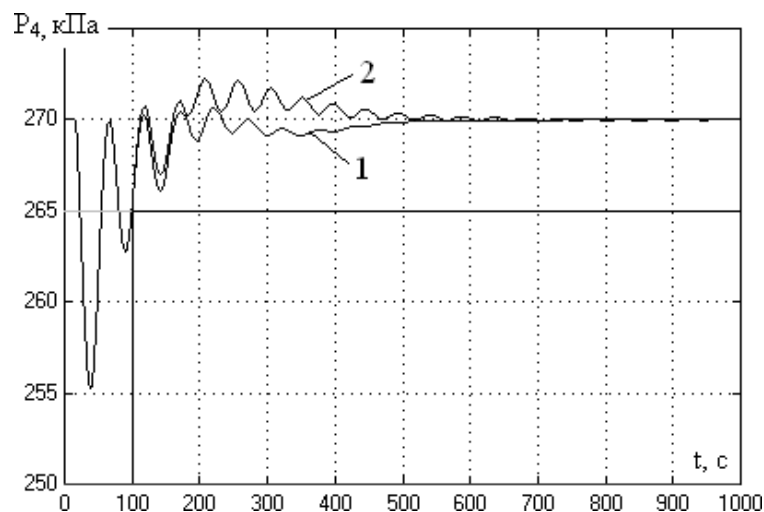


Рис. 3.19 – Порівняльний аналіз САР базової структури з ПІД-регулятором та САР підвищеної динамічної точності

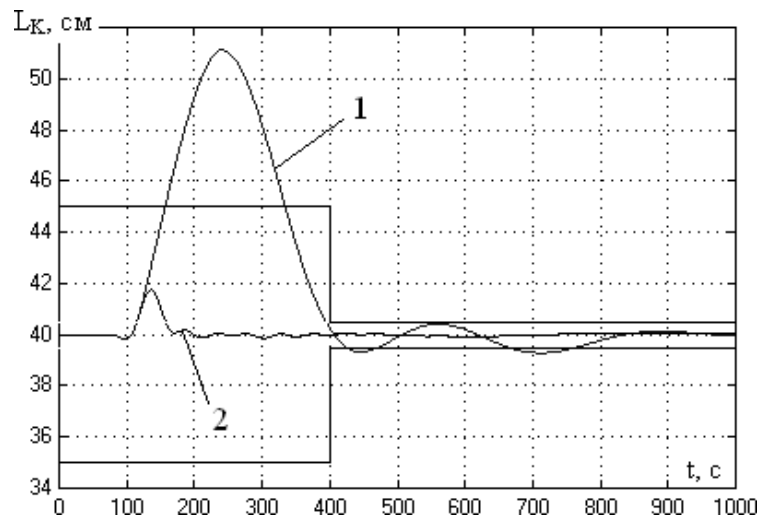


Рис. 3.19 (закінчення) – Порівняльний аналіз САР базової структури з ПІД-регулятором та САР підвищеної динамічної точності

Таблиця 3.2 – Результати порівняння САР базової структури з ПІД-регулятором та САР підвищеної динамічної точності

Варіант САР	Прямі показники якості				Критерій
	$\Delta P_4^{\text{МАКС}}$	$\Delta L_k^{\text{МАКС}}$	$P_4 T_{\text{шп}}, \text{с}$	$L_k T_{\text{шп}}, \text{с}$	
Базової структури з ПІД-регулятором	14,7	11,1	99,2	765	443,2
Підвищеної динамічної точності	14,7	1,75	99,2	157	68,2

Як видно з результатів порівняння, САР підвищеної динамічної точності за усіма показниками є кращою. Особливо слід зазначити суттєве покращення якості регулювання рівню конденсату.

3.5 Висновки за розділом

У результаті синтезу САР підвищеної динамічної точності ми отримали систему, показники якості якої, з більшою високою динамічною точністю в порівнянні із САР базової структури, а головне, більш грубою. Це означає підвищення працездатності й надійності системи. Як уже було вище сказано, більшою грубою виявилася САР підвищеної динамічної точності в силу введення в САР коригувальних зв'язків. Введення коригувальних зв'язків в контурі регулювання, сприяє значному підвищенню динамічної точності і система стає більш працездатною і стійкою до змін параметрів ОУ. Таким чином, доцільно використовувати отриману систему підвищеної динамічної точності. Було отримано цифрові аналоги алгоритмів регулювання, які будуть використані в подальших.

РОЗДІЛ 4. КОНКРЕТИЗАЦІЯ ЗАДАЧІ ПРОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ ЛОГІЧНОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСОМ ВАРКИ МАРМЕЛАДУ

4.1 Конкретизація задачі логічного керування процесом варки мармеладу

Суть технологічного процесу варка мармеладу у доведенні скупажованої сирії маси до стану готового продукту у варочному котлі. У котел подається сирий пектин кімнатної температури до певного рівня. По закінченню завантаження пектину закривається кришка котла і починається подача пари у парову рубашку. Після того, як рівень конденсату пару у паровій рубашці досяг необхідного значення, починається відстеження кількості тепла, що підводиться до парової рубашки котла, та тиску середовища у самому котлі. Температура варки пектину 130°C. Температуру ми забезпечуємо подачею пари у парову рубашку. Через те, що варка проходить через пар, має бути відведення конденсату. Якщо тиск перевищує дозволений, то ми можемо відкрити клапан, який регулює цей тиск, або навпаки, закрити його, щоб створити його. Середнє значення тиску у котлі при варці мармеладу має складати 270 кПа. Процес варки займає 7-10 хвилин. Час варки залежить від кількості пектину у котлі. Після варки мармеладну масу, через відведення знизу котла пускають на конвеєр для подальшої обробки. Технологічна схема процесу для вирішення задачі логічного керування представлена на рис. 4.1.

Логічне керування технологічним циклом має здійснюватися наступним чином. Перед запуском необхідно перевірити необхідні умови для пуску. Потім забезпечити передпускову сигналізацію. Надалі слід заповнити ємність до необхідного рівню, забезпечити перемішування, нагріти продукт до 130 °C, забезпечити тиск у ємності; підтримувати рівень конденсату у паровій рубашці, варити продукт на протязі 7 хв та злити готовий продукт. Блок схема регламенту логічного керування процесом варки мармеладу наведено на рис. 4.2.

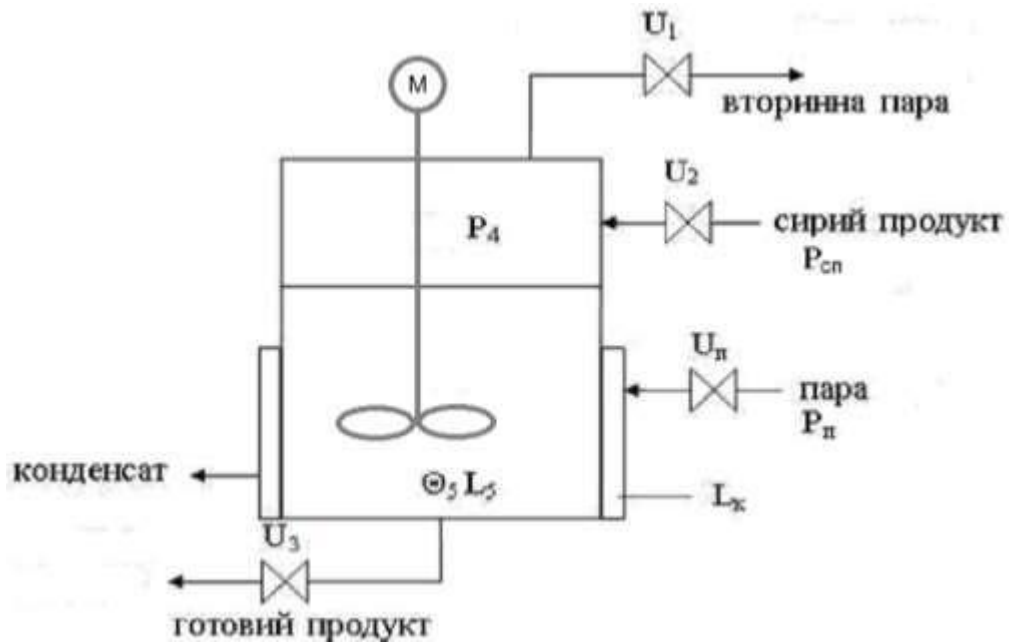


Рис. 4.1 – Технологічна схема процесу варки мармеладу для вирішення задачі логічного керування

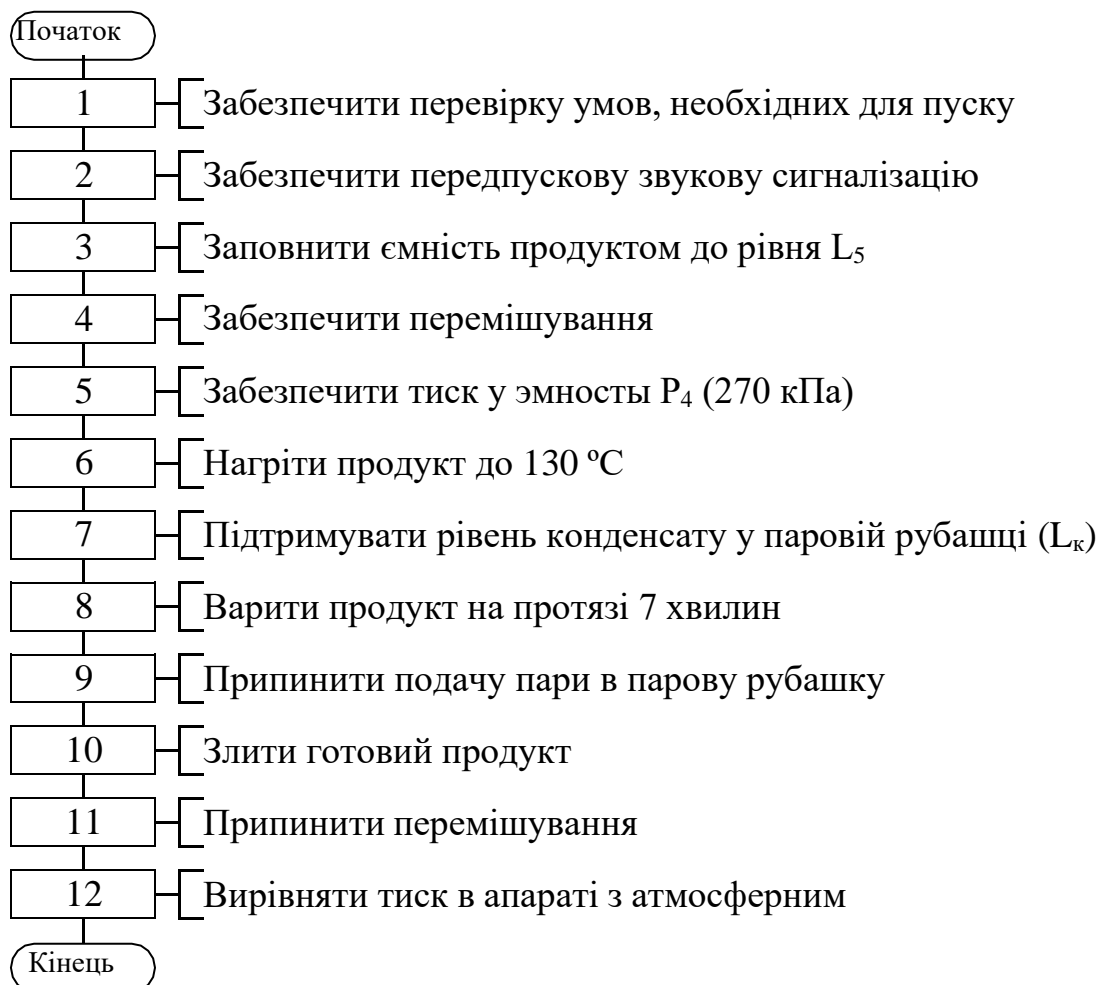


Рис. 4.2 – Блок-схема регламент на технологічний цикл процесу варки мармеладу

4.2 Розробка алгоритму автоматичного керування технологічним циклом процесу варки мармеладу

Для того щоб заповнити ємність продуктом до рівня L_5 , необхідно відкрити клапан подачі продукту і по досягненні заданого рівня, закрити. Далі відкриваємо клапан подачі пари на 60%. При досягненні заданої температури відкриваємо клапан U_1 , таким чином створюємо необхідні умови для роботи, а саме необхідний рівень конденсату в рубаци та тиск в ємності, після досягнення рівня конденсату 35см, вмикаємо контру регулювання рівня. Після досягнення тиску 250 кПа, вмикаємо контру рулювання тиску. Витримуємо продукт 7-10 хв. Після чого вимикаємо обидва контури регулювання та відкриваємо клапан U_3 , для злиття продукту. Блок-схема алгоритму логічного автоматичного керування процесом наведена на рис. 4.3.

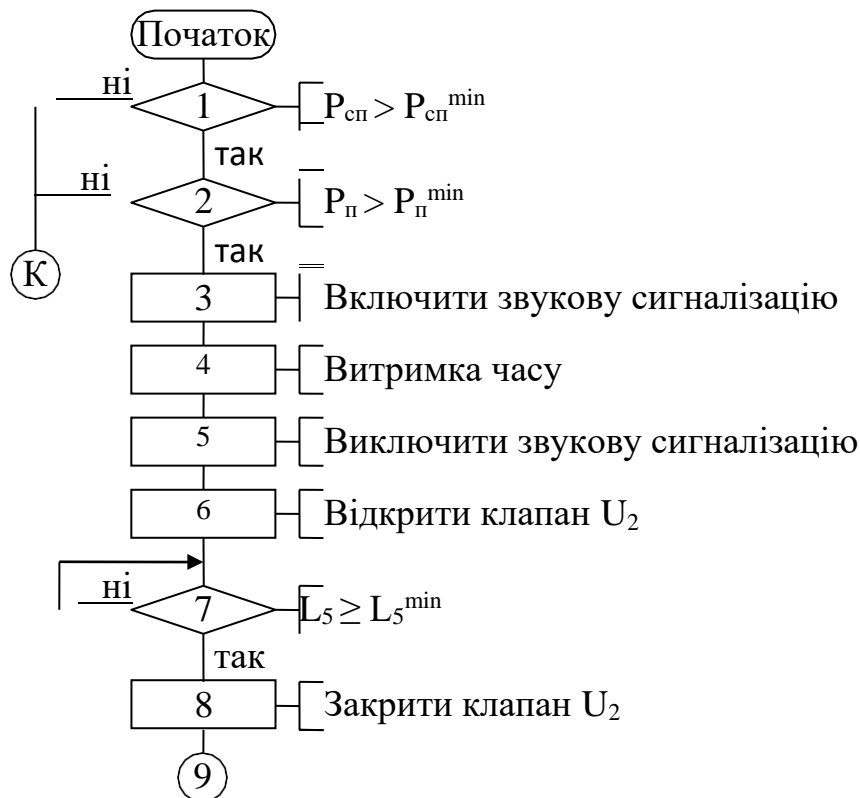


Рис. 4.3 – Блок-схема алгоритму логічного автоматичного керування процесом варки мармеладу



Рис. 4.3 (закінчення) – Блок-схема алгоритму логічного автоматичного керування процесом варки мармеладу

4.3 Розробка функціонально логічної схеми.

Функціональна логічна схема є проміжним етапом до програмної реалізації алгоритмів автоматичного керування на мікропроцесорному контролері. Функціональна логічна схема системи керування процесом варки мармеладу розроблена у відповідності до алгоритму автоматичного керування (рис. 4.3) та приведена на рис. 4.4.

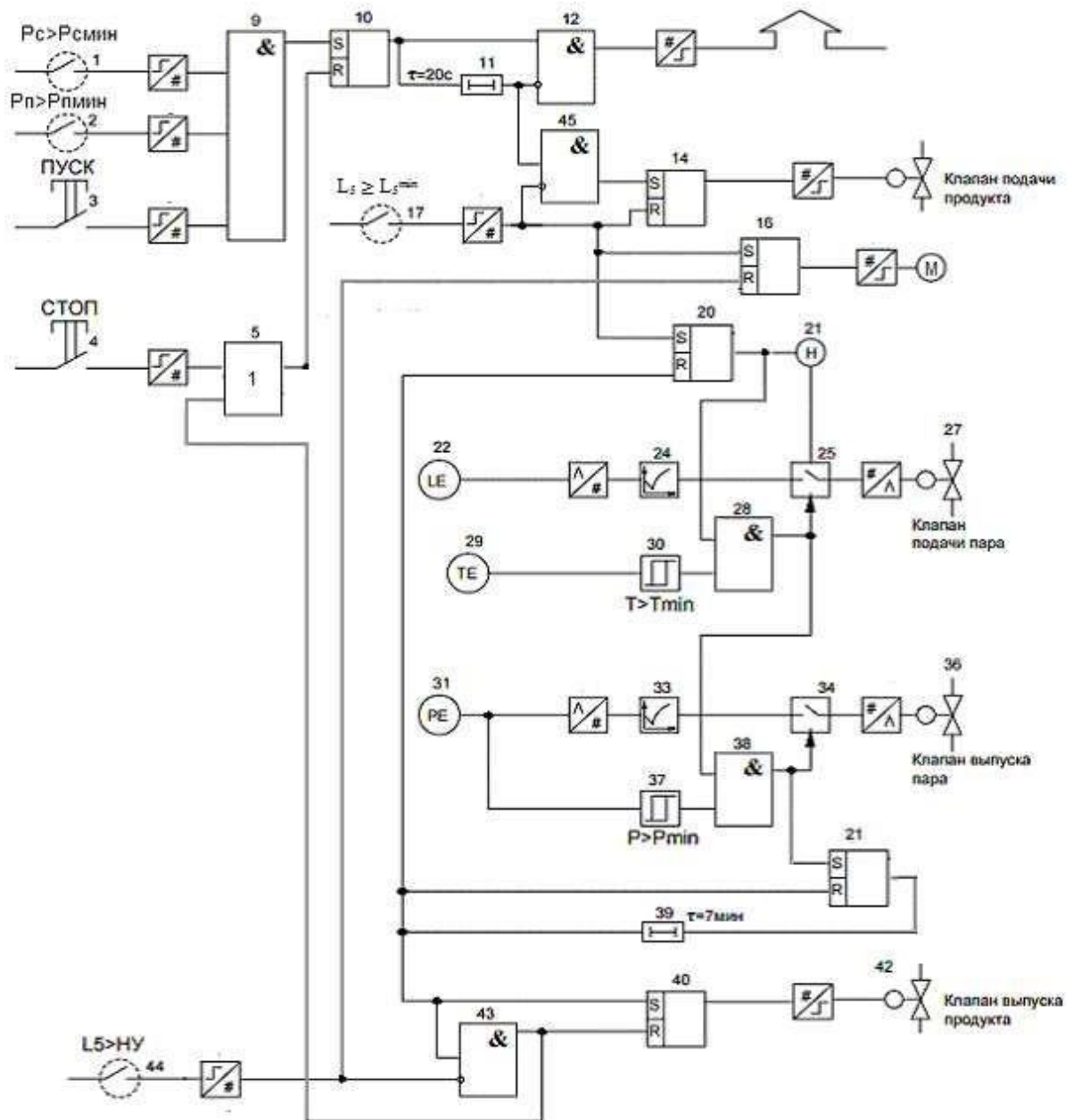


Рис. 4.4 – Функціональна логічна схема системи керування процесом варки мармеладу

Схема працює наступним чином. Формування умов, необхідних для запуску процесу виконує елемент 9 за сигналом від датчиків реле 1 – тиску продукту та 2 – тиску пари, та після натикання кнопки ПУСК 3. Підхоплення сигналу пуску здійснює RS-тригер 10. З появою логічної 1 на виході починає спрацьовувати передпускова звукова сигналізація (ППЗС). Витримку часу на ППЗС забезпечує таймер 11. Формує сигнал на ППЗС елемент 12. По завершенню ППЗС, сигнал після таймера 11, поступає в RS-тригер 14 через логічний елемент "I" 45. RS-тригер 14 через відкриває клапан подачі продукту. Після досягнення продуктом необхідного рівню спрацьовує датчик реле 17, вимикає RS-тригер 14, який закриває клапан подачі продукту. Сигнал з датчика 17 також потрапляє на "Set" RS-тригера 16, що керує приводом мішалки. Також сигнал з датчика 17 вмикає тригер 20, що, в свою чергу, відкриває клапан подачі пари на 60% через задатчик 21. Замикається контур автоматичного регулювання перемикачем 25 при наявності сигналу пуску контуру та при досягненні температурою значення 150⁰С, який формує нуль-орган 30. Загальний сигнал на замикання контуру автоматичного регулювання формує елемент 28. Контур регулювання тиском працює аналогічно. Нуль орган 37 при досягненні тиску 240 кПа спрацьовує і через елемент 38 і перемикач 34 вмикає контр регулювання. Після вмикання останнього контуру вмикається таймер 39. Після витримки часу сигнал з таймера зкидає тригер 20, що вимикає усі контури регулювання, а також вмикає тригер 40 що відкриває клапан випуску готового продукту 42. Реле рівню 44 контролює нижній рівень, який зкидає тригер 10, та обнуляє схему в цілому.

4.4 Імітаційне моделювання роботи алгоритмів логічного керування процесом варки мармеладу

Метою імітаційного моделювання логічного керування є проведення машинних експериментів для підтвердження працездатності розробленої

функціональної логічної схеми. Схема імітаційного моделювання логічного керування процесом варки мармеладу наведена на рис. 4.5.

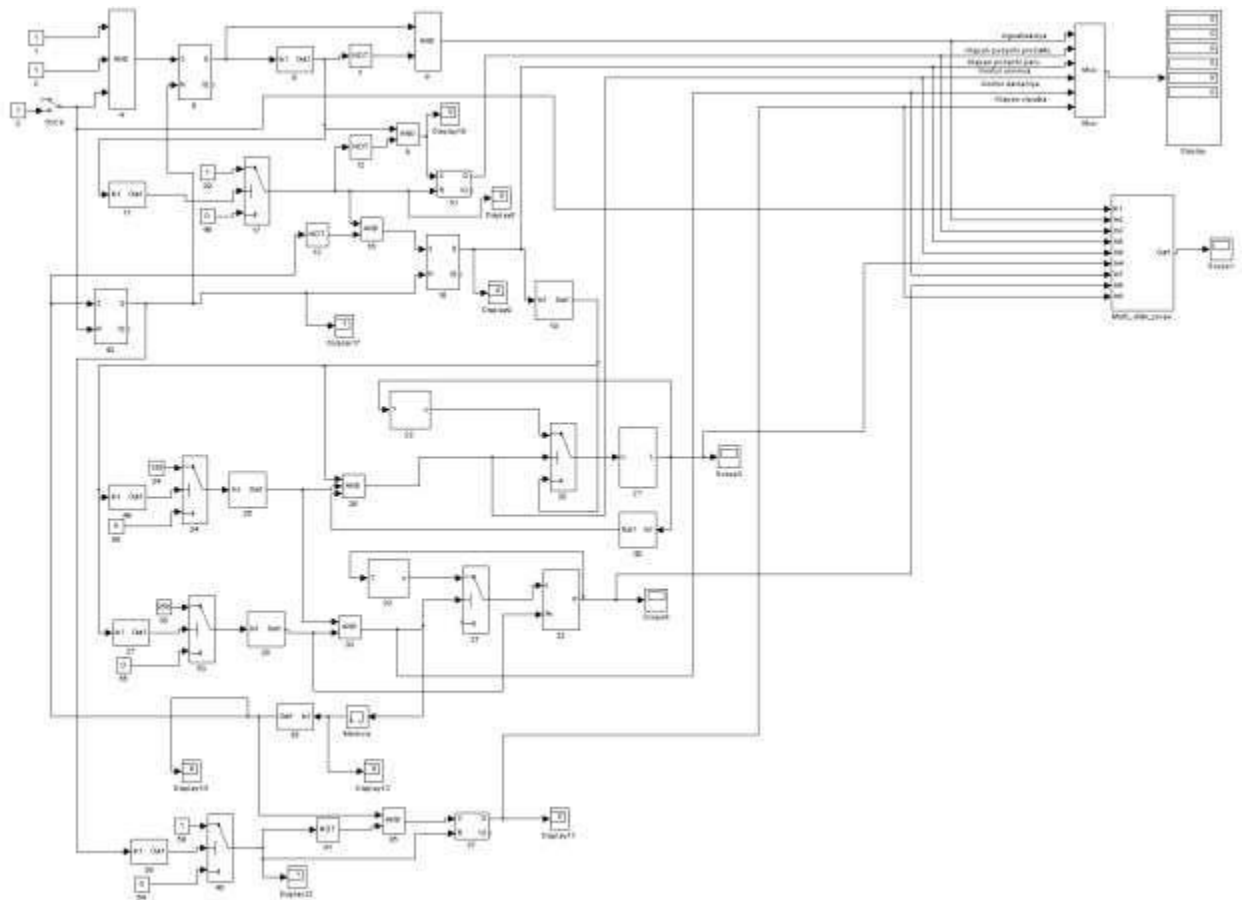


Рис. 4.5 – Схема моделювання алгоритмів логічного керування процесом варки мармеладу в середовищі Matlab пакет Simulink

Схема повинна працювати наступним чином. Формування умов, необхідних для запуску процесу виконує елемент 4 по сигналам від імітаторів сигналів від датчиків-реле 1 – наявність продукту, 2 – достатній тиск пари, і кнопки пуск 3. Далі сигнал приходить в SR-тригер 5, який зводиться і починає працювати предпускова звукова сигналізація (ППЗС). Витримку часу на ППЗС забезпечує таймер 6, сигнал від якого потрапляє в логічний елемент 8, через інвертор 7, котрий формує сигнал на ППЗС. Після закінчення роботи таймера 6, сигнал потрапляє на SR-тригер 10, котрий, в результаті спрацювання, що приводить к відкриттю клапана подачі продукту. Таймер 11 на перемикач 17 імітує спрацювання реле рівня. Після

його спрацювання тригер 10 вимикається. А тригер 18 вмикається відкривається клапан подачі пари на 60%. Сигнал з датчика імітатора сигналу рівню 24 надходить на перемикач 20. З перемикача сигнал надходить на ОК 21. З виходу ОК 21 по зворотньому зв'язку сигнал з виходу ОК надходить у регулятор рівня 22 і в нуль-орган 43, який формулює необхідний рівень для замикання контуру регулювання. Сигнал з нуль-органу надходить в логічний елемент "І" 20. Сигнал з датчика тиску 28 надходить на перемикач 31. З перемикача сигнал надходить на ОУ 32. З виходу ОУ 32, по зворотного зв'язку сигнал з виходу ОУ надходить у регулятор тиску 33. Після вмикання контуру спрацьовує таймер 35, який після витримки часу вмикає тригер 42, який обнуляє тригер 18 та 5. Вмикається тригер 37, який вмикає клапан випуску продукту після спрацювання імітатора датчика-реле 40, який вмикає тригер 37. Процес може бути запущений знову.

Циклограма роботи схеми логічного керування наведена на рис. 4.6.

4.5 Висновки за розділом

В ході розробки алгоритмів логічного керування для варки мармеладу в варочному котлі було складено регламент функціонування та алгоритм автоматичного керування циклом роботи варочного котла, розроблена функціональна логічна схема, здійснено імітаційне моделювання розроблених алгоритмів у середовищі MATLAB. Як видно з циклограми, робота системи логічного керування відповідає розробленому алгоритму автоматичного управління.

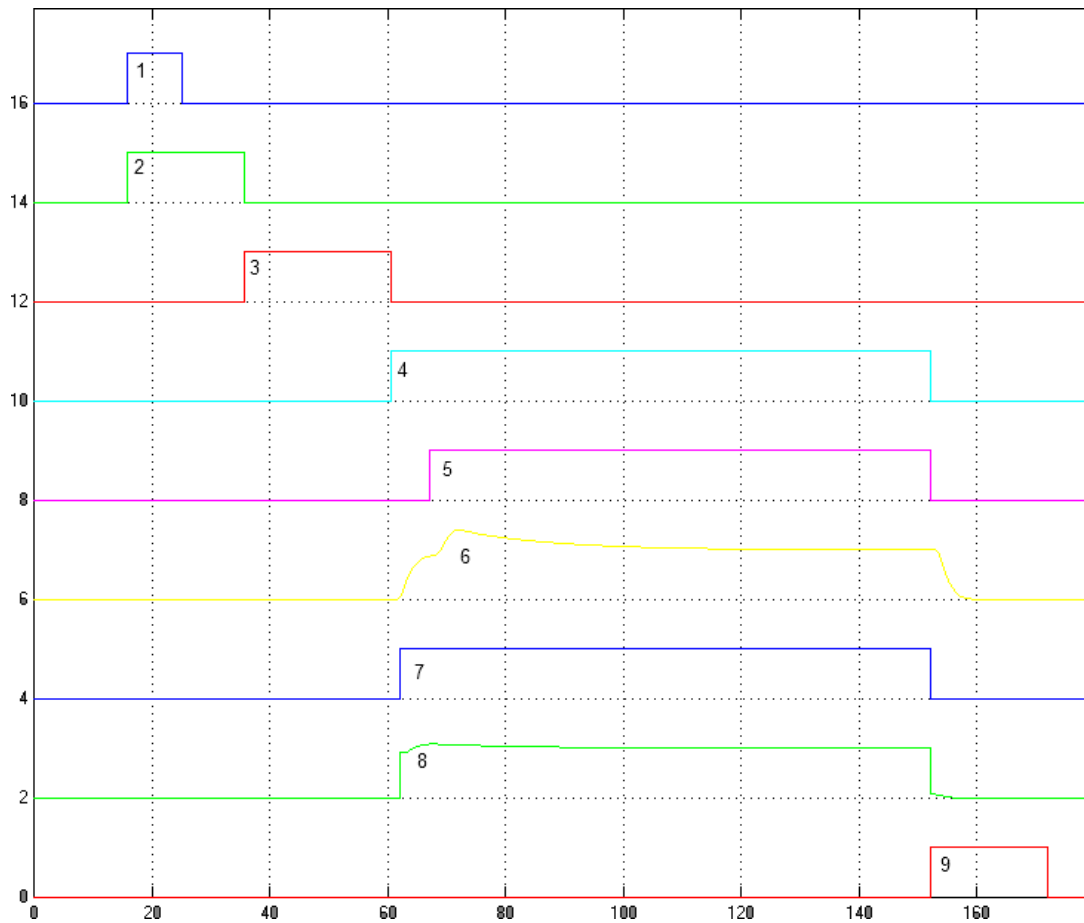


Рис. 4.6 – Циклограма роботи системи логічного керування: 1 – сигнал "ПУСК"; 2 – передпускова звукова сигналізація; 3 – відкриття/закриття клапану подачу продукту; 4 – сигнал відкриття/закриття клапану подачу пари; 5 – сигнал вмикання/вимикання контуру регулювання рівня; 6 – рівень конденсату в рубашці; 7 – сигнал вмикання/вимикання контуру регулювання тиску; 8 – тиск в ємності; 9 – сигнал відкриття/закриття клапану випуску продукту.

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

5.1. Характеристики середовищ, з якими мають взаємодіяти засоби автоматизації та обслуговуючий персонал, що повинні бути враховані при виборі технічних засобів автоматизації та місць їх розміщення

Основними середовищами для варочного котла є:

кипляча пектино-цукрова суміш, що має температуру 130°C , вологість 30...44%, $\text{pH} = 3,3\text{...}3,6$;

пароповітряне середовище котла має температуру приблизно 130°C та тиск 250...290кПа;

гріюча пара з тиском 0,4...0,6МПа;

конденсат з температурою приблизно 150°C .

Виходячи з наведених вище характеристик середовищ для технологічного процесу варки мармеладу у варочному котлі можна зробити такі висновки. Усі прилади повинні бути термостійкими, оскільки в приміщенні підвищена температура. Також вони повинні бути вологостійкими тому, що процес варки супроводжується випаровуванням вологи. Це середовище може негативно впливати на роботу засобів автоматизації.

На обслуговуючий персонал діють такі шкідливі фактори, як шум, вібрація, підвищена вологість, небезпека з боку рухливих частин технологічного обладнання.

АРМ оператора-технолога виноситься в інше приміщення, відділене від технологічних агрегатів. Це визначено тим, що безпосередньо біля технологічного обладнання шумно, висока температура та вологість негативно впливають на здоров'я оператора і технічний стан засобів автоматизації.

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

Технологічні параметри, що підлягають вимірюванню – це група технологічних параметрів, інформація про числові значення яких повинна надійти для подальшої обробки до управляючого пристрою. Діапазон вимірювання повинен обиратися таки чином, щоб номінальне значення параметра складало б приблизно 60% від діапазону вимірювання. Перелік цих параметрів зведемо в таблицю 5.1

Таблиця 5.1 – Технологічні параметри, що підлягають вимірюванню

№	Назва технологічного параметру	Умовне позн.	Одиниці вимір.	Діапазон вимір.
1.	Тиск пароповітряного середовища	P_4	кПа	101...380
2.	Рівень конденсату	L_K	см	0...70
3.	Температура продукту	Θ_5	$^{\circ}C$	0...200
4.	Тиск пари в паропроводі	P_{Π}	МПа	0,1...0,6
4.	Положення регулюючого органу відбору вторинної пари	U_1	%х.р.о	0...100
5.	Положення регулюючого органу подачі пари	U_{Π}	%х.р.о	0...100

Таблиця 5.2 – Технологічні параметри, що підлягають контролю

№	Назва технологічного параметру	Умовне позн.	Одиниці вимір.	Діапазон вимір.
1.	Верхній рівень продукту в котлі	L_{5MAX}	см	>70
2.	Нижній рівень продукту в котлі	L_{5MIN}	см	<10
3.	Мінімальний тиск пари в паропроводі	$P_{ПMIN}$	МПа	>0,4
4.	Відкриття клапана подачі продукту	U_{2B}	%х.р.о.	>90
5.	Закриття клапана подачі продукту	U_{23}	%х.р.о.	<10
6.	Відкриття клапана відбору продукту	U_{3B}	%х.р.о.	>90
7.	Закриття клапана відбору продукту	U_{33}	%х.р.о.	<10
8.	Відкриття клапана відбору конденсату	U_{4B}	%х.р.о.	>90
9.	Закриття клапана відбору продукту	U_{43}	%х.р.о.	<10
9.	Ввімкнення мішалки	M_B		

Технологічні параметри, що підлягають регулюванню – це група технологічних параметрів, значення яких потрібно підтримувати на заданому рівні за допомогою цілеспрямованих (управляючих) дій. Вимоги до цих параметрів доцільно використовувати при формулюванні вимог до точності їх вимірювання. Вимоги до регульованих параметрів зведено в таблицю 1.2 розділу 1.

Вимоги до якості роботи системи автоматичного контролю містять у собі основні метрологічні дані: точність вимірювання, обумовлена класом точності; поріг чутливості – по чутливості до відхилення контрольованого

параметра; швидкодія системи – по швидкості реагування на зміну контрольованої величини (постійна часу, час початку реагування); надійність – за такими основними показниками, як імовірність відмов, середнє напрацювання на відмову, частота відмов, інтенсивність відмов, коефіцієнт ремонтпридатності.

Метрологічні вимоги визначають роботу вимірювальних комплектів не тільки в постійному (статичному), але й у перехідному (динамічному) режимах. Вимоги до класу точності вимірювальних комплектів складає 0,1 – 10, за порогом чутливості не більш 0,05 – 0,1 діапазону вимірювання, за швидкодією не більш 16 с.

Для вимірювання тиску пароповітряного середовища котла будемо використовувати датчик РС-28 фірми Aplisent (Польща). Датчик призначений для вимірювання розрідження, абсолютного та надлишкового тиску газу, пари, рідини.



Рис. 5.1 – Зовнішній вигляд і схема електричних підключень датчика РС-28

Технічні характеристики:

Межі вимірювання тиску: від -0,1 до 100 МПа

Мінімальна ширина діапазону 2,5 кПа

Вихідний сигнал: (4÷20)мА

Іскробезпечне виконання 0ЕхіаПСТ6Х

Конструкція. Вимірювальним елементом датчика тиску є п'єзорезистивна кремнієва монолітна структура, вбудована в приймач тиску, відділений від вимірюваного середовища розділювальною мембраною і заповнений спеціальною манометричною рідиною.

Налаштування та калібрування. Споживач з допомогою потенціометрів має можливість коригування „нуля” і діапазону вимірювань перетворювача в межах до 10% без взаємодії налаштувань.

Монтаж. Враховуючи, що перетворювач має невелику масу, він монтується безпосередньо на об'єкті. У випадку, вимірювань тиску слід використовувати імпульсну трубку. Застосування спеціального манометричного вентиля перед перетворювачем спрощує монтаж, допомагає при коригуванні нуля і обнуленні або при заміні перетворювача під час роботи об'єкту.

Для вимірювання **рівню конденсату** в паровій рубашці будемо використовувати датчик ємнісний CSA EC49. Датчик має вимірювальний електрод в виді трубки з розміщеним всередині другим електродом. При вимірюванні рівню вимірюється ємність між зовнішнім і внутрішнім електродами. Виміряна ємність перетворюється в нормований струмовий сигнал 4...20мА на виході датчика.

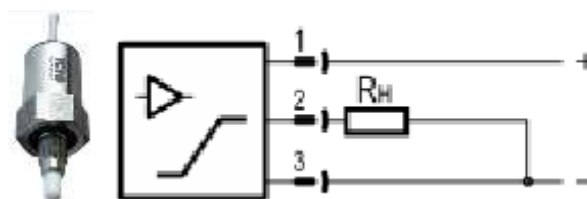


Рис. 5.2 – Зовнішній вигляд та електрична схема підключення датчика рівню CSA EC49

Технічні характеристики:

діаметр корпусу: 46мм;

вихідний сигнал: 4...20мА;

тип виходу: аналоговий;

Номінальна напруга живлення: 24В;

Похибка: $\pm 5\%$

Ступінь захисту IP68

Для вимірювання **температури продукту** використовуватимемо термометр опору ТСП-100П.

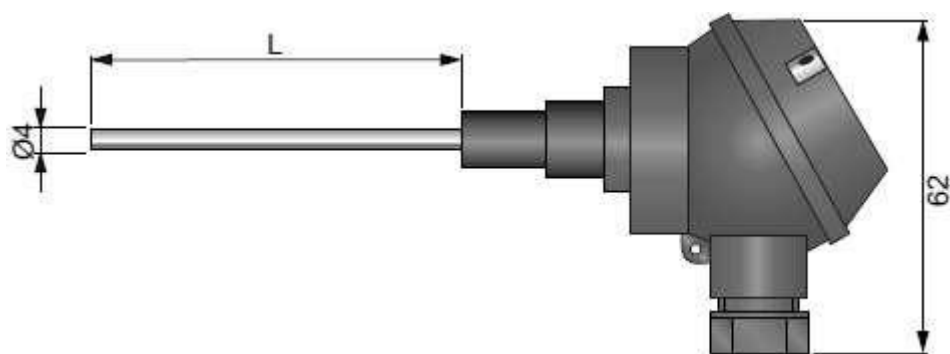


Рис. 5.3 – Датчик температури ТСПУ

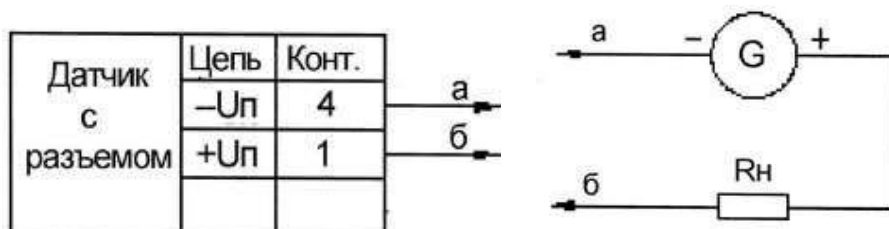


Рис. 5.4 – Схема електричних підключень датчика ТСПУ

Технічні характеристики:

Діапазон вимірювань: 0... +300 °С

Градуювання: 100П (платина)

Вихідний сигнал 4-20мА

Клас припустимого відхилення: А

Значення припустимого відхилення: $\pm 0,15$ °С

Схема підключення: 2-х дротова

Напруга живлення 24В

Переваги термометрів опору: висока точність вимірювань (зазвичай краща ± 1 °С), може доходити до 0,01 °С; можливість виключення впливу зміни опору ліній зв'язку на результат вимірювання при використанні 3-х або 4-х провідної схеми вимірювань; практично лінійна характеристика.

Недоліки термометрів опору: малий діапазон вимірювань (у порівнянні з термопарами), більш дорогий (у порівнянні з термопарами).

Для вимірювання тиску в трубопроводах з контролем мінімального значення використовуватимемо манометр електроконтактний ЕКМ-1У. Манометр призначений для вимірювання надлишкового тиску в різних середовищах. Пристрої даної серії можуть працювати з рідинами, парою і газом за умови, що середовище, в якій проводяться вимірювання, не володіє хімічно агресивними властивостями по відношенню до матеріалів, з яких виготовлені деталі пристрою. Прилад є сигналізуючим. При досягненні тиском заданих значень, прилад може управляти зовнішніми ланцюгами. За рахунок цього, прилади можуть сигналізувати про досягнення граничних значень тиску в технологічному процесі, включати або виключати аварійні пристрої або виконавчі пристрої. Прилади виготовляються з контактами, що спрацьовують при нижньому або верхньому граничному значенні заданого параметра.

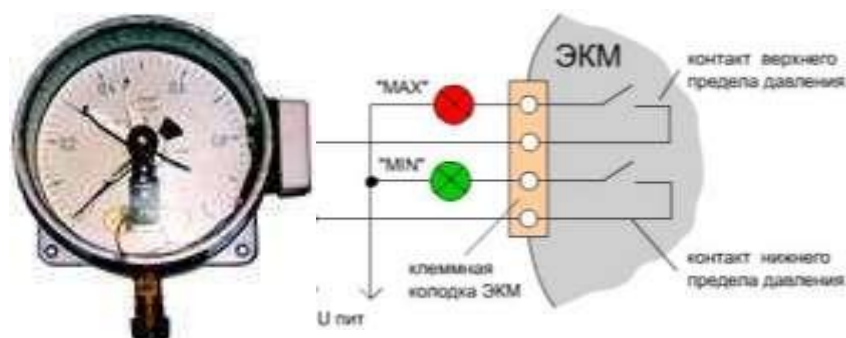


Рис.5.5 – Зовнішній вигляд та електричні підключення манометра ЕКМ-1У

Технічні характеристики:

- Клас точності – 1,5
- Різьба приєднувального штуцера – М20х1,5
- Розмір квадрата під ключ – 17х17 мм
- Допустима похибка спрацьовування сигналізуючого пристрою у відсотках від суми меж вимірювань – $\pm 2,5$
- Робоча напруга – 220В постійного або змінного струму з частотою 50Гц
- Розривне потужність контактів сигналізуючого пристрою при омичній навантаженні – 10ВА
- Маса приладів, кг, не більше – 2,5

5.3 Вибір технічних засобів для реалізації керуючих впливів технологічного процесу

У трубопроводах у якості запірних клапанів використовуємо клапан прохідний сідельний запірно-регулюючий КПСР з електроприводом. Запірно-регулюючі сідельні клапани з електричним виконавчим механізмом призначені для зміни витрати робочого середовища, що протікає по трубопроводу, наприклад, NM230A-TP.

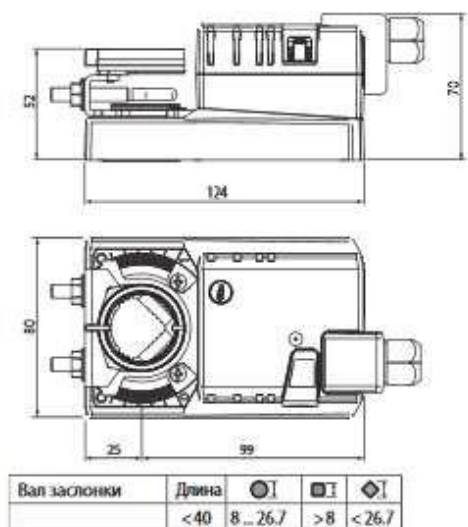


Рис. 5.6 – Зовнішній вигляд виконавчого механізму NM230A-TP

Технічні характеристики

Напруга живлення: АС 100...240В;

Частота живлення 50 / 60 Гц;

Діапазон напруг живлення: АС 85...265 В;

Споживана потужність при русі: 2,5 Вт;

Споживана потужність при утриманні: 0,6 В А;

Розрахункова потужність: 6 В А;

Функціональні дані:

Допоміжні перемикачі: 1 шт., однополюсна група перемикання контактів;

Комутативна здатність: 1 мА...3(0,5) А, АС 250 В

Точки перемикання: 0...100 % – налаштовується;

Електричне підключення:

Двигун: термінальне підключення (-ТР), клемна колодка 4 мм²;

Допоміжні перемикачі: клемна колодка 4 мм²;

Крутячий момент (номінальний): 10 Нм;

Напрямок обертання: обирається установкою перемикача 0/1;

Ручне керування: натискання і утримання кнопки на корпусі привода;

Кут повороту: макс. 95⁰, налаштовується з допомогою механічних обмежувачів;

Час повороту: 150 с / 90⁰;

Рівень шуму: < 35 дБ (А);

Безпека:

Клас захисту: II (все ізольовано);

Ступінь захисту корпусу: IP54;

ЕМС: відповідає СЕ 2004 / 108 / ЕС;

Сертифікати ІЕС / EN 60730 - 1 та ІЕС / EN 60730 - 2 - 14;

Опіп ізоляції: 0,8 кВ;

Температура експлуатації: – 30...+50 °С;

Температура зберігання: – 40...80 °С;

Навколишня вологість: 95% без конденсації;

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

6.1 Перелік сигналів, що підлягають вводу до МПК

Для технічної реалізації інтелектуального ядра системи керування необхідно визначити перелік сигналів, що підлягають введенню в мікропроцесорний контролер (МПК). Перелік сигналів приведемо в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Список параметрів які вводяться і виводяться із контроллера

№ п/п	Назва параметру	Умовне позначення	Вид сигналу A/D	Тип сигналу I/O	Діапазон сигналу на вході/виході контроллера	Позначення на схемі
1	Тиск середовища в апараті	P_4	A	I	(4-20 мА)	AI1
2	Рівень конденсату в паровій рубашці	L_K	A	I	(4-20 мА)	AI2
3	Температура продукту	Θ_5	A	I	(4-20 мА)	AI3
4.	Сигнал зворотнього зв'язку від клапана вторинної пари	U_{1B}	A	I	(4-20 мА)	AI4

Таблиця 6.1 (продовження) – Список параметрів які вводяться і виводяться із контроллера

№ п/п	Назва параметру	Умовне позначення	Вид сигналу A/D	Тип сигналу I/O	Діапазон сигналу на вході/виході контроллера	Позначення на схемі
5.	Сигнал зворотнього зв'язку від клапана подачі пари	$U_{ПВ}$	A	I	(4-20 мА)	AI5
6.	Тиск пари в пароповоді	$P_{П}$	D	I	сухой контакт	DI1
7.	Верхній рівень продукту	L_{5MAX}	D	I	сухой контакт	DI2
8.	Нижній рівень продукту	L_{5MIN}	D	I	сухой контакт	DI3
9.	Сигнал зворотнього зв'язку від пускача мішалки	M_KM_State	D	I	сухой контакт	DI4
10.	Сигнал про відкриття клапану подачі продукту	$U_{2В}$	D	I	сухой контакт	DI5
11.	Сигнал про закриття клапану подачі продукту	U_{23}	D	I	сухой контакт	DI6
12.	Сигнал про відкриття клапану випуску продукту	$U_{3В}$	D	I	сухой контакт	DI7

Таблиця 6.1 (продовження) – Список параметрів які вводяться і виводяться із контроллера

№ п/п	Назва параметру	Умовне позначення	Вид сигналу A/D	Тип сигналу I/O	Діапазон сигналу на вході/виході контроллера	Позначення на схемі
13.	Сигнал про закриття клапану випуску продукту	U ₃₃	D	I	сухой контакт	DI8
14.	Сигнал про відкриття клапану випуску конденсату	U _{4В}	D	I	сухой контакт	DI9
15.	Сигнал про закриття клапану випуску конденсату	U ₄₃	D	I	сухой контакт	DI10
16.	Сигнал автомату захисту двигуна мішалки	M_SF_State	D	I	сухой контакт	DI11
17.	Сигнал автомату захисту ПЧ двигуна мішалки	M_SF_State	D	I	сухой контакт	DI12
18.	Сигнал кнопки пуску	SB_pusk	D	I	«сухой контакт»	DI13
19.	Сигнал кнопки стоп	SB_stop	D	I	«сухой контакт»	DI14
20.	Сигнал керування ПЧ двигуна мішалки	M_Control	D	O	«открытый коллектор»	DO1

Таблиця 6.1 (продовження) – Список параметрів які вводяться і виводяться із контроллера

№ п/п	Назва параметру	Умовне позначення	Вид сигналу A/D	Тип сигналу I/O	Діапазон сигналу на вході/виході контроллера	Позначення на схемі
21.	Сигнал керування відкриттям клапану вторинної пари	U ₁	D	O	«открытый коллектор»	1DO2
22.	Сигнал керування закриттям клапану вторинної пари		D	O	«открытый коллектор»	2DO2
23.	Сигнал керування відкриттям клапану подачі продукту	U ₂	D	O	«открытый коллектор»	1DO3
24.	Сигнал керування закриттям клапану подачі продукту		D	O	«открытый коллектор»	2DO3
25.	Сигнал керування відкриттям клапану подачі пари		D	O	«открытый коллектор»	1DO4
26.	Сигнал керування закриттям клапану подачі пари		D	O	«открытый коллектор»	2DO4

Таблиця 6.1 (закінчення) – Список параметрів які вводяться і виводяться із контроллера

№ п/п	Назва параметру	Умовне позначення	Вид сигналу A/D	Тип сигналу I/O	Діапазон сигналу на вході/виході контроллера	Позначення на схемі
27.	Сигнал керування відкриттям клапану випуску продукту	U ₃	D	O	«открытый коллектор»	1DO5
28.	Сигнал керування закриттям клапану випуску продукту		D	O	«открытый коллектор»	2DO5
29.	Сигнал керування відкриттям клапану випуску конденсату	U ₄	D	O	«открытый коллектор»	1DO6
30.	Сигнал керування закриттям клапану випуску конденсату		D	O	«открытый коллектор»	2DO6

Кількість каналів вводу\виводу:

AI – 5 , DI – 14, DO - 11.

6.2 Розробка контролерно - комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування на базі контроллера Fastwel CPB902

Технічну структуру системи управління розробимо на базі контроллера CPM713 серії Fastwel I/O.

Для реалізації алгоритмів управління в модулях ПЗО контролера повинні бути передбачені 5 аналогових входів, 12 дискретних входів і 11 дискретних виходів.

Виходячи із сформованої таблиці, для реалізації алгоритмів управління скористаємось контролером СРМ713 (рис. 6.1) з модулями ПЗО DIM717 (2 шт), DIM718, АІМ723 (2 шт), АІМ730, модулем вводу живлення 24 В постійного току и модулем оконечной нагрузки шины ОМ750.



Рис. 6.1 – Загальний вигляд контролера СРМ713.

Технічні характеристики контролера СРМ713

Мережевий інтерфейс: Ethernet;

Протокол передачі: ModBus TCP (Master, Slave);

Максимальне число вузлів мережі: визначається специфікацією Ethernet;

Середовище передачі даних: Витя пара UTP 100 категорії 5;

Довжина сегменту мережі: 100м. Визначається специфікацією Ethernet;

Швидкість передачі даних: 10 / 100 Мбит/с;

Число модулів вводу/виводу: не більшк 64;

Розмір сегменту коду: 2 Мбайт;

Розмір конфігурації: 2 Мбайт;

Розмір сегменту вхідних даних: 131 072 байт;

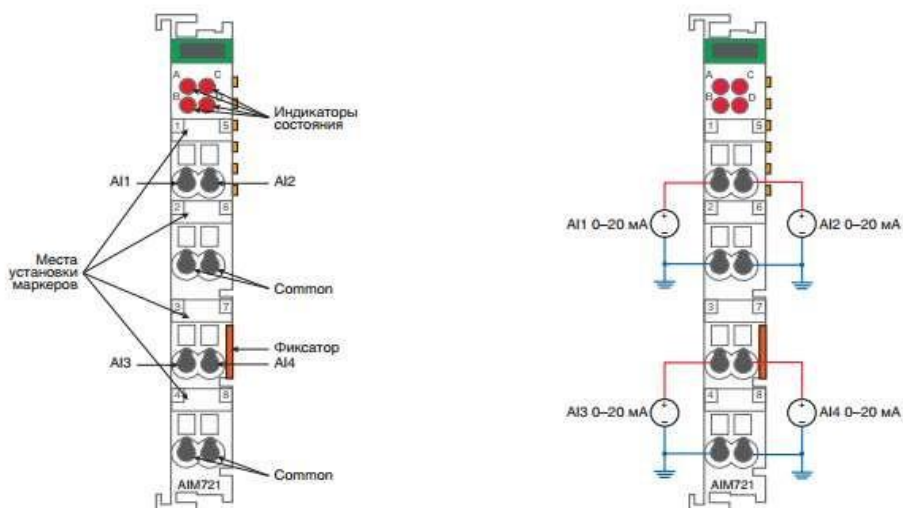
Розмір сегменту вихідних даних: 131 072 байт;

Розмір сегменту внутрішніх змінних: 2 Мбайт;

Резмір сегменту енергонезалежних змінних: 131 072 байт;
 Напряга живлення: 24 В (+20 –15%) постійного струму;
 Струм споживання: не більше 0,3 А (при напрузі 24 В);
 Сумарний струм навантаження вбудованого джерела живлення для модулів вводу-виводу: не більше 1 А;
 Годинник реального часу: вбудований, стандартний для системи X86;
 Розмір елементу конфігурації: 940байт;
 Середній час напрацювання на відмову: 500 000 год;
 Установочні розміри: 51 X 65 X 100 мм;
 Маса: 0,18 кг.

Для введення аналогових сигналів у контролер будемо використовувати 4-канальний модуль аналогового вводу AIM723 (рис. 6.1).

4-канальный модуль аналогового ввода сигнала 0...20 мА



- Каналы гальванически изолированы от шины FBUS.
- Для подключения «земли» используются объединённые между собой клеммы 2, 6, 4, 8.
- Модуль выпускается в двух исполнениях, отличающихся погрешностью измерения: AIM72101 и AIM72102.
- Возможна работа в диапазоне 4...20 мА.

Рис 6.2 - Схема підключення модуля аналогового вводу AIM 723

Технічні характеристики модулю AIM723:

Число каналів вимірювання струму: 4;
 Діапазон вимірювання струму: 4...20 мА;
 Вхідний опір каналів вимірювання струму: < 120 Ом при 20мА;

Повний час перетворення вхідного сигналу за одним каналом (обирається уставкою частоти режекторного фільтру в конфігурації модулю):

1000 Гц – 8,4 мс;

100 Гц – 84,5 мс;

50 Гц – 160,3 мс;

25 Гц – 320,8 мс;

Розрядність АЦП: 22 розряди, $\Delta - \Sigma$;

Режим вимірювання: однопровідний;

Основна приведена похибка при 25⁰С:

для виконання АІМ72301 $\leq 0,02\%$;

для виконання АІМ72302 $\leq 0,04\%$ від повної шкали при частоті фільтру

1000 Гц;

Напруга ізоляції системи / живлення: 500 В;

Захист за струмом: 30 мА, нелінійне обмеження;

Максимальна вхідна напруга:

35 В постійно;

60 В на протязі 1 хв;

Ток споживання: ≤ 45 мА;

Розмір елемента конфігурації: 308 байт;

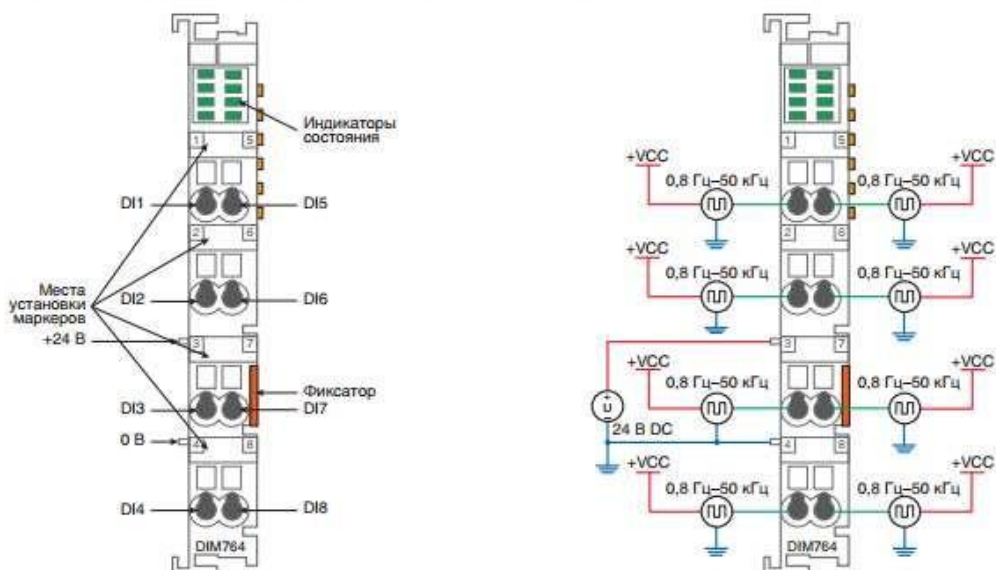
Середній час напрацювання на відмову: 600 000 год;

Установочні розміри: 12 X 64 X 100 мм;

Маса: $\leq 0,06$ кг.

Для вводу дискретних сигналів до контролеру будемо використовувати два 8-канальних модуля дискретного вводу DIM717 (рис. 6.2).

8-канальный универсальный модуль дискретного ввода



- Модуль может быть использован как счётчик импульсов, измеритель частоты импульсов, измеритель временных интервалов, измеритель сдвига фаз импульсных последовательностей, квадратурный счётчик и т.д.
- Базовым элементом модуля является микросхема программируемой логики.
- Предусмотрена светодиодная индикация состояния модуля.
- Предусмотрена аппаратная фильтрация входных сигналов каналов.
- Напряжение 24 В может быть подано через боковые контакты/ножи шины питания при помощи модуля OM751/OM752.

Рис 6.3 - Схема підключення модуля дискретного вводу DIM 717

Технічні характеристики модулю DIM717:

Число каналів дискретного вводу: 8;

Рівень логічного нуля: – 3... + 5 В постійного струму;

Рівень логічної одиниці: 15...30 В постійного струму;

Вхідний рівень каналу: ≤ 10 мА;

Фільтрація вхідного сигналу: програмна 0, 200 мкс, 3 мс;

Ізоляція вхідних кіл:

оптична, 500 В (вхід/система); 500 В (вхід/DIN-рейка)

500 В (вхід/система);

Напруга живлення вхідних кіл: 24 В (– 15...+ 20%) через ножі шини живлення;

Двоканальний лічильник вхідних імпульсів (канали DIN1, DIN2): частота імпульсів ≤ 300 Гц, 16 розрядів;

Струм споживання по внутрішній шині $\leq 50\text{mA}$;

Індикація вхідної напруги: світлодіодна, 8 каналів;

Розміри елемента конфігурації:

394 байт з підтримкою лічильників;

337 байт без підтримки лічильників;

Середній час напрацювання на відмову: 1 900 000 год;

Установочні розміри: 12 X 64 X 100 мм;

Маса: $\leq 0,06\text{кг}$.

Для виводу дискретних сигналів з контролера будемо використовувати два 8-канальних модулі дискретного виводу DIM718 (рис. 6.3).

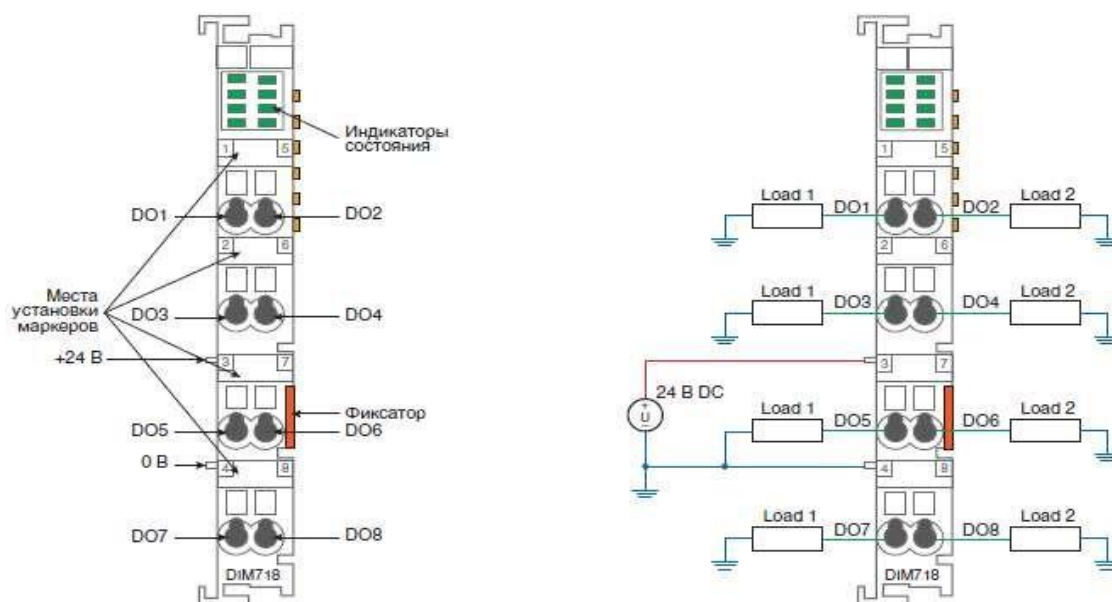


Рис. 6.4 – Схема підключення до модулю УЗО DIM718.

Технічні характеристики модулю DIM718:

Число цифрових каналів виводу: 8;

Напруга на вхідних контактах живлення: 24В (– 15...+ 20%);

Вихідний струм одного каналу: 0,5А;

Тип навантаження: резистивне, індуктивне, лампи;

Діагностика вихідних каналів: коротке замикання, перевантаження, перегрівання;

Струм визначення короткого замикання: 4 А;
Струм споживання по зовнішній шині: 16мА + струм навантаження;
Ізоляція вхідних кіл:
оптична, 500В (вхід/система);
500 В (вхід/DIN-рейка);
Частота перемикавання: ≤ 500 Гц (обмежується мінімальним періодом прикладної програми, 1 мс);
Час перемикавання каналів: 0,5 мс;
Струм споживання по внутрішній шині: ≤ 50 мА;
Генератор ШІМ (канали DO1...DO4):
частота імпульсів ≤ 1 кГц;
розрішення: 16 розрядів;
дискрет напівперіоду: 50 мкс;
напівперіод: не менше 400 мкс;
Індикація вихідної напруги: світлодіодна, 8 каналів;
Розмір елемента конфігурації:
931 байт (з підтримкою ШІМ);
627 байт (без підтримки ШІМ);
Середній час напрацювання на відмову: 2 100 000 год;
Установочні розміри: 12 X 64 X 100 мм;
Маса: $\leq 0,06$ кг.

Зв'язок контролера з комп'ютером здійснюється за допомогою інтерфейсу Ethernet.

Враховуючи обраний контролер, модулі ПЗО до нього, та список змінних, які необхідно вводити та виводити з контролера схема технічною структури мікропроцесорного ядра системи автоматичного керування прийме наступний вигляд. (рис. 6.5).

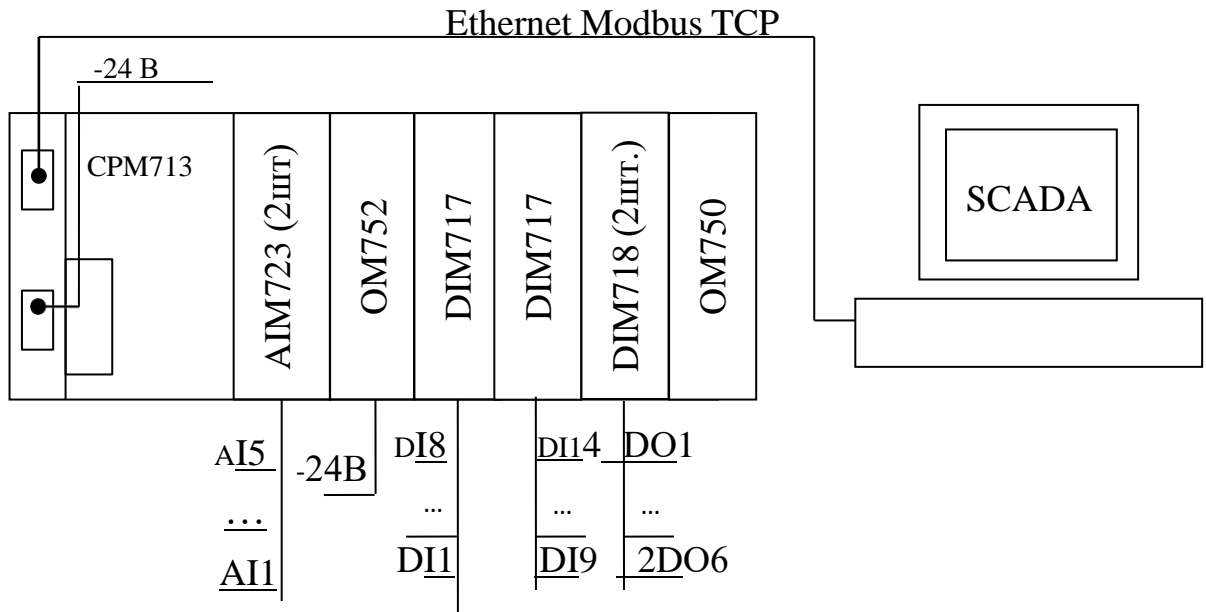


Рис. 6.5 – Схема технічної структури мікропроцесорного ядра системи управління процесом варки мармеладу на базі контролера серії Fastwel I/O

Розробку програмного забезпечення для контролера будемо проводити у середовищі CodeSys 2.3. Першим етапом проведемо програмне конфігурування контролера та його модулів ПЗО у середовищі CodeSys 2.3. На рис. 6.6 – 6.8 розкрита процедура конфігурування CPU контролера та його модулів УЗО.

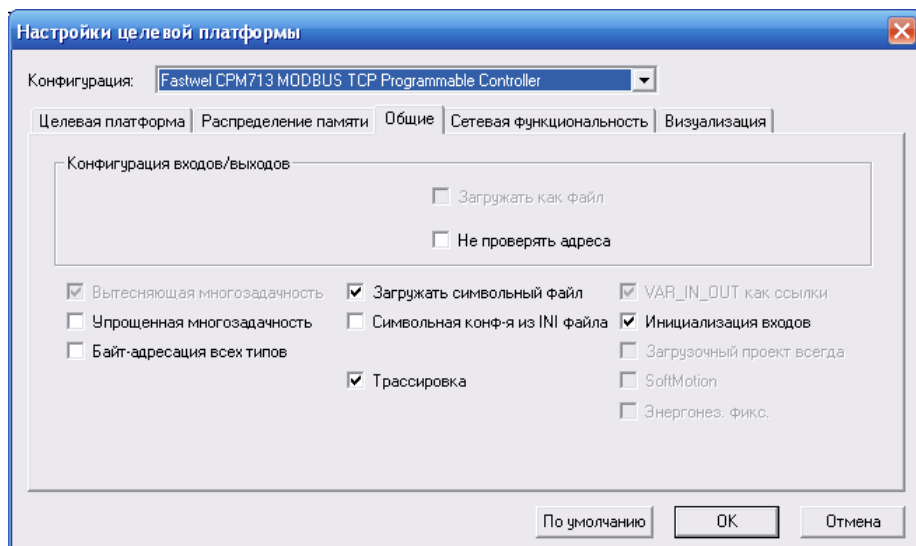


Рис. 6.6 – Вікно вибору контролера і конфігурації його параметрів.

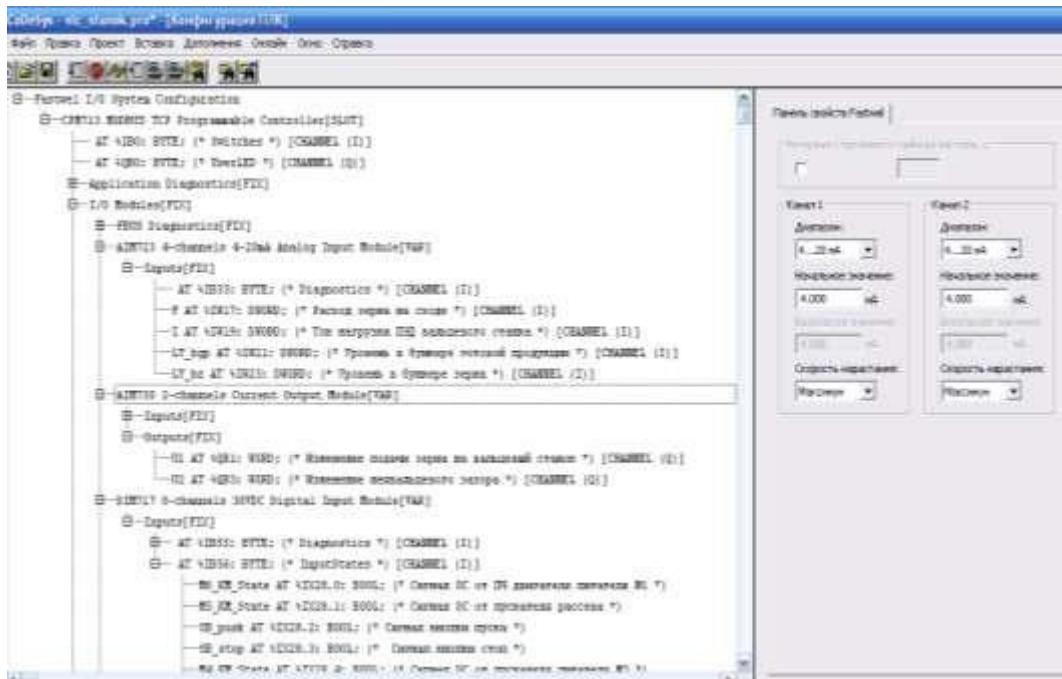


Рис. 6.7 – Фрагмент вікна конфігурування модулів ПЗО AIM723, AIM730, DIM717.

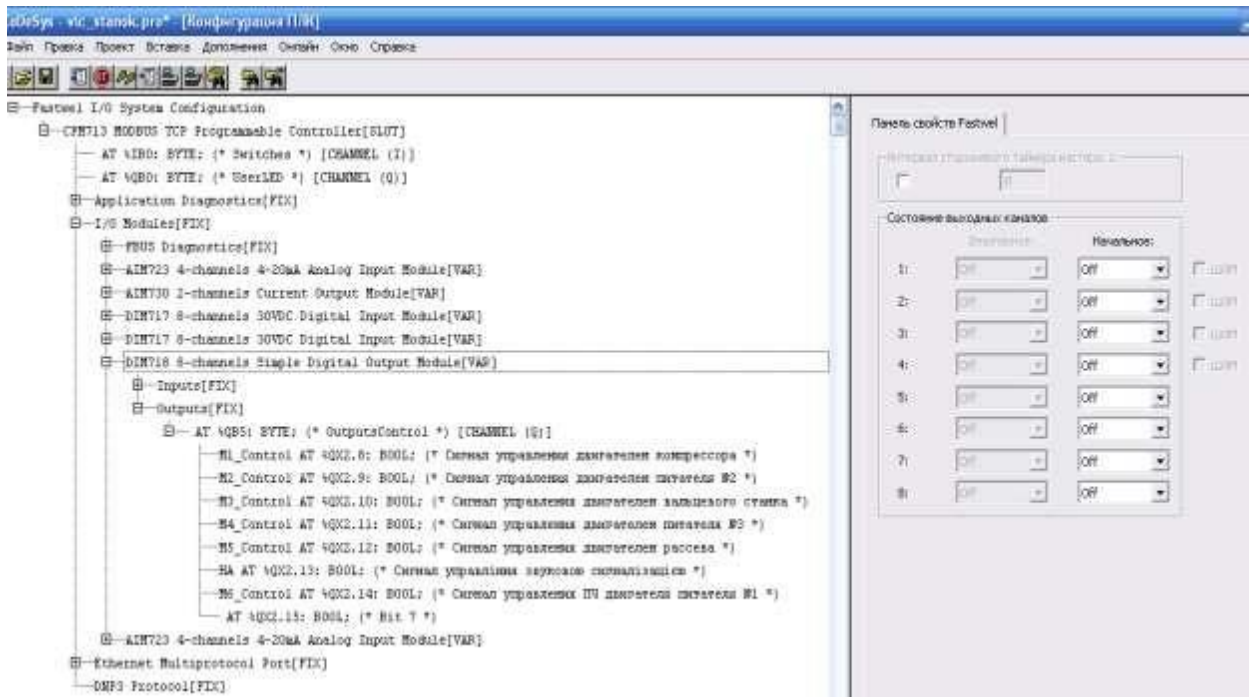


Рис. 6.8 – Фрагмент вікна конфігурування модулю УЗО DIM718

Завершив конфігурацію переходимо до програмної реалізації алгоритмів керування.

Проведемо цифрову реалізацію алгоритмів регулювання

Передаточна функція регулятора (реальний ПІД-регулятор):

$$W_p(p) = k_p \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{uz} \cdot p} + \frac{T_{np} \cdot p}{0,2T_{np} \cdot p + 1} \right)$$

Перетворення по методу Ейлера:

$$\begin{aligned} W_{ПІД}(p) &= k \left(1 + \frac{1}{T_{uz} p} + \frac{T_{np} p}{0,2T_{np} p + 1} \right) = k \frac{(0,2T_{np} p + 1)T_{uz} p + (0,2T_{np} p + 1) + T_{np} T_{uz} p^2}{0,2 \cdot T_{np} \cdot T_{uz} p^2 + T_{uz} p} = \\ &= k \frac{0,2T_{np} T_{uz} p^2 + T_{uz} p + T_{np} T_{uz} p^2 + 0,2T_{np} p + 1}{0,2 \cdot T_{np} \cdot T_{uz} p^2 + T_{uz} p} = k \frac{1,2T_{np} T_{uz} p^2 + (T_{uz} + 0,2T_{np}) p + 1}{0,2 \cdot T_{np} \cdot T_{uz} p^2 + T_{uz} p} = \\ &= \left[p \rightarrow \frac{1}{z-1} \right] = k \frac{\frac{T_k^2}{0,2T_{np} T_{uz} (z-1)^2 + \frac{T_{uz}}{T_k} (z-1)}}{\frac{T_k^2}{0,2T_{np} T_{uz} (z-1)^2 + \frac{T_{uz}}{T_k} (z-1)}} = \left[\begin{array}{l} a = \frac{1,2T_{np} T_{uz}}{T_k^2}; b = \frac{T_{uz} + 0,2T_{np}}{T_k} \\ c = \frac{0,2T_{np} T_{uz}}{T_k^2}; d = \frac{T_{uz}}{T_k} \end{array} \right] = \\ &= k_p \frac{a(z-1)^2 + b(z-1) + 1}{c(z-1)^2 + d(z-1)} = k_p \frac{az^2 - 2az + a + bz - b + 1}{cz^2 - 2cz + c + dz - d} = k_p \frac{az^2 + (b-2a)z + (a-b+1)}{cz^2 + (d-2c)z + (c-d)} = \\ &= \left[\begin{array}{l} j_1 = a; j_2 = b-2a; j_3 = a-b+1 \\ w_1 = c; w_2 = d-2c; w_3 = c-d \end{array} \right] = k \cdot w_1^{-1} + w_2^{-2} z^{-1} + w_3^{-3} z^{-2} = \epsilon(z) \end{aligned}$$

Модель САР розраховується у програмному модулі POU_100ms, який обчислюється кожну 0.1 секунди. Час обчислення задається при конфігуруванні контролера у розділі «Конфігурація задач»(рис. 6.9).

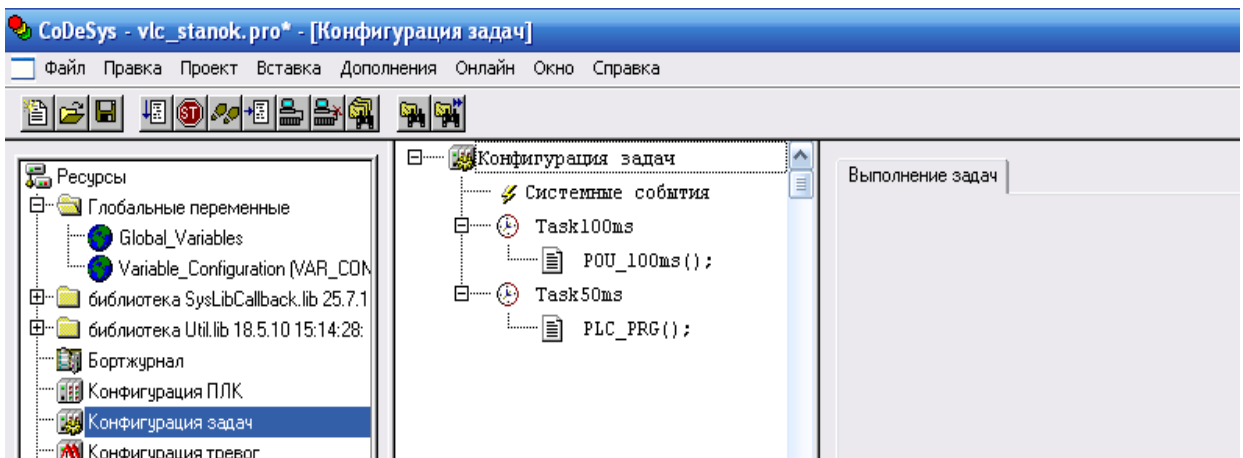


Рис. 6.9 – Загальний вигляд вікна проекту при конфігуруванні задач

На рис. 6.10 представлені фрагменти програм, які реалізують модель об'єкта керування та алгоритми регулювання.

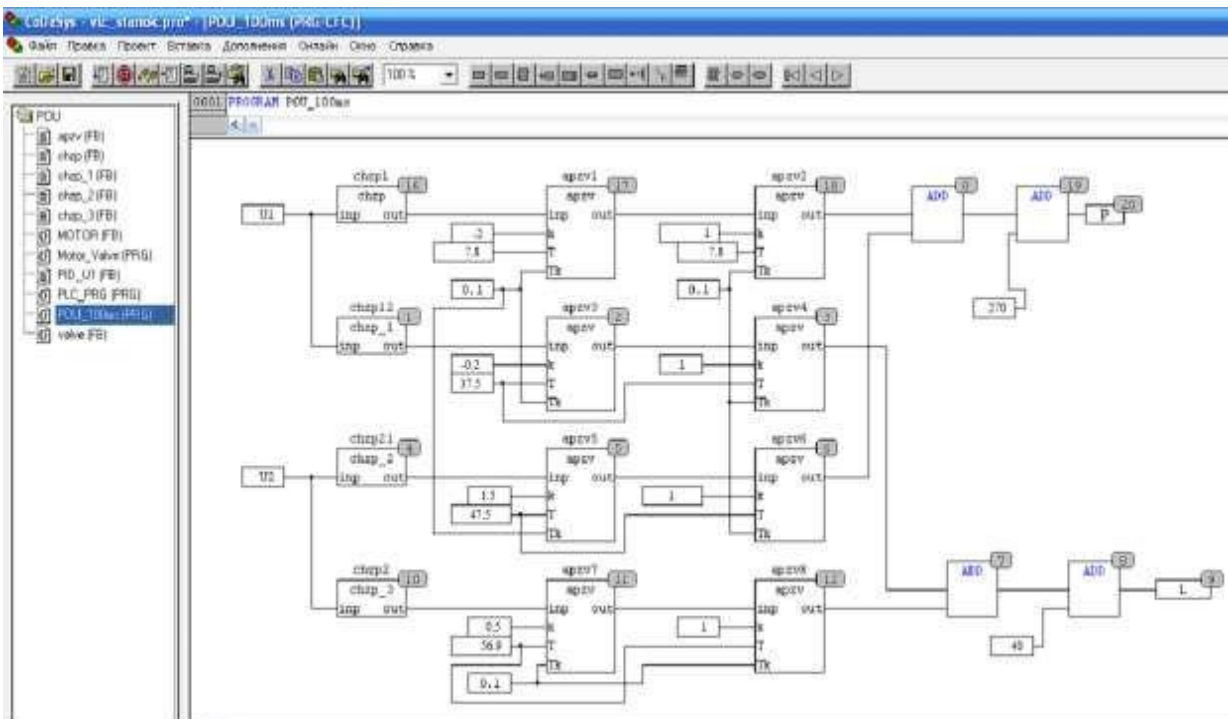


Рис. 6.10 – Фрагмент програми, яка реалізує модель об'єкта керування

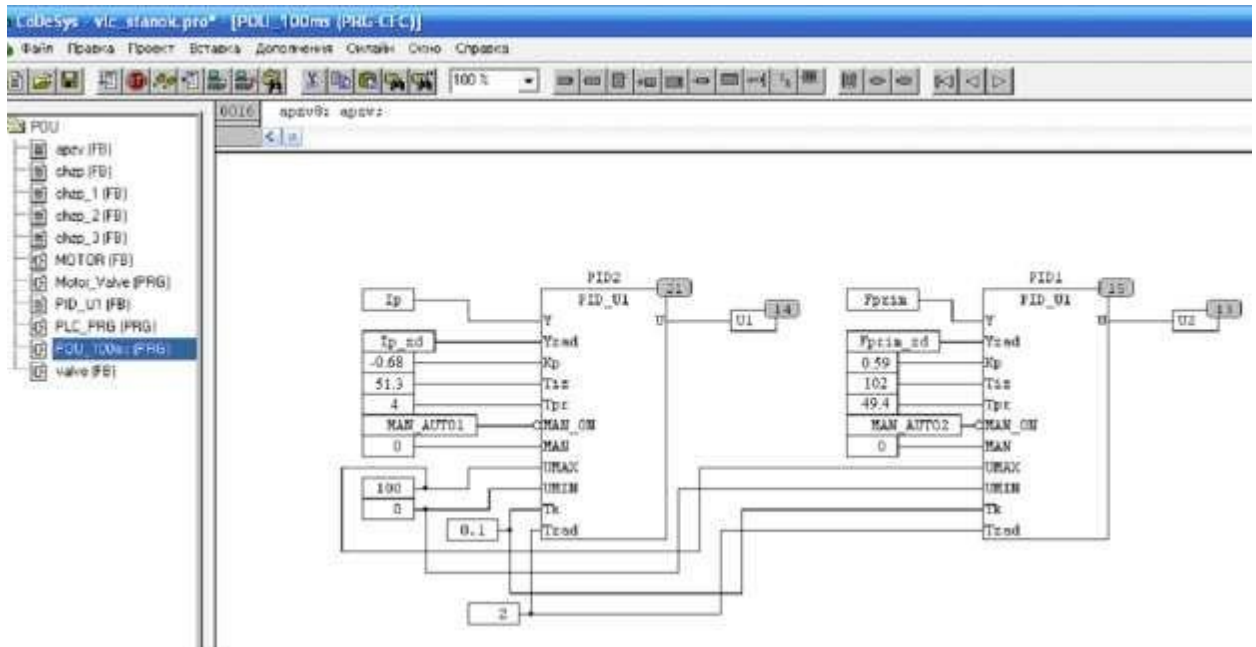


Рис. 6.11 – Фрагмент програми, яка реалізує алгоритми регулювання

Для реалізації моделі об'єкта керування використовувались спеціально розроблені функціональні блоки динамічних ланок: ланки запізнення та

статичної аперіодичної інерційної ланки першого порядку. На рис. 6.12 представлені фрагменти програм реалізації цих ланок мовою ST.

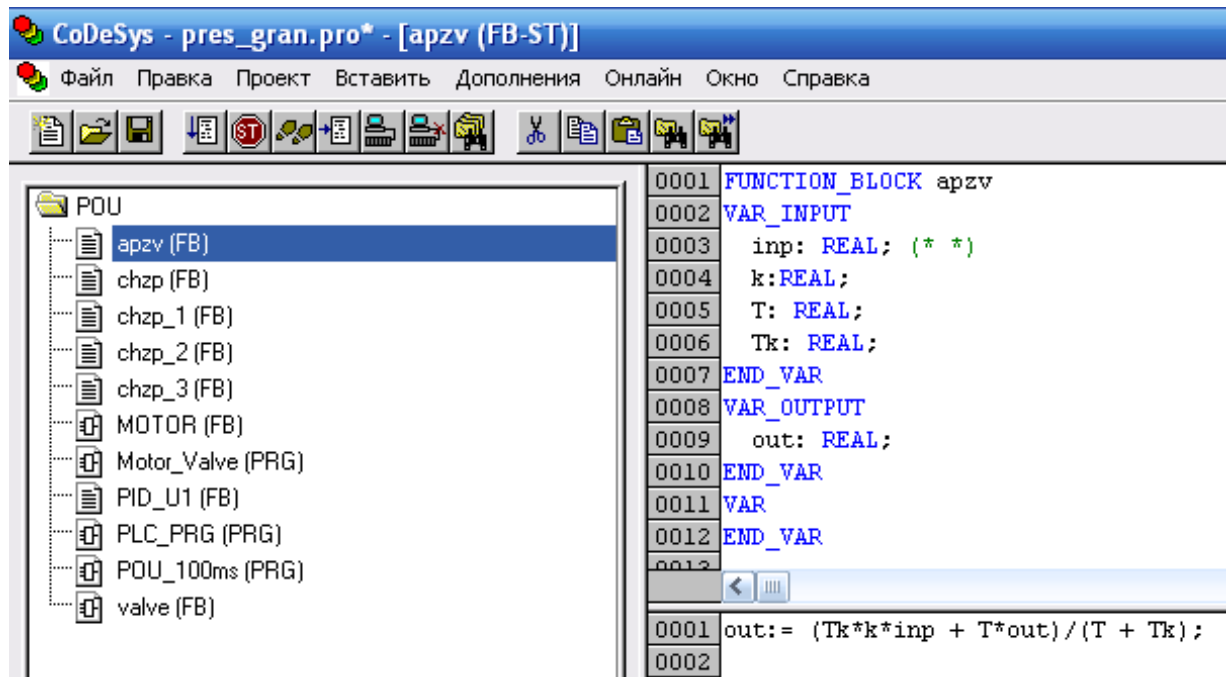


Рис. 6.12 – Фрагмент програми, яка реалізує статичну аперіодичну інерційну ланку першого порядку

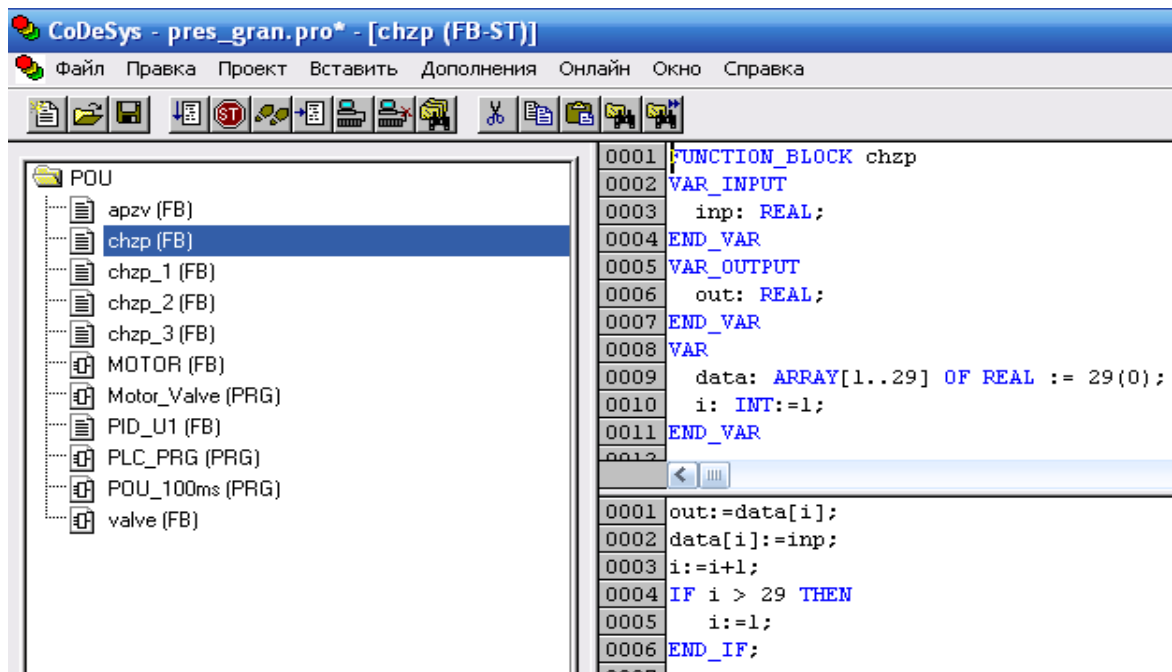


Рис. 6.13 – Фрагмент програми, яка реалізує ланку запізнення.

Для реалізації алгоритмів регулювання використовувались спеціально розроблений функціональний блок ПІД – регулятору з інерційним задатчиком та переключенням режиму РУЧ/АВТ. Цей блок розроблений мовою ST . На рис. 6.14 представлена внутрішня структура регулятора.

```

[PID_U1 (FB-ST)]
авить Дополнения Онлайн Окно Справка
FUNCTION_BLOCK PID_U1
VAR TMPIT
(*Ручной режим управления*)
IF MAN_ON = TRUE THEN
  U:=MAN;
  Ui:= U;
  Yzadd:= Y;
  Ud:=0;
  Up_1:=0;
ELSE
  (**ПИД- алгоритм управления **)
  (*Расчет инерционного задатчика*)
  Yzadd:= (Tk*Yzad + Tzad*Yzadd)/(Tk+Tzad);
  (*Расчет ошибки регулирования*)
  DY:= Yzadd - Y;
  (*Расчет П-составляющей*)
  Up:= Kp*DY;
  (*Расчет И-составляющей*)
  Ui:= (Tk/Tiz)*Up + Ui;
  (*Реализация ограничения И-составляющей*)
  IF Ui > UMAX THEN
    Ui:= UMAX;
  ELSIF Ui < UMIN THEN
    Ui:= UMIN;
  END_IF;
  (*Расчет Д-составляющей*)
  Ud:= (Tpr*(Up-Up_1)+0.2*Tpr*Ud)/(Tk+0.2*Tpr);
  Up_1:=Up; (*Переопределение промежуточной переменной для расчета Д-сост.*)
  (** Расчет управляющего воздействия **)
  U:= Up + Ui + Ud;
END_IF;
(*Реализация ограничения управляющего воздействия*)
IF U > UMAX THEN
  U:= UMAX;
ELSIF U < UMIN THEN
  U:= UMIN;
END_IF;

```

Рис. 6.14 – Фрагмент програми реалізації ПІД-регулятора

CoDeSys - pres_gran.pro* - [PID_U1 (FB-ST)]

Файл Правка Проект Вставить Дополнения Онлайн Окно Справка

POU

- apzv (FB)
- chzp (FB)
- chzp_1 (FB)
- chzp_2 (FB)
- chzp_3 (FB)
- MOTOR (FB)
- Motor_Valve (PF)
- PID_U1 (FB)**
- PLC_PRG (PRG)
- POU_100ms (PF)
- valve (FB)

```

0001 FUNCTION_BLOCK PID_U1
0002 VAR_INPUT
0003   Y: REAL; (*регулируемая переменная*)
0004   Yzad: REAL; (*заданное значение*)
0005   Kp: REAL; (*коэфф. передачи*)
0006   Tiz: REAL; (*время изодрома*)
0007   Tpr: REAL; (*время предварения*)
0008   MAN_ON: BOOL; (*ручной режим Вкл.\Выкл.*)
0009   MAN: REAL; (*Управл. возд. в ручном режиме*)
0010   UMAX: REAL; (*максимал. знач. управл. возд.*)
0011   UMIN: REAL; (*минимал. знач. управл. возд.*)
0012   Tk: REAL; (*шаг квантования*)
0013   Tzad: REAL;
0014 END_VAR
0015 VAR_OUTPUT
0016   U: REAL; (*управляющее воздействие*)
0017 END_VAR
0018 VAR
0019   Ui: REAL;
0020   Yzadd: REAL;
0021   Up_l: REAL;
0022   Ud: REAL;
0023   DY: REAL;
0024   Up: REAL;
0025 END_VAR

```

Рис. 6.14 (закінчення) – Фрагмент програми реалізації ПІД-регулятора



Рис. 6.15 – Перехідні характеристики, отримані при тестуванні і відлагодженні алгоритмів регулювання на моделі ОУ



Рис. 6.15 (закінчення) – Перехідні характеристики, отримані при тестуванні і відлагодженні алгоритмів регулювання на моделі ОУ

Логічне керування технологічним циклом має здійснюватися за алгоритмами, наведеними в розділі 4.

Програмна реалізація алгоритмів логічного керування виконана в програмному модулі PLC_PRG який обчислюється з кроком 0.05с. Фрагмент програми що реалізує алгоритми автоматичного пуску та зупинки наведено на рис. 6.16

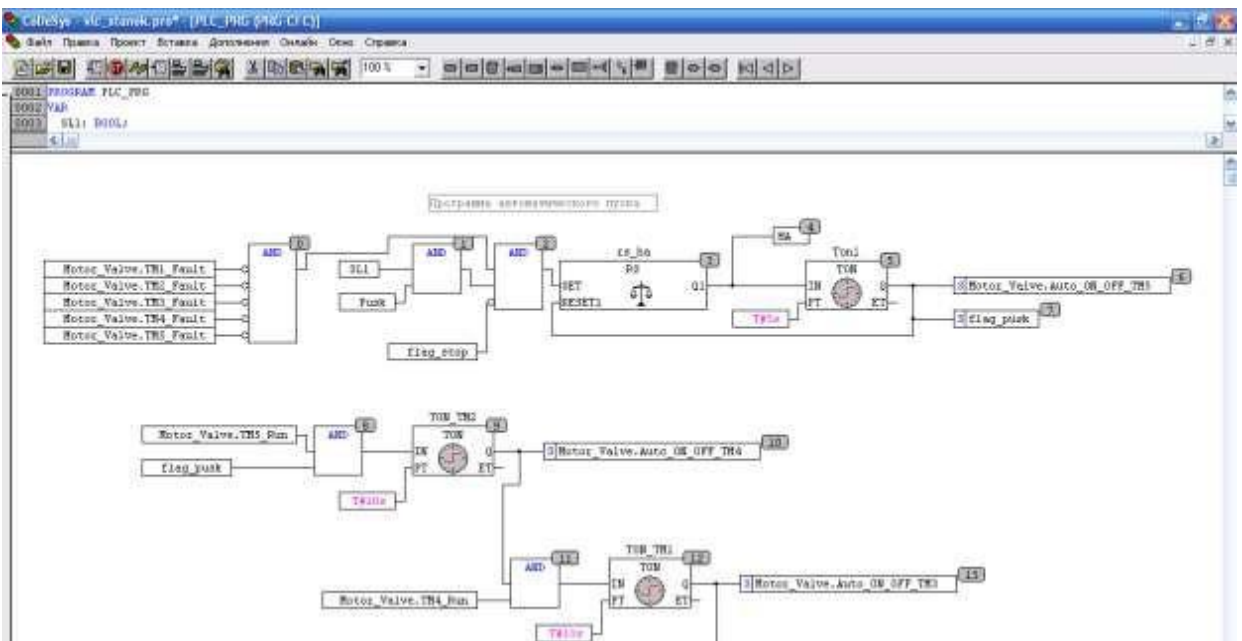


Рис. 6.16 – Фрагмент програми що реалізує алгоритми автоматичного пуску та зупинки

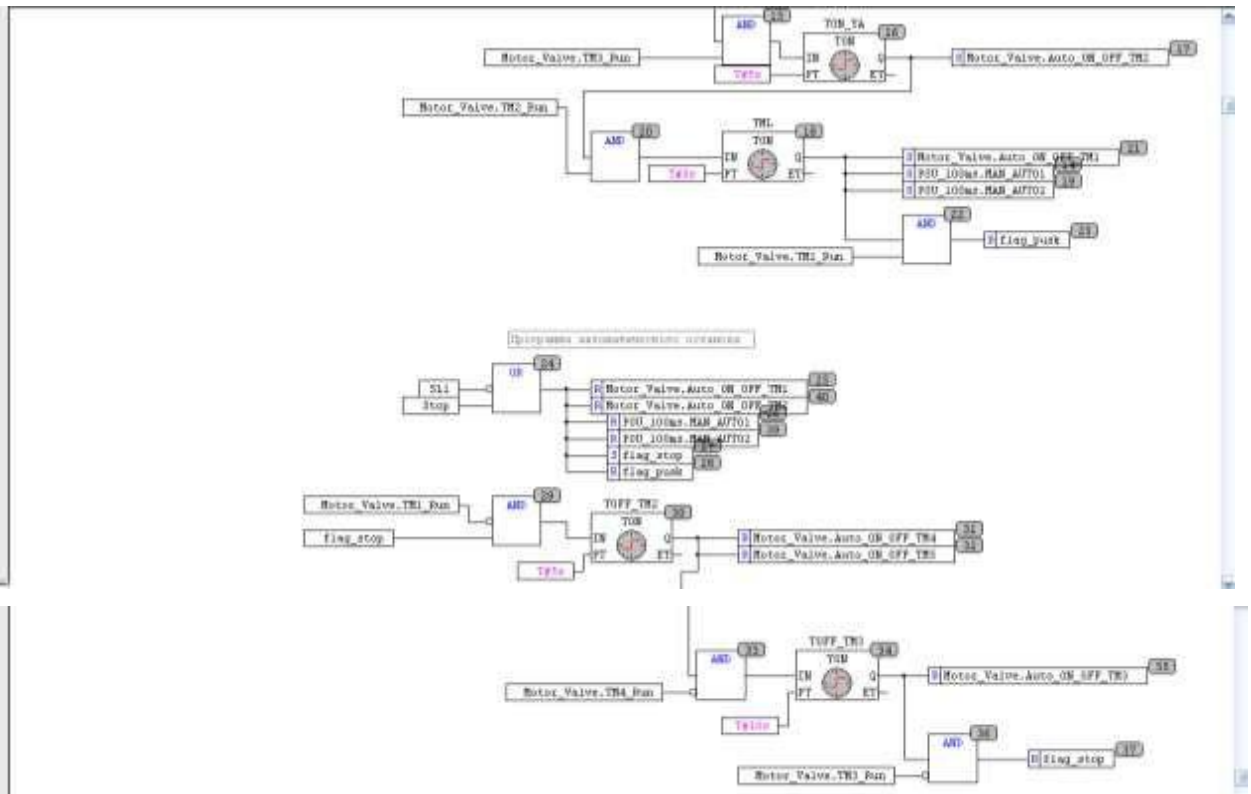


Рис. 6.16 (закінчення) – Фрагмент програми що реалізує алгоритми автоматичного пуску та зупинки

Програма логічного керування формує сигнали для підпрограм керування двигунами, клапанами та контурами регулювання. Розрахунок підпрограм керування двигунами та клапанами виконується у програмному модулі Motor_Valve (рис. 6.17). Внутрішня структура програмного модуля Motor_Valve наведена на рис. 6.18.

Декілька входів та виходів функціональних блоків управління двигунами та клапанами з'єднуються з входами та виходами контролера для управління та аналізу стану двигуна.

Внутрішня структура функціональних блоків керування двигуном на рис. 6.19.

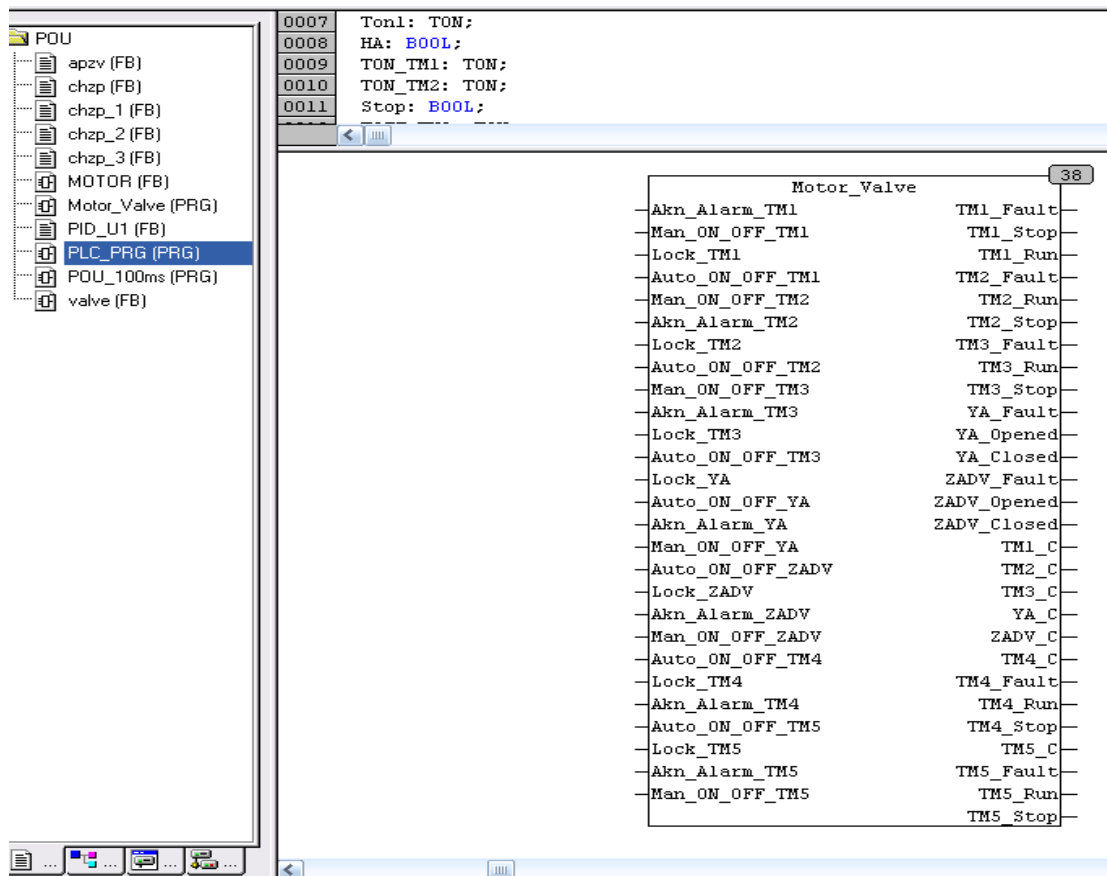


Рис. 6.17 – Фрагмент програми PLC_PRG з викликом модуля Motor_Valve

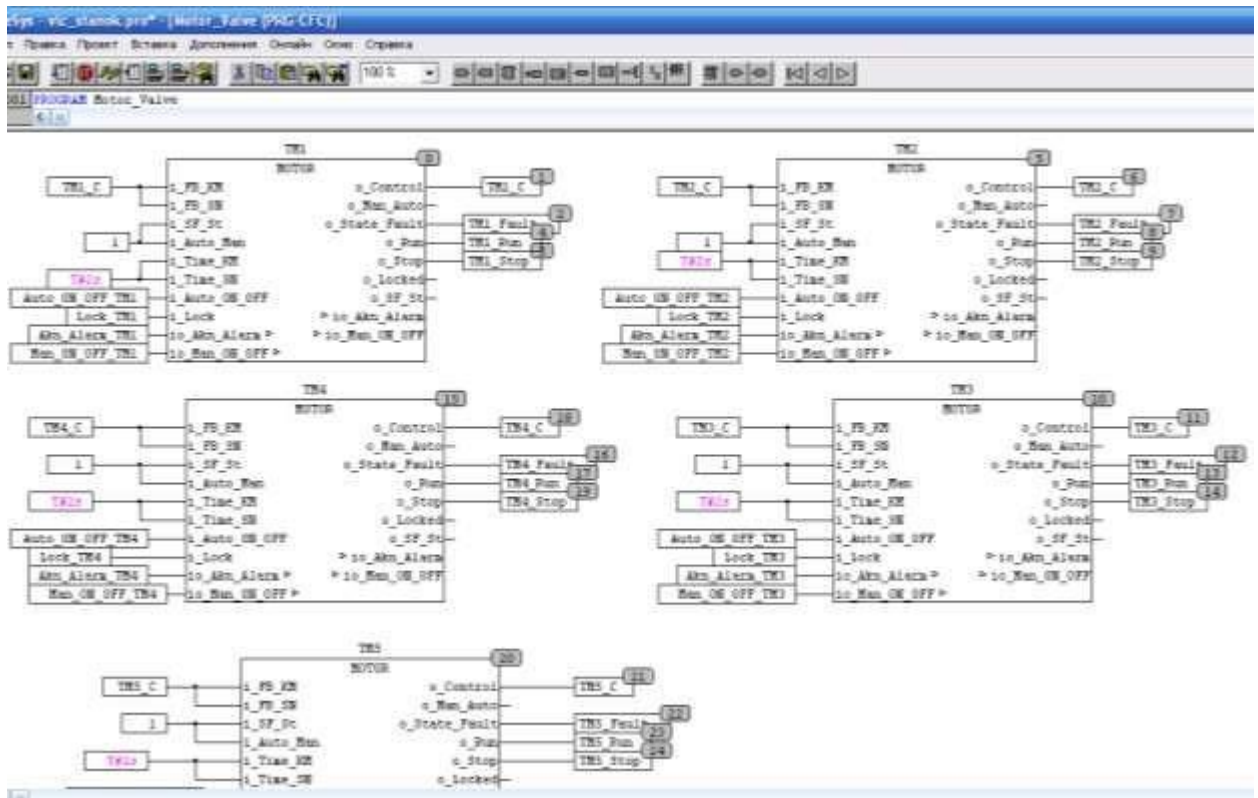


Рис. 6.18 – Внутрішня структура програмного модуля Motor_Valve

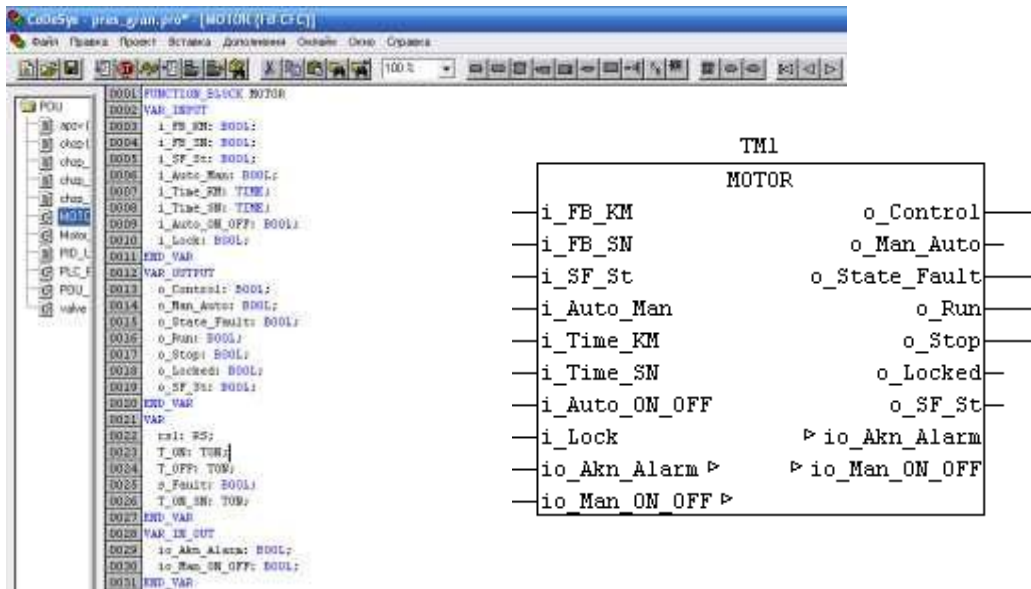


Рис. 6.19 – Загальний вигляд блоку керування двигуном та список змінних підпрограми що його реалізує.

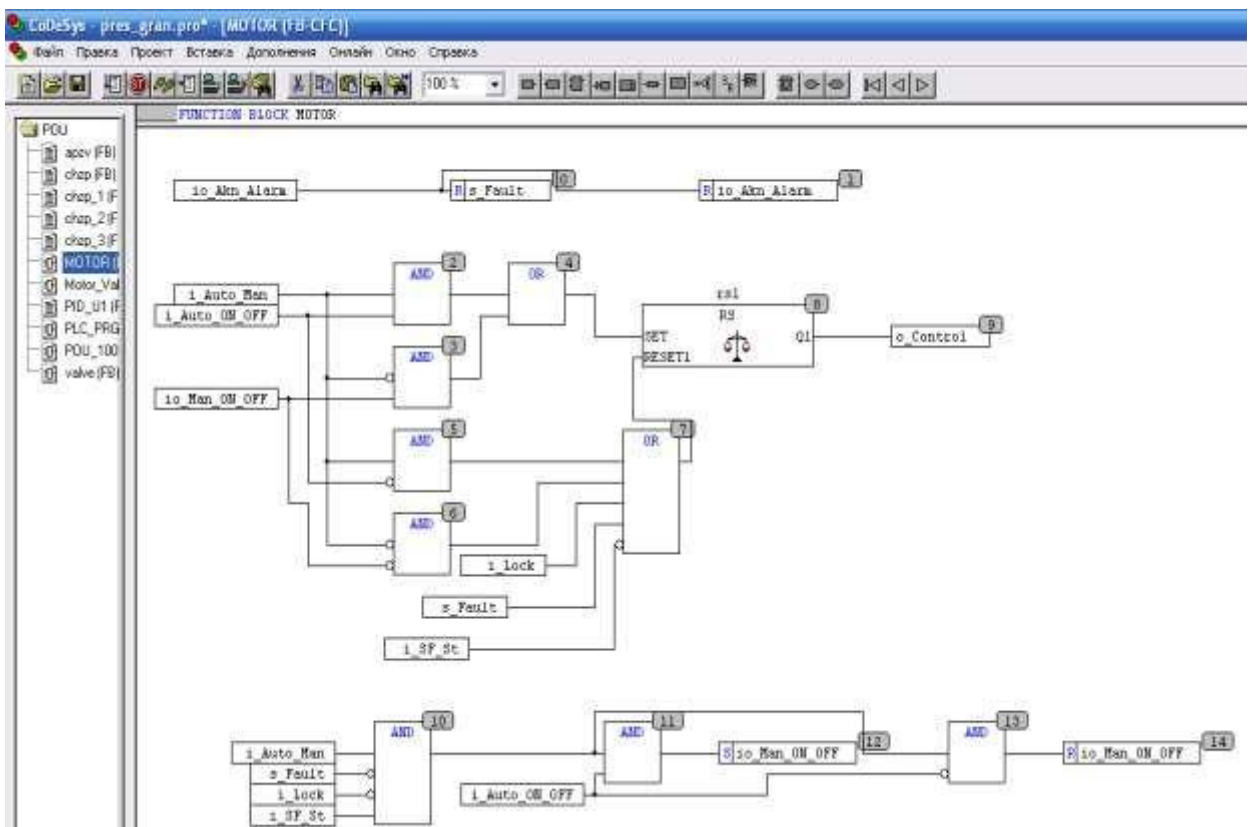


Рис. 6.20 – Фрагмент підпрограми що реалізує блоку керування двигуном

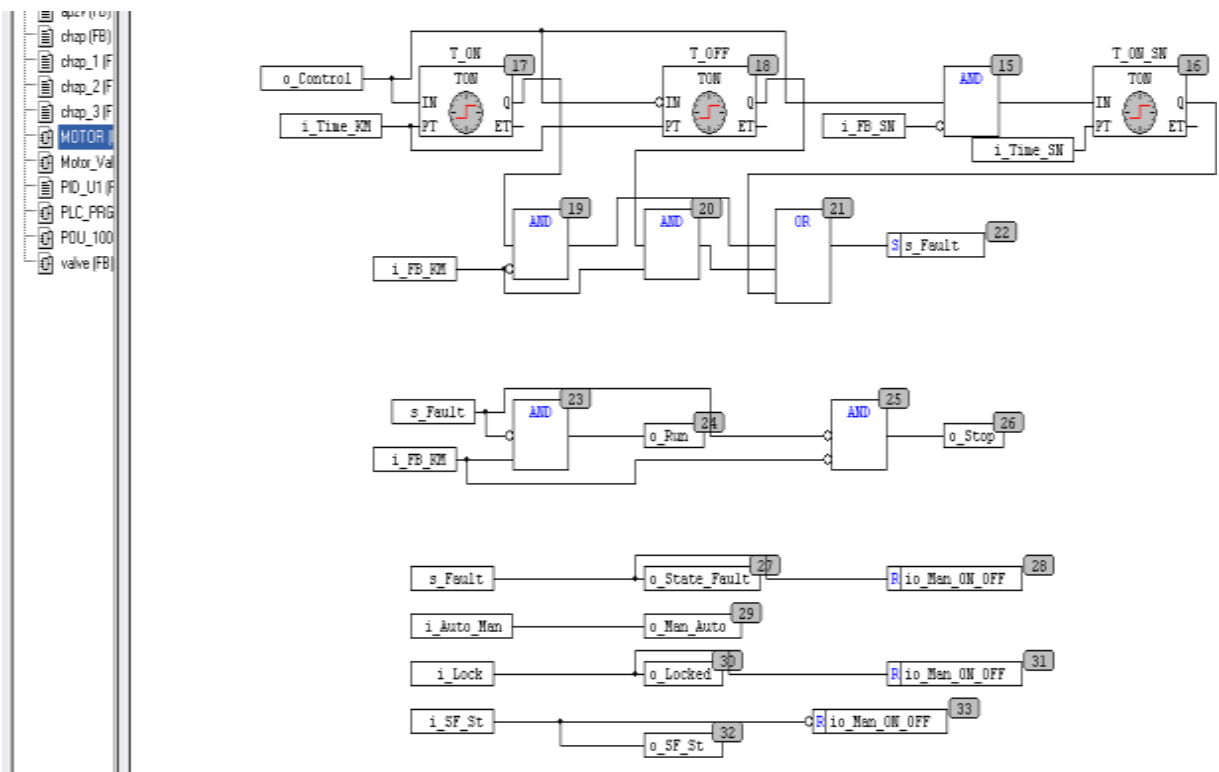


Рис. 6.20 (закінчення) – Фрагмент підпрограми що реалізує блоку керування двигуном

6.3 Розробка контролерно-комп'ютерної мережі, програмування алгоритмів регулювання та логічного керування на базі контролера SIMATIC S7-300

Для реалізації системи управління в модулях ПЗО контролера повинні бути передбачені: 5 аналогових входів, 14 дискретних входів і 11 дискретних виходів. Виходячи із сформованої таблиці та середньої складності алгоритмів керування, для реалізації системи управління скористаємося контролером CPU 314 з модулями ПЗО SM 331 - AI8, SM 321 - DI16, SM 322 - DO16.

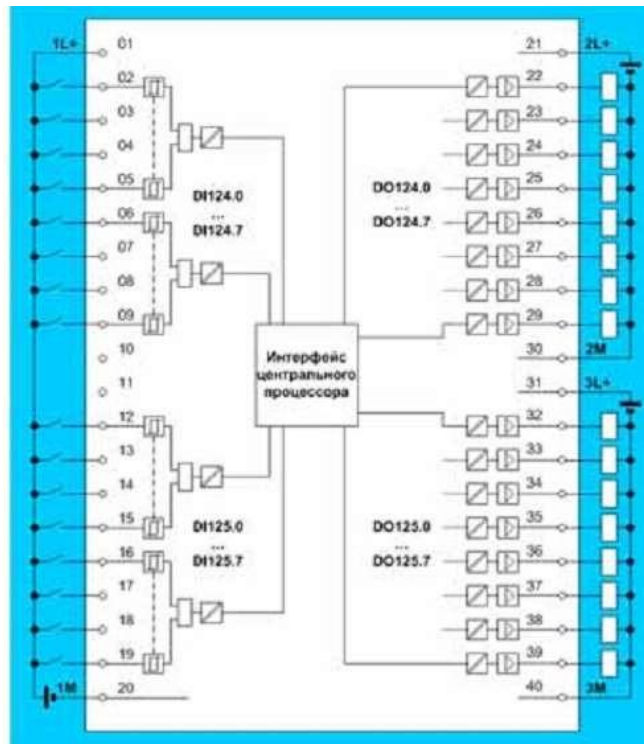


Рис 6.21 – Схема підключення процесора CPU-314

Технічні дані для контролера CPU 314:

CPU і версія

Номер замовлення: 6ES7314-1AG13-0AB0

Версія апаратних засобів: 01;

Версія програми ПЗУ: V2.6;

Відповідний пакет для програмування: STEP 7, починаючи з V 5.2 + SP 1 + HSP;

Пам'ять

Робоча пам'ять: вбудована 96 Кбайт;

Ємність пам'яті для зберігання блоків даних: 64 Кбайт;

Завантажувальна пам'ять: змінна, на платі мікропам'яті SIMATIC (макс. 8 Мбайт);

Час зберігання даних на платі мікропам'яті (після останнього програмування): не менше 10 років;

Буферизація: забезпечується платою мікропам'яті (не вимагає обслуговування);

Час обробки

бітових операцій: мін. 0,1 мкс;

операцій зі словами: мін. 0,2 мкс;

арифметики з фіксованою точкою: мін. 2,0 мкс;

арифметики з плаваючою точкою: мін. 3 мкс;

Таймери/лічильники і їх збережуваність

Лічильники S7: 256;

збережувальність: налаштовується;

за замовчуванням: від C0 до C7;

діапазон відліку: від 0 до 999;

Лічильники IEC: так;

вид: SFB;

кількість: необмежена (обмежена лише розміром робочої пам'яті);

Таймери S7: 256;

збережувальність: налаштовується;

за замовчуванням: збережуваність відсутня;

діапазон відліку: від 10 мс до 9990 с;

Лічильники IEC: так;

вид: SFB;

кількість: необмежена (обмежена лише розміром робочої пам'яті);

Області даних та їх збережуваність:

Бітова пам'ять: 256 байт;

збережуваність: так;

збережуваність за замовчуванням: від MB 0 до MB 15;

Тактові біти пам'яті (тактові маркери): 8 (1 байт пам'яті);

Блоки даних:

кількість: 511 (в діапазоні номерів від 1 до 511);

розмір: 16 Кбайт;

незбережувані: так;

Локальні дані на клас пріоритету: макс. 510;

Блоки:

Усього: 1024 (DB, FC, FB). Максимальна кількість завантажуваних блоків може бути зменшена, якщо використовуєте другу плату мікропам'яті;

OB: див. Список команд;

розмір: 16 Кбайт;

кількість OB вільного циклу: 1 (OB 1);

кількість OB переривань за часом: 1 (OB 10);

кількість OB переривань з затримкою: 1 (OB 20);

кількість OB циклічних переривань: 1 (OB 35);

кількість OB переривань від процесу: 1 (OB 40);

кількість OB запуску: 1 (OB 100);

кількість OB асинхронних помилок: 4 (OB 80, 82, 85, 87);

кількість OB синхронних помилок: 2 (OB 121, 122);

Глибина вкладення:

на клас пріоритету: 8;

додатково всередині OB помилок: 4;

FB: см. Список команд;

кількість: макс. 1024 (в діапазоні номерів від 0 до 2047);

розмір: 16 Кбайт;

FC: см. Список команд;

кількість: макс. 1024 (в діапазоні номерів від 0 до 2047);

розмір: 16 Кбайт;

Функціональні можливості:

MPI: так;

PROFIBUS DP: ні;

двоточкове з'єднання: ні;

MPI:

Послуги:

Зв'язок з PG/OP: так;

Маршрутизація: ні;

Зв'язок з глобальними даними: так;

Базовий S7-зв'язок: так;

S7-зв'язок: так;

в якості сервера: так;

в якості клієнта: ні (але через CP і завантажуваних FB);

Швидкість передачі: 187,5 кБит/с;

Програмування

Мова програмування: LAD/FBD/STL;

Набір команд: див. Список команд;

Рівні вкладених дужок: 8;

Системні функції (SFC): див. Список команд;

Системні функціональні блоки (SFB): див. Список команд;

Захист програми споживача: так;

Напруги і струми

Напруга живлення (номінальне значення): 24 В пост. струму;

Припустимий діапазон: від 20,4 до 28,8 В;

Струм споживання (на холостому ході): тип. 60 мА;

Струм ввімкнення: тип. 2,5 А;

Споживаний струм (номінальна величина): 0,6 А;

I^2t : 0,5 А² с;

Зовнішній захист запобіжниками для живильних ліній
(рекомендується): мін. 2 А;

Потужність втрат: тип. 2,5 Вт.

Схема подключения и принципиальная схема SM 331; AI 8 x 12 Bit

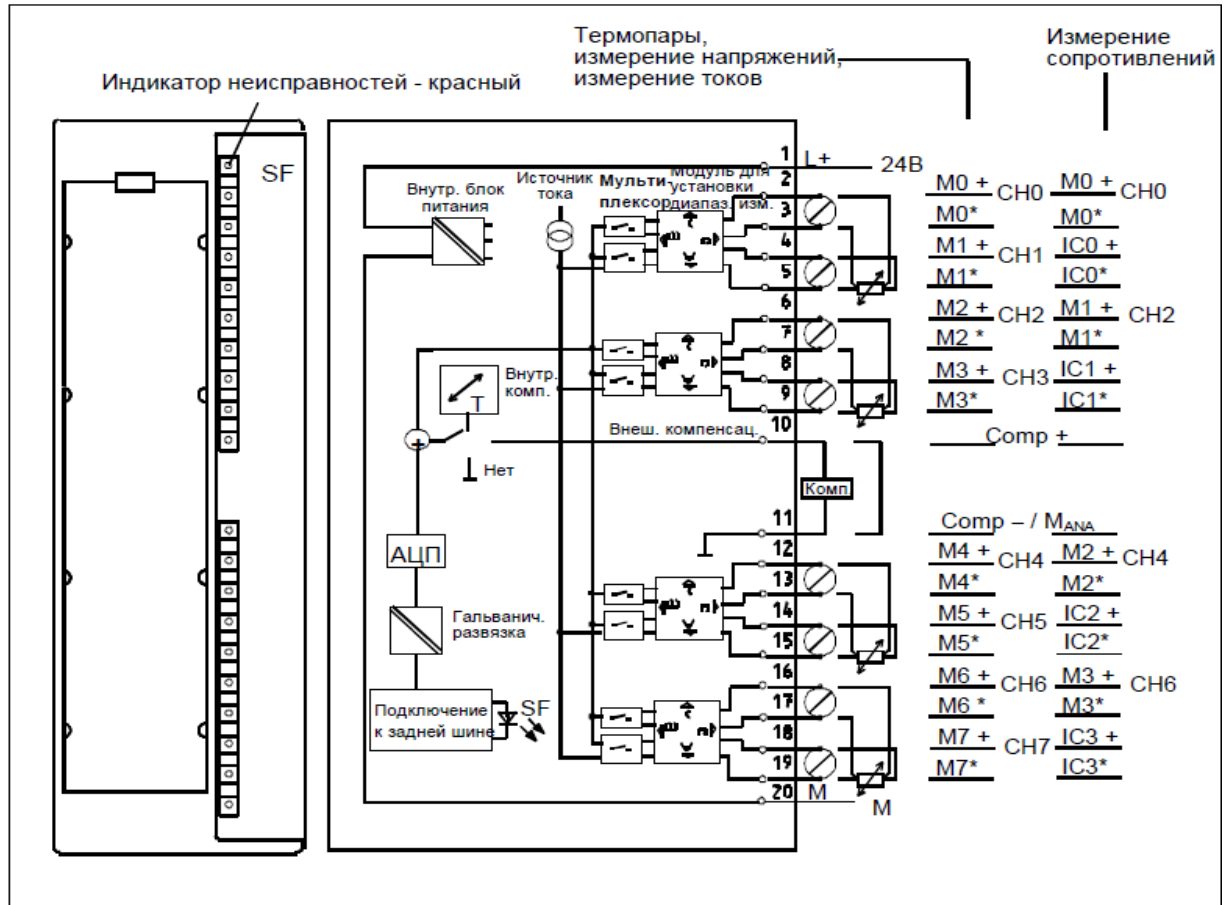


Рис 6.22 – Схема підключення і принципова схема SM 331; AI 8 x 12Bit.

Аналоговий модуль вводу SM 331; AI 8 x 12 Bit

Номер для замовлення: 6ES7331-7KF02-0AB0;

Характеристики

8 входів в 4 групах каналів

дозвіл вимірюваної величини встановлюється на групу (у залежності від встановленого часу інтегрування);

9 бітів + знак;

12 бітів + знак;

14 бітів + знак;

можливість вибору виду вимірювання на групу каналів: напруга, струм, - опір, температура;

довільний вибір діапазону вимірювань на групу каналів;

параметризована діагностика;

параметризоване діагностичеє переривання;
два канали з контролем границь;
параметризоване апаратне переривання при порушенні границі;
гальванічна розв'язка відносно інтерфейсу з задньою шиною;
гальванічна розв'язка відносно напруги на навантаженні (окрім випадку, коли хоча б один модуль для установки діапазону вимірювання встановлений в положення D).

У таблицях нижче представлені технічні дані модуля та огляд параметрів, що настроюються.

Технічні дані блоку SM 331; AI 8 x 12 Bit

Розміри: 40 X 125 X 117 мм;

Маса: 250 гр;

Особливі дані модуля

Підтримка режиму тактової синхронізації: ні;

Кількість входів: 8;

від датчиків опору: 4;

Максимальна довжина кабелю: 200 м;

екранованого: макс. 50 м при 80 мВ і для термопар;

Напруги, струми, потенціали

Номинальна напруга живлення електроніки L+: = 24В;

захист від зворотної полярності: так;

Блок живлення вимірювальних перетворювачів:

струм живлення: макс. 60 мА (на канал);

стійкість до короткого замикання: так;

Струм постійної величини для датчиків опору: 1,67мА;

Гальванічна розв'язка:

між каналами і задньою шиною: так;

між каналами і блоком живлення електроніки (не для 2-провідного перетворювача): так;

Припустима різниця потенціалів:

між входами і M_{ANA} (U_{CM}) при сигналі = 0 В: 2,5 В пост. струму;

між входами (U_{CM}): 2,5 В пост. струму;

між M_{ANA} і $M_{internal}$ (U_{ISO}): = 75 В / ~ 60 В;

Ізоляція перевірена при = 500 В;

Споживання струму:

з задньої шини: макс. 50 мА;

на джерело живлення навантаження L+: макс. 30 мА (без 2-проводного перетворювача);

Потужність втрат модуля: 1 Вт;

Формування аналогових значень

Принцип вимірювання: інтегруючий;

Таблиця 6.2 – Час інтегрування/перетворення/розрішення

час інтегрування в мс	2,5	$16^{2/3}$	20	100
основний час перетворення, включаючи час інтегрування, мс	3	17	22	102
додатковий час перетворення при вимірюванні опору, мс	1	1	1	1
додатковий час перетворення для контролю обриву проводу, мс	10	10	10	10
додатковий час перетворення при вимірюванні опору і контролі обриву проводу, мс	16	16	16	16
розрішаюча здатність (включаючи область перевантаження), бит	9	12	12	14
пригнічення поміх для частоти f_1 , Гц	400	60	50	10
основний час реакції модулю (всі канали розблоковано), мс	24	136	176	816

Згладжування виміряних значень: ні.

Подавлення поміх, границі помилок

Подавлення поміх для $F = n (f_1 \pm 1\%)$, (f_1 = частота поміх);

синфазна поміха ($U_{CM} < 2,5 \text{ В}$): $> 70 \text{ дБ}$;

протифазна поміха (пікове значення поміхи менше від номінального значення вхідного діапазону): $> 40 \text{ дБ}$;

Перехресна поміха між входами: $> 50 \text{ дБ}$;

Таблиця 6.3 – Границя експлуатаційної помилки (у всьому температурному діапазоні, відносно вхідного діапазону)

потенціальний вхід	80 мВ	$\pm 1 \%$
	від 250 до 1000 мВ	$\pm 0,6 \%$
	від 2,5 до 10В	$\pm 0,8 \%$
струмовий вхід	від 3,2 до 20 мА	$\pm 0,7 \%$
опір	150 Ом; 300 Ом; 600 Ом	$\pm 0,7 \%$
термопара	Тип Е, N, J, K, L	$\pm 1,1 \%$
термометр опору	Pt 100 climate	$\pm 0,8 \%$
Основна похибка (попередня експлуатаційна похибка при $25 \text{ }^\circ\text{C}$ відносно вхідного діапазону)		
потенціальний вхід	80 мВ	$\pm 0,7 \%$
	від 250 до 1000 мВ	$\pm 0,4 \%$
	від 2,5 до 10В	$\pm 0,6 \%$
струмовий вхід	від 3,2 до 20 мА	$\pm 0,5 \%$
опір	150 Ом; 300 Ом; 600 Ом	$\pm 0,5 \%$
термопара	Тип Е, N, J, K, L	$\pm 0,7 \%$
термометр опору	Pt 100/Ni 100	$\pm 0,5 \%$
	Pt 100 climate	$\pm 0,6 \%$

Температурна похибка (відносно вхідного діапазону): $\pm 0,005 \%/K$;

Помилка лінеаризації (відносно вхідного діапазону): $\pm 0,05 \%$;

Повторюваність (у встановленому режимі 25 °С відносно вхідного діапазону): $\pm 0,05$ %;

Температурна похибка внутрішньої компенсації: ± 1 %;

Стан, переривання, діагностика

Переривання:

апаратне переривання при порушенні граничного значення:

параметризоване, канали 0 та 2;

діагностичне переривання: параметризоване;

Діагностичні функції: параметризоване, червоний світлодіод (SF);

індикатор групової помилки: можливо;

зчитування діагностичної інформації;

Таблиця 6.4 – Дані для вибору датчика

Вхідний діапазон	Номінальні значення	Вхідний опір
напруга	± 80 мВ	10 МОм
	± 250 мВ	10 МОм
	± 500 мВ	10 МОм
	± 1000 мВ	10 МОм
	$\pm 2,5$ В	100 кОм
	± 5 В	100 кОм
	від 1 до 5 В	100 кОм
	± 10 В	100 кОм
струм	$\pm 3,2$ мА	25 Ом
	± 10 мА	25 Ом
	± 20 мА	25 Ом
	від 0 до 20 мА	25 Ом
	від 4 до 20 мА	25 Ом
опір	150 Ом	10 МОм
	300 Ом	10 МОм
	600 Ом	10 МОм

Таблиця 6.4 (закінчення) – Дані для вибору датчика

Вхідний діапазон	Номінальні значення	Вхідний опір
термопари	Тип E, N, J, K, L	10 МОм
термометри опору	Pt 100, Ni 100	10 МОм

Максимальна вхідна напруга для потенціального входу (розрушуюча границя): макс. 20 В тривало: 75 В на протязі макс. 1 с (коефіцієнт заповнення 1:20);

Максимальний вхідний струм для струмового входу (розрушуюча границя): 40 мА.

Схема підключення и принципиальная схема SM 321; DI 16 x 24 VDC

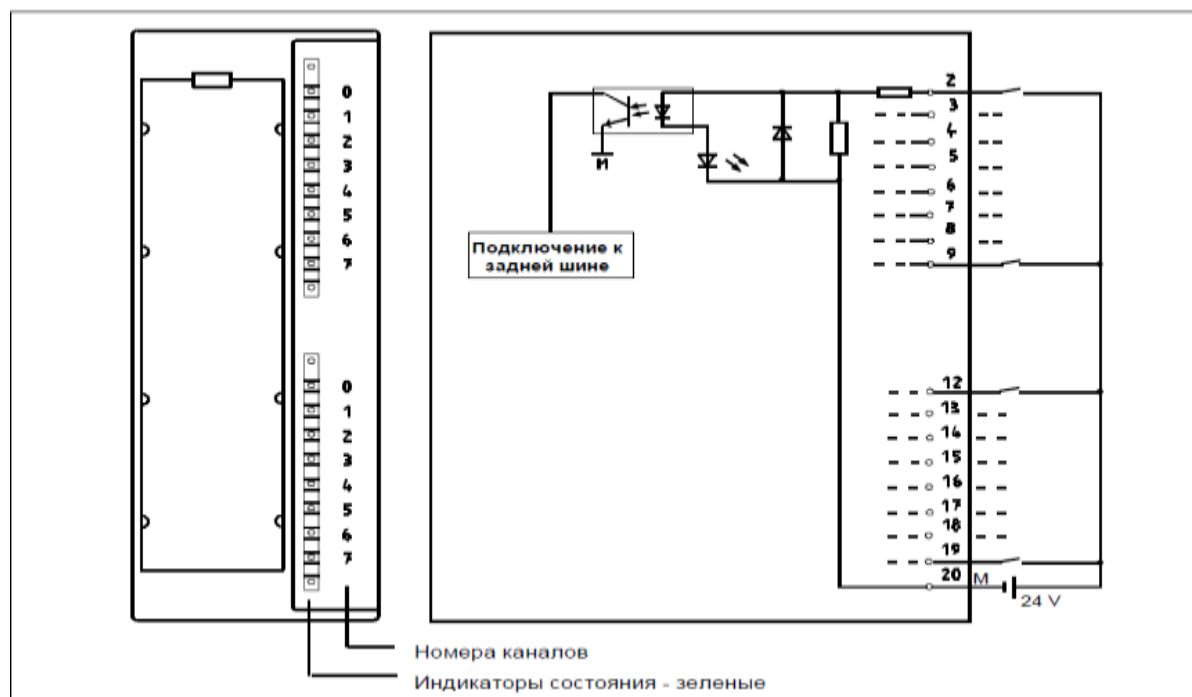


Рис. 6.23 – Зовнішній вигляд і принципова схема цифрового модуля введення SM 321; DI 16 x 24 VDC.

Цифровой модуль ввода SM 321; DI 16 x VDC 24

Номер для замовлення: 6ES7321-1BH02-0AA0

Номер для замовлення: «Модуль S7-300 SIPLUS» 6AG1321-1BH02-2AA0

Характеристики:

Цифровий модуль вводу SM 321; DI 16 x 24 VDC відрізняється такими властивостями:

16 входів, потенційна розв'язка групами по 16;
номінальна вхідна напруга 24 В пост. струму;
придатний для перемикачів і 2/3/4-проводних BERO (датчиків близькості).

Технічні характеристики модуля вводу SM 321

Розміри: 40 X 125 X 117 мм;

Маса: 200 гр;

Особливі дані модуля

Підтримує режим тактової синхронізації: ні;

Кількість входів: 16;

Довжина кабеля:

неекранованого: макс. 600 м;

екранованого: макс. 1000 м;

Напруги, струми, потенціали

Кількість входів, якими можна керувати одночасно:

горизонтальний монтаж до 60⁰С: 16;

вертикальний монтаж до 40⁰С: 16;

Гальванічна розв'язка між каналами та задньою шиною: так;

Припустима різниця потенціалів між різними колами струму: = 75В / ~
60 В;

Ізоляція перевірена при 500 В постійного струму;

Споживання струму з задньої шини: макс. 10 мА;

Потужність втрат модуля: 3,5 Вт;

Стан, переривання, діагностика

Індикація стану: зелений світлодіод на кожному каналі;

Переривання: відсутні;

Діагностичні функції: відсутні;

Дані для вибору датчика

Вхідна напруга:

номінальне значення: 24 В пост. струму;

для сигналу "1": від 13 до 30 В;

для сигналу "0": від – 30 до 5 В;

Вхідний струм при сигналі "1": 7мА;

Вхідне запізнення:

з "0" на "1": від 1,2 до 4,8 мс;

з "1" на "0": від 1,2 до 4,8 мс;

Вхідна характеристика по IEC 61131, тип 1;

Підключення 2-проводних ВЕРО: можливе;

припустимий ток витікання: макс. 1,5 мА.

Схема підключення и принципиальная схема SM 322; DO 16 x 24 VDC/0.5 A

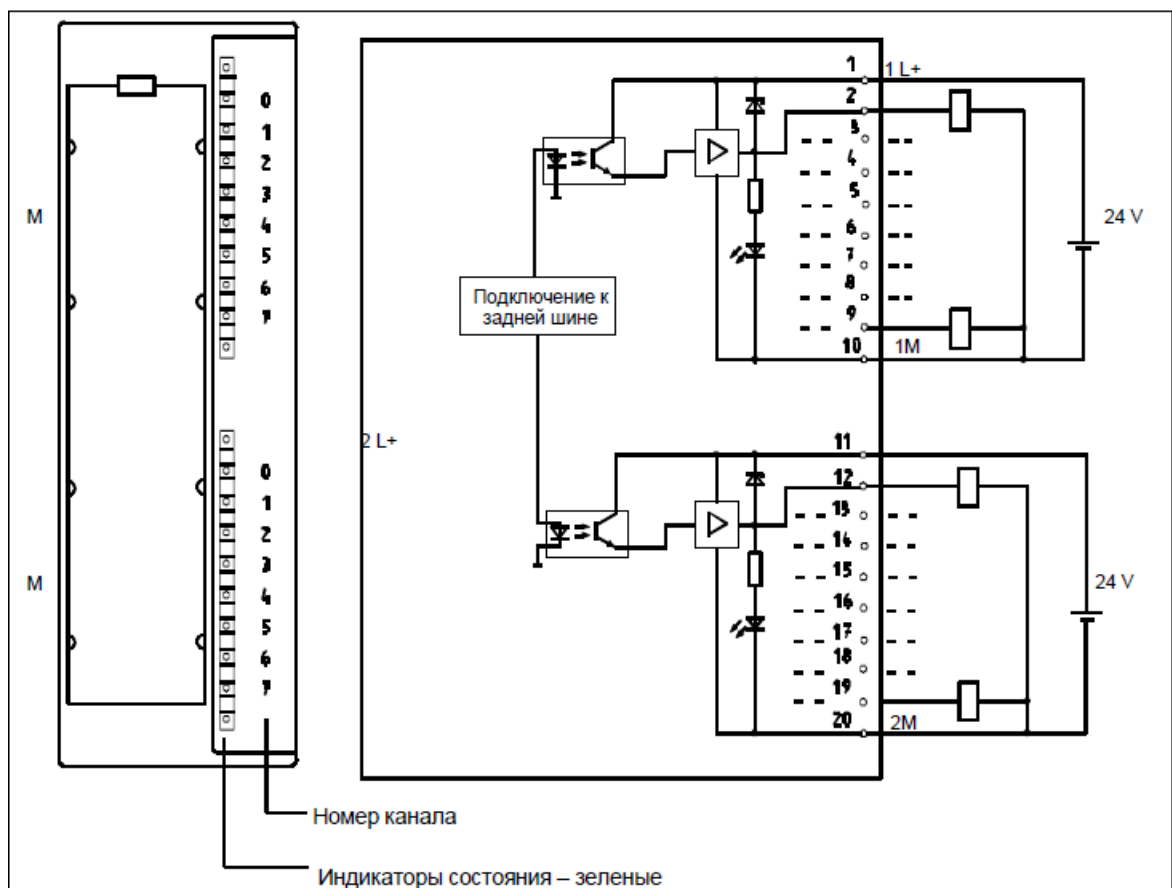


Рис. 6.24 – Внешний вид и принципиальная схема SM 322; DO 16 x 24 VDC/0.5 A

Цифровой модуль вывода SM 322; DO 16 x 24 VDC/ 0.5 A

Номер для замовлення: «Стандартный модуль» 6ES7322-1BH01-0AA0

Номер для заказа: «Модуль S7-300 SIPLUS» 6AG1322-1BH01-2AA0

Характеристики

Цифровой модуль вывода SM 322; DO 16 x 24 VDC/0.5 A відрізняється такими властивостями:

16 виходів, потенціальна розв'язка групами по 8;

вихідний струм: 0,5 А;

номинальна напруга на навантаженні 24 В пост. струму;

придатен для електромагнітних клапанів, контакторів постійного струму та сигнальних ламп.

Технічні характеристики модуля виводу SM 322

Розміри: 40 X 125 X 117 мм;

Маса: 190 гр;

Особливі дані модуля

Підтримує режим тактової синхронізації: ні;

Кількість виходів: 16;

Довжина кабеля:

неекранованого: макс. 600 м;

екранованого: макс. 1000 м;

Напруги, струми, потенціали

Номинальна напруга на навантаженні L+: 24 В пост. струму;

Сумарний струм виходів на групу:

горизонтальний монтаж до 40⁰С: макс. 4А;

горизонтальний монтаж до 60⁰С: макс. 3 А;

вертикальний монтаж до 40⁰С: макс. 2 А;

Гальванічна розв'язка

між каналами та задньою шиною: так;

між каналами групами по 8: так;

Припустима різниця потенціалів між різними колами струму: $= 75\text{В} / \sim 60\text{В}$;

Ізоляція перевірена при 500 В постійного струму;

Споживання струму

з задньої шини: макс. 80 мА;

з джерела живлення навантаження L+: макс. 80 мА;

Потужність втрат модуля: 4,9 Вт;

Стан, переривання, діагностика

Індикація стану: зелений світлодіод на кожному каналі;

Переривання: відсутні;

Діагностичні функції: відсутні;

Дані для вибору виконавчого пристрою

Вихідна напруга при сигналі "1": мін. L+ ($- 0,8\text{В}$);

Вхідний струм

при сигналі "1" номінальне значення: 0,5 А;

припустимий діапазон: від 0,5 мА до 0,6 А;

при сигналі "0" (струм витікання): макс. 0,5 мА;

Вхідне запізнення (для омичного навантаження):

з "0" на "1": макс. 100 мкс;

з "1" на "0": макс. 500 мкс;

Діапазон опорів навантаження: від 48 Ом до 4 кОм;

Лампове навантаження: до 5 Вт;

Паралельне ввімкнення двох виходів:

для резервування керування навантаженням: можливо (тільки для виходів однієї і тієї ж групи);

для збільшення потужності: неможливе;

Управління цифровим входом: можливе;

Частота переключення:

омічне навантаження: макс. 100 Гц;

індуктивне навантаження у відповідності до IEC 947-5-1, DC 13: макс. 0,5 Гц;

лампове навантаження: макс. 10 Гц;

Обмеження (внутрішнє) індуктивної напруги при вимкненні: L+ (-53В);

Захист виходу від короткого замикання: електронний;

поріг спрацювання: 1А.

Беручі до уваги таблицю 6.1 та наведену вище інформацію розробляємо технічну структуру системи на базі Siemens.

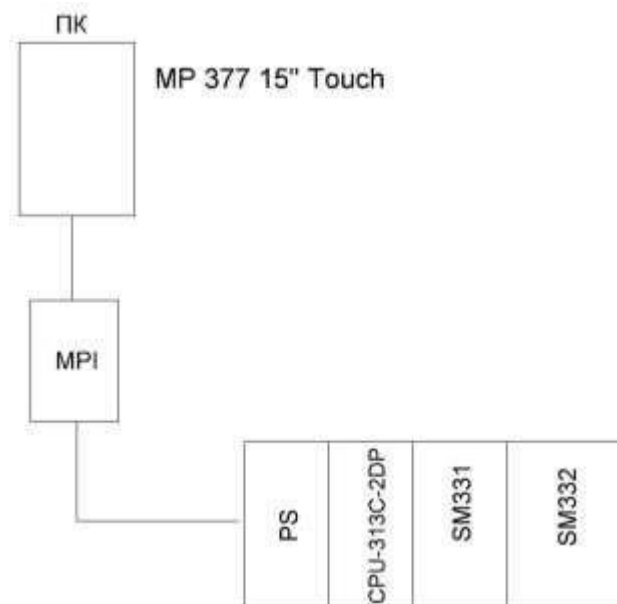


Рис. 6.25 – Схема технічної структури мікропроцесорного ядра системи на базі контролера S7-300

У середовищі Simatic Manager Step7 створюємо проект і додаємо до його складу станцію контролера S7-300. У програмі «Hardware» виконуємо конфігурування обраного контролера і модулів ПЗО. Загальний вид вікна програми «Hardware» з встановленим контролером і модулями УСО представлений на рис. При конфігуруванні необхідні модулі вибиралися з каталогу елементів, що входить в програму «Hardware».

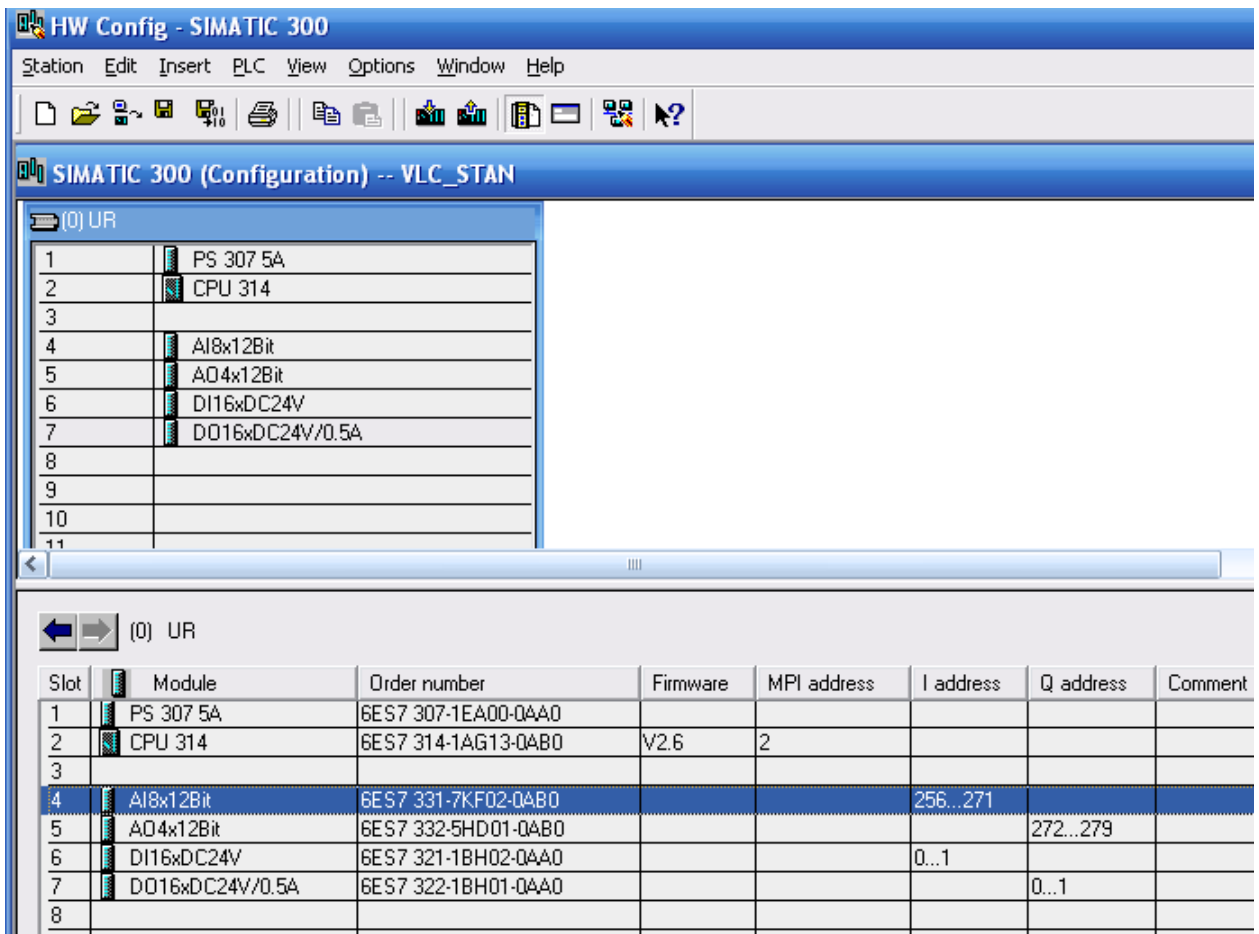


Рис. 6.26 – Загальний вид вікна програми «Hardware»

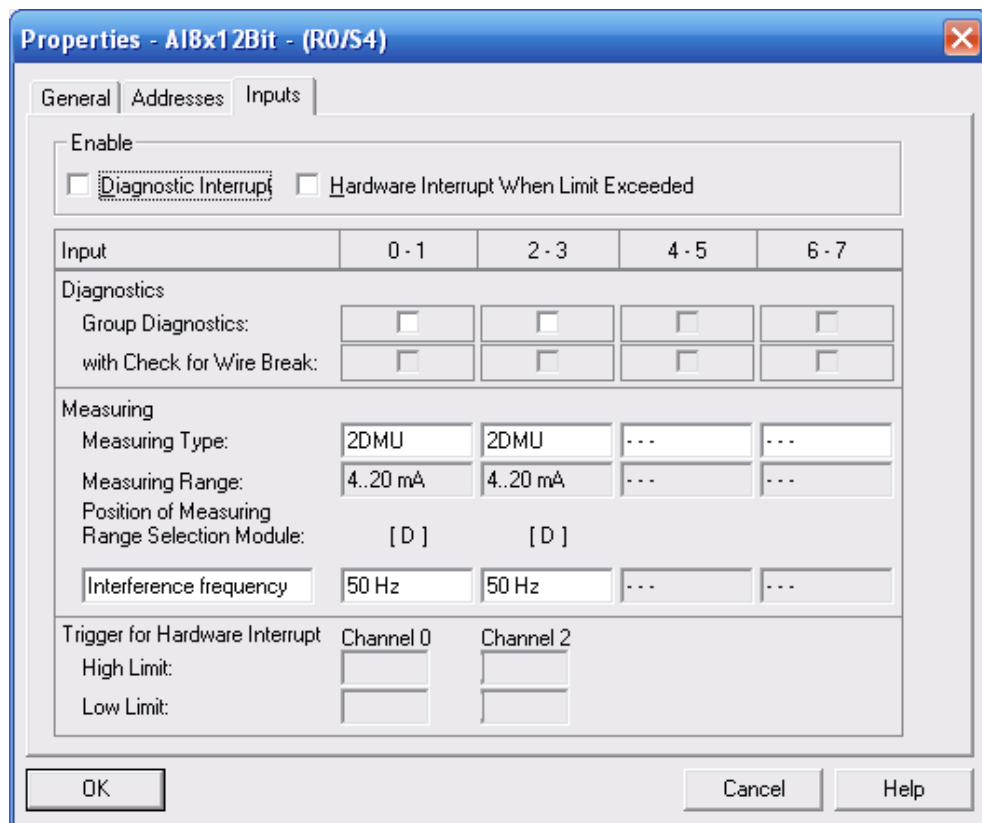


Рис.6.27 – Загальний вигляд вікна конфігурування модуля аналогового вводу

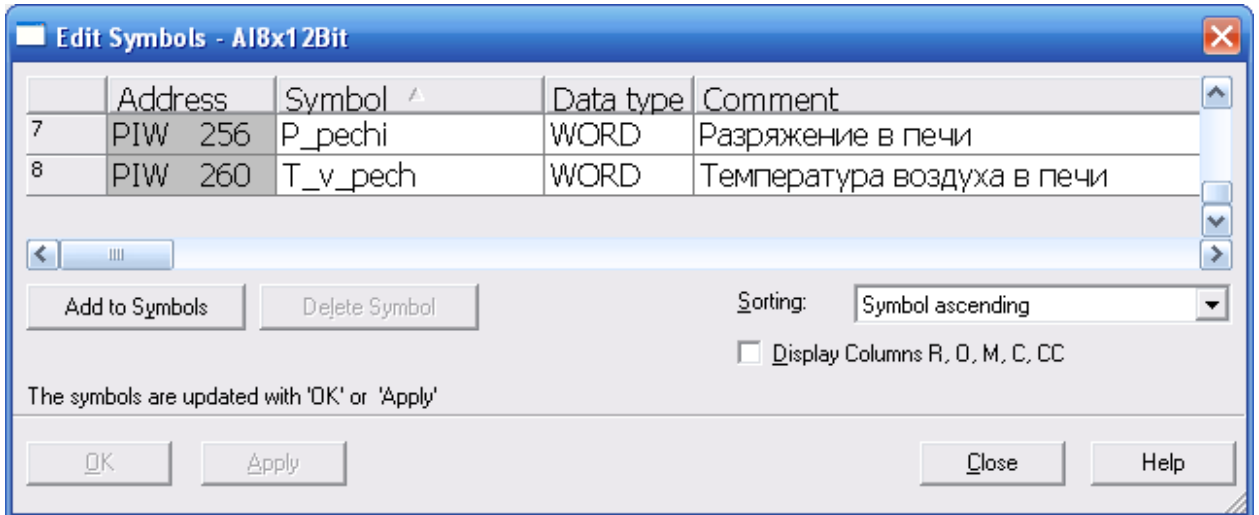


Рис.6.28 – Загальний вигляд вікна завдання символічних імен входів аналогового модуля

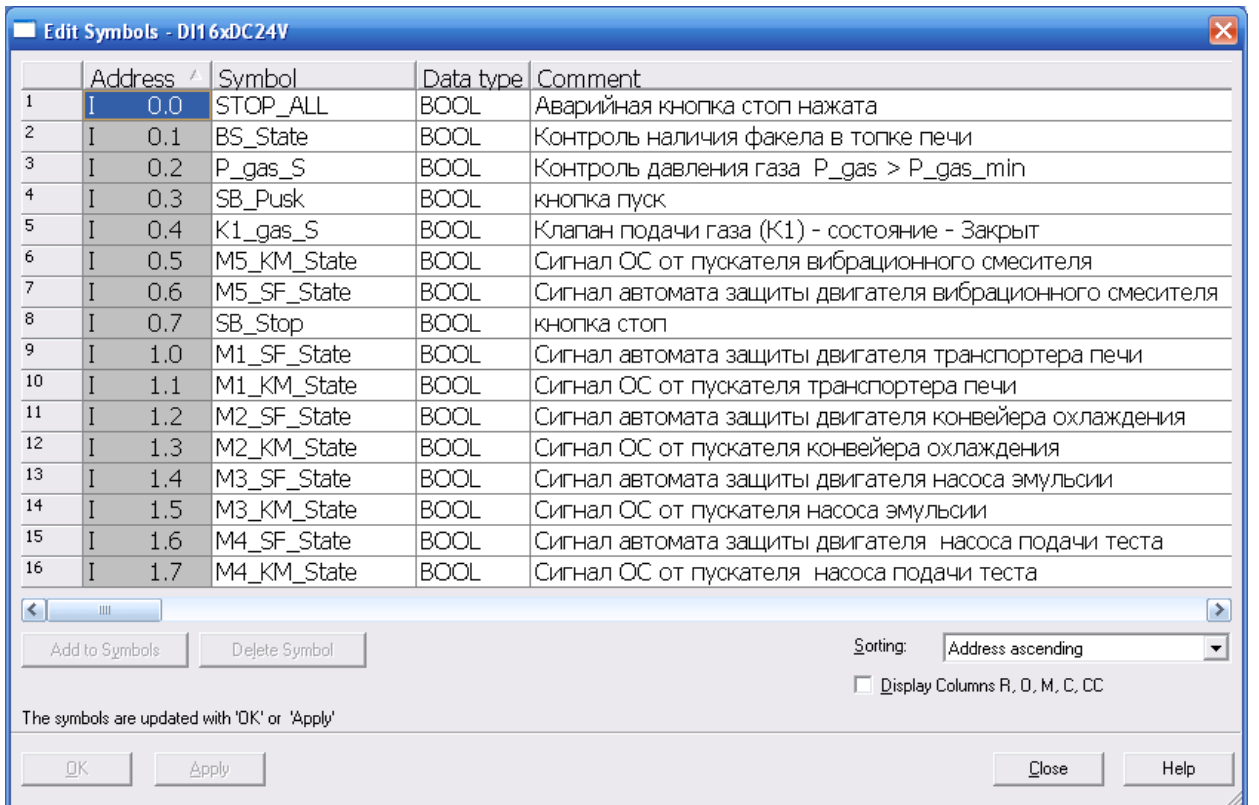


Рис.6.29 – Загальний вигляд вікна завдання символічних імен для модуля дискретного вводу

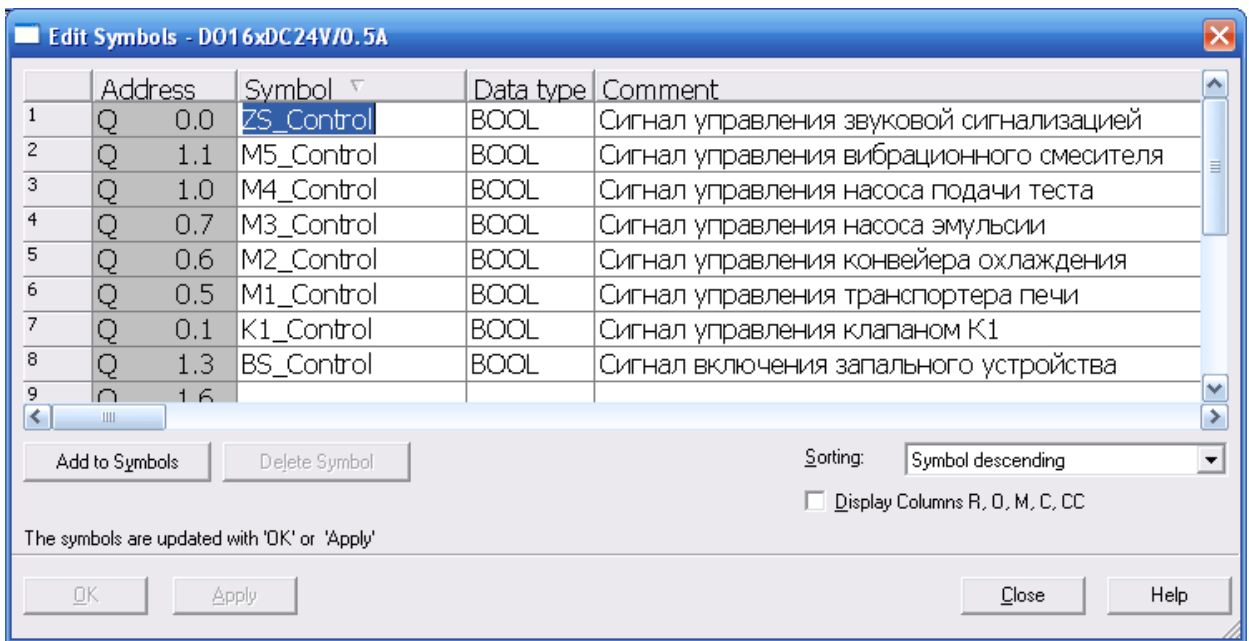


Рис. 6.30 – Загальний вигляд вікна завдання символічних імен для модуля дискретного виводу

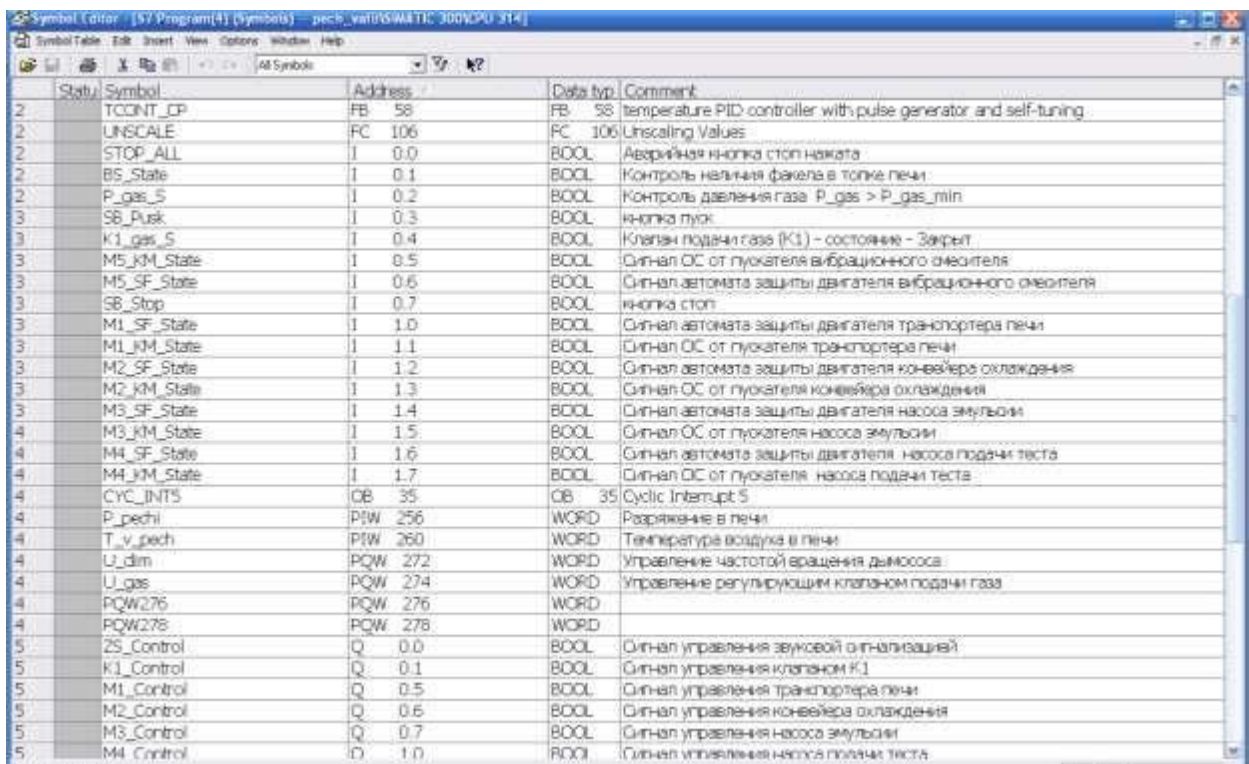


Рис. 6.31 – Фрагмент таблиці символів

Автоматизоване робоче місце оператора печі реалізується на базі персонального комп'ютера. Зв'язок комп'ютера з контролером виконується по

мережі MPI через спеціальну комунікаційну плату CP 5611. Процедура програмної конфігурації мережі представлена на малюнках нижче.

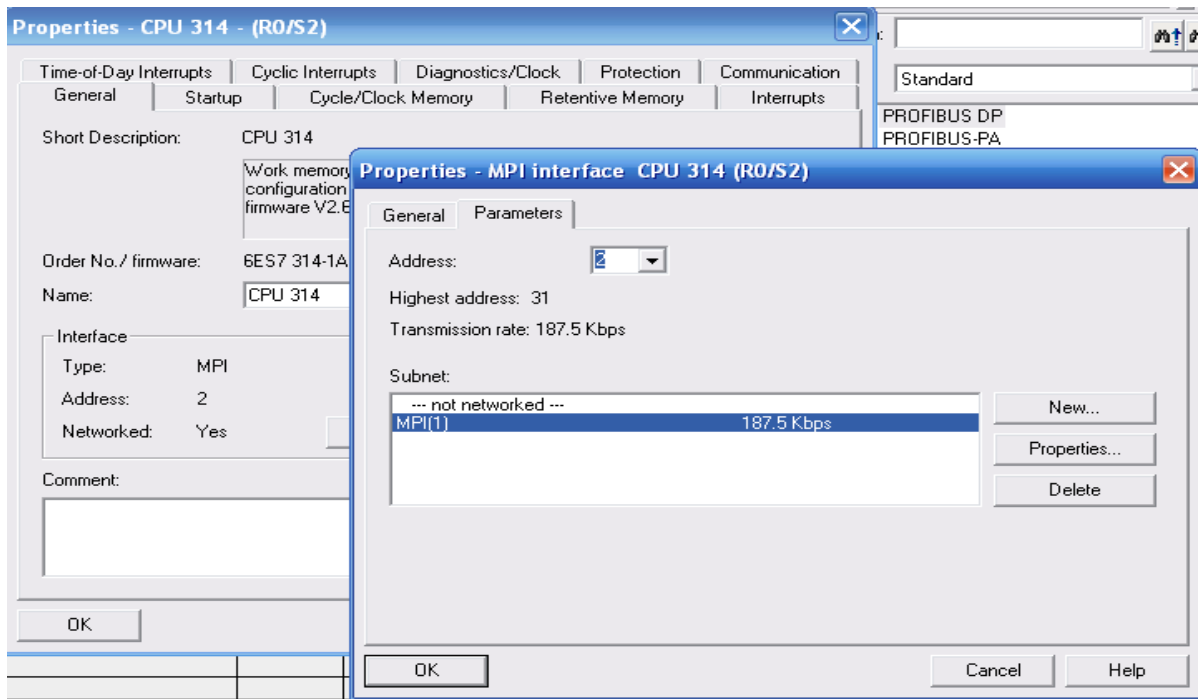


Рис. 6.32 – Приклад підключення контролера S7-300 до мережі MPI

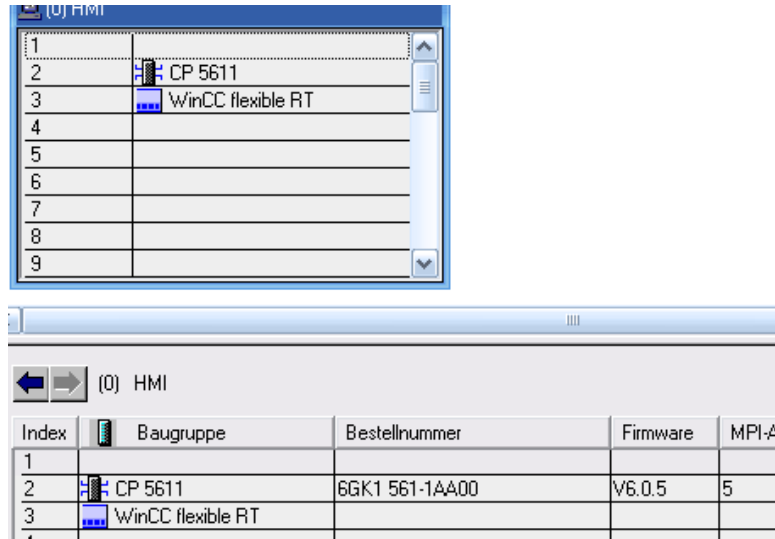


Рис. 6.33 – Фрагмент вікна конфігурування PC - станції

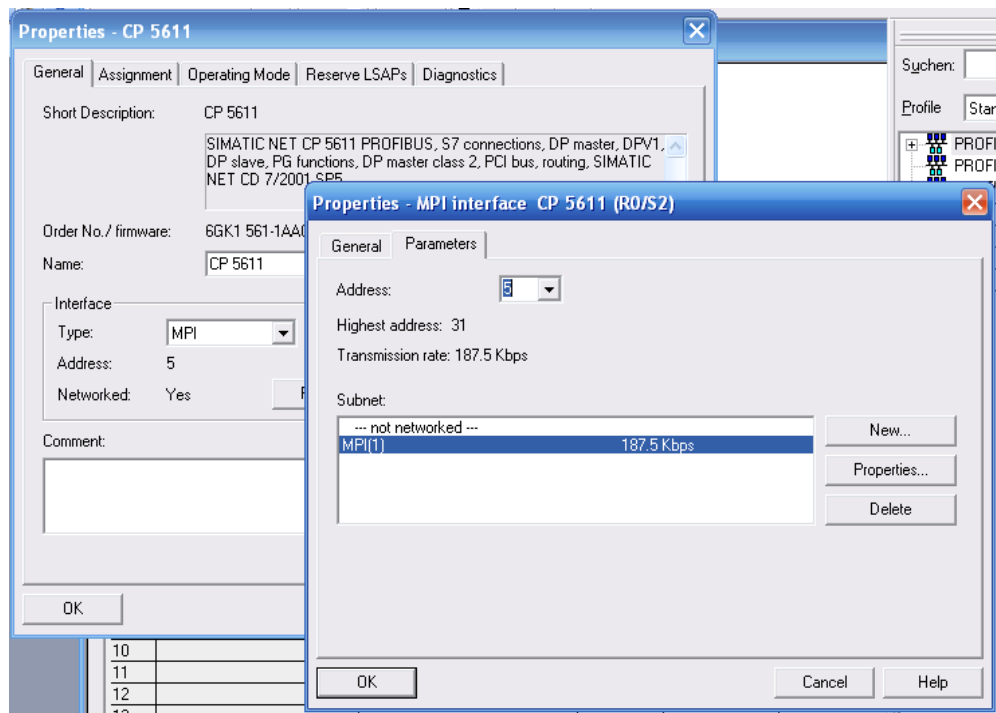


Рис. 6.34 – Ілюстрація підключення PC-станції до мережі MPI через комунікаційну плату CP5611

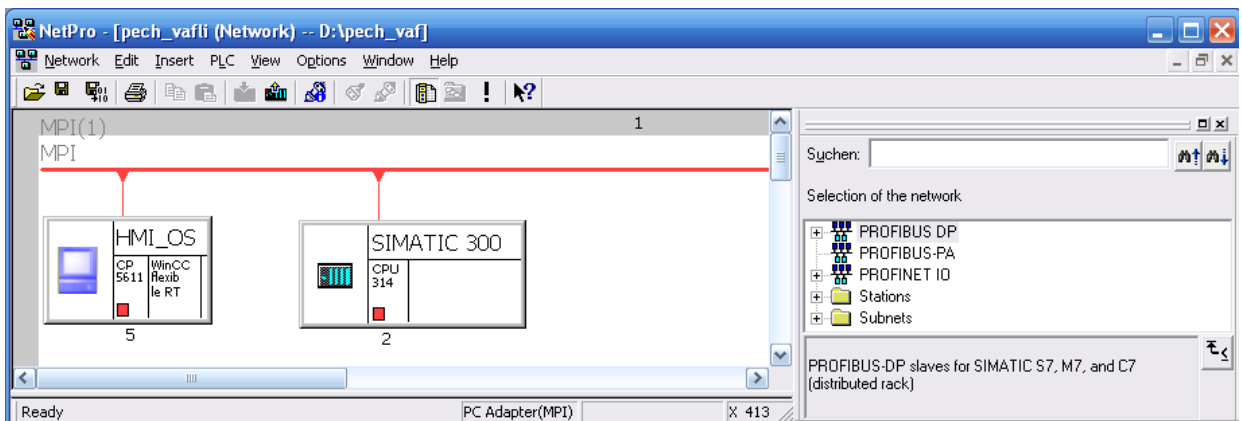


Рис. 6.35 – Ілюстрація структури мережі в програмі "Net Pro".

Проведемо програмну реалізацію алгоритмів регулювання та їх тестування на моделі ОК. На рис. 6.36 представлений загальний вигляд вікна проекту з набором вхідних у нього програмних блоків. Модель САР реалізована у функціональному блоці FB5, розрахунок якого виконується кожену 0.1 сек. в організаційному блоці OB35. На рис. 6.37 представлений фрагмент вікна OB35 з функцією виклику FB5.

Object name	Symbolic name	Created in language	Size in the work me.	Type	Version (Header)	Na
System data	—	—	—	SDB	—	—
OB1	—	STL	146	Organization Block	0.1	—
OB35	CYC_INT5	STL	70	Organization Block	0.1	—
FB1	Valve	LAD	432	Function Block	0.1	—
FB2	Motor	LAD	558	Function Block	0.1	—
FB3	All_Valve_Motor	LAD	2625	Function Block	0.1	—
FB4	DEAD_T	STL	430	Function Block	1.0	DE-
FB5	SAR	LAD	1576	Function Block	0.1	—
FB6	Logic_Control	LAD	790	Function Block	0.1	—
FB7	Valve_c	LAD	238	Function Block	0.1	—
FB9	LAG1ST	SCL	362	Function Block	1.0	LAC
FB41	CONT_C	SCL	1462	Function Block	1.5	CON
DB1	HMI_Valve_Motor_DB	DB	144	Data Block	0.1	—
DB2	DB_TAU1	DB	288	Data Block	0.1	—
DB3	DB_All_Valve_Motor	DB	604	Instance data block	0.1	—
DB5	DB_SAR	DB	628	Instance data block	0.1	—
DB7	HMI_SAU_DB	DB	132	Data Block	0.1	—
DB8	Logic_Control_DB	DB	60	Instance data block	0.1	—
DB9	DB_TAU1_3	DB	148	Data Block	0.1	—
DB11	DB_TAU3	DB	180	Data Block	0.1	—
DB12	DB_TAU3_1	DB	436	Data Block	0.1	—
UD11	HMI_Valve	STL	—	Data Type	0.1	—
UD12	HMI_Motor	STL	—	Data Type	0.1	—
UD13	HMI_PID	STL	—	Data Type	0.1	—
UD14	HMI_Valve_c	STL	—	Data Type	0.1	—
SFB4	TON	STL	—	System function block	1.0	TON

Рис. 6.36 – Загальний вигляд списку блоків, що входять в проект програми контролера

OB35 : "Cyclic Interrupt"

Comment:

Network 1: Title:

Comment:

CALL "SAR" , "DB_SAR" FB5 / DB5

Рис. 6.37 – Фрагмент вікна OB35

Модель САР запрограмована з використанням функціональних блоків типових динамічних ланок з бібліотеки " Modular PID Control " (FB9 - LAG1ST і FB4 - DEAD_T) і типових регуляторів FB41 із стандартної бібліотеки " Standard Library " . Входи і виходи регуляторів прив'язані не тільки до моделі ОУ, а й до адрес входів і виходів (через модулі управління клапанами та частотним перетворювачем) контролера, що дозволяє перевести їх роботу з моделі ОУ на управління реальним об'єктом. Додатково для регуляторів передбачена функція ненаголошеного перемикання режимів РУЧ \ АВТ . На рис. 6.38 представлений список статичних змінних блоку

FB5. На рис. 6.39, 6.40, 6.41 представлений фрагмент програми що реалізує модель ОУ . А на рис. 6.42 та 6.43. представлений фрагмент програми, що реалізує регулятори.

Name	Data Type	Address	Initial
chzp1	DEAD_T	0.0	
apzv11	LAG1ST	22.0	
apzv12	LAG1ST	52.0	
chzp3	DEAD_T	82.0	
apzv31	LAG1ST	104.0	
apzv32	LAG1ST	134.0	
PID_T	CONT_C	164.0	
PID_P	CONT_C	290.0	

Рис.6.38 – Фрагмент таблиці статичних змінних функціонального блоку FB5

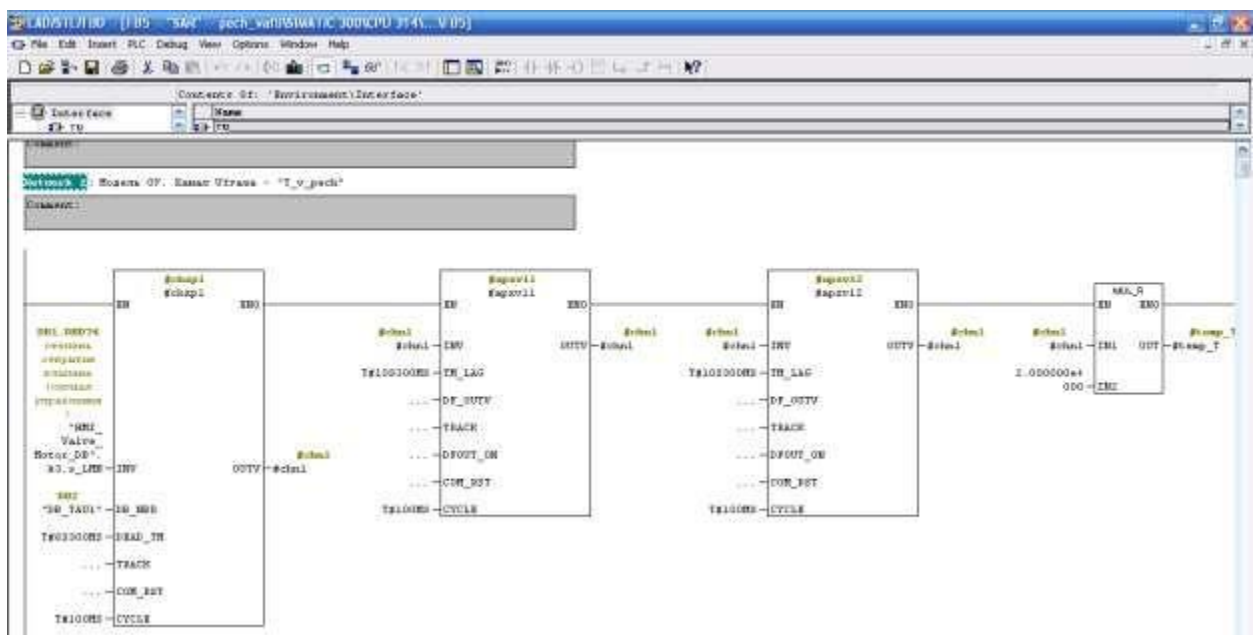


Рис. 6.39 – Фрагмент програми яка реалізує модель ОУ.

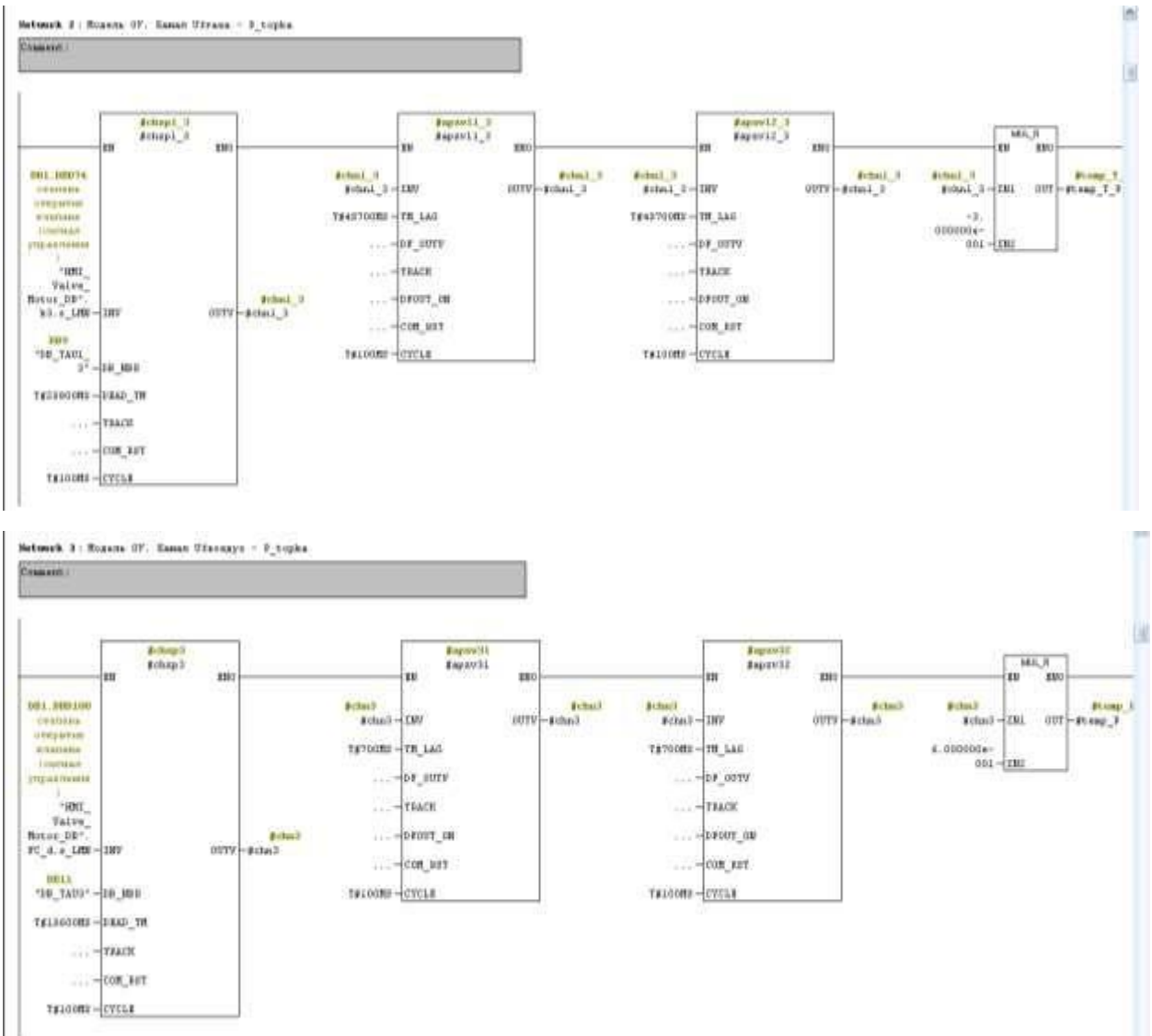


Рис. 6.40 – Фрагмент програми яка реалізує модель ОУ

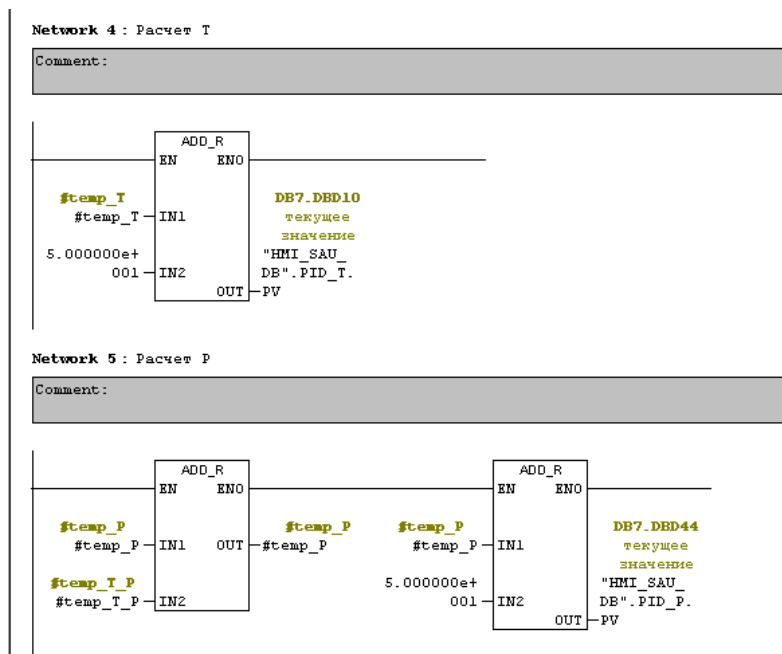


Рис. 6.41 – Фрагмент програми яка реалізує модель ОУ

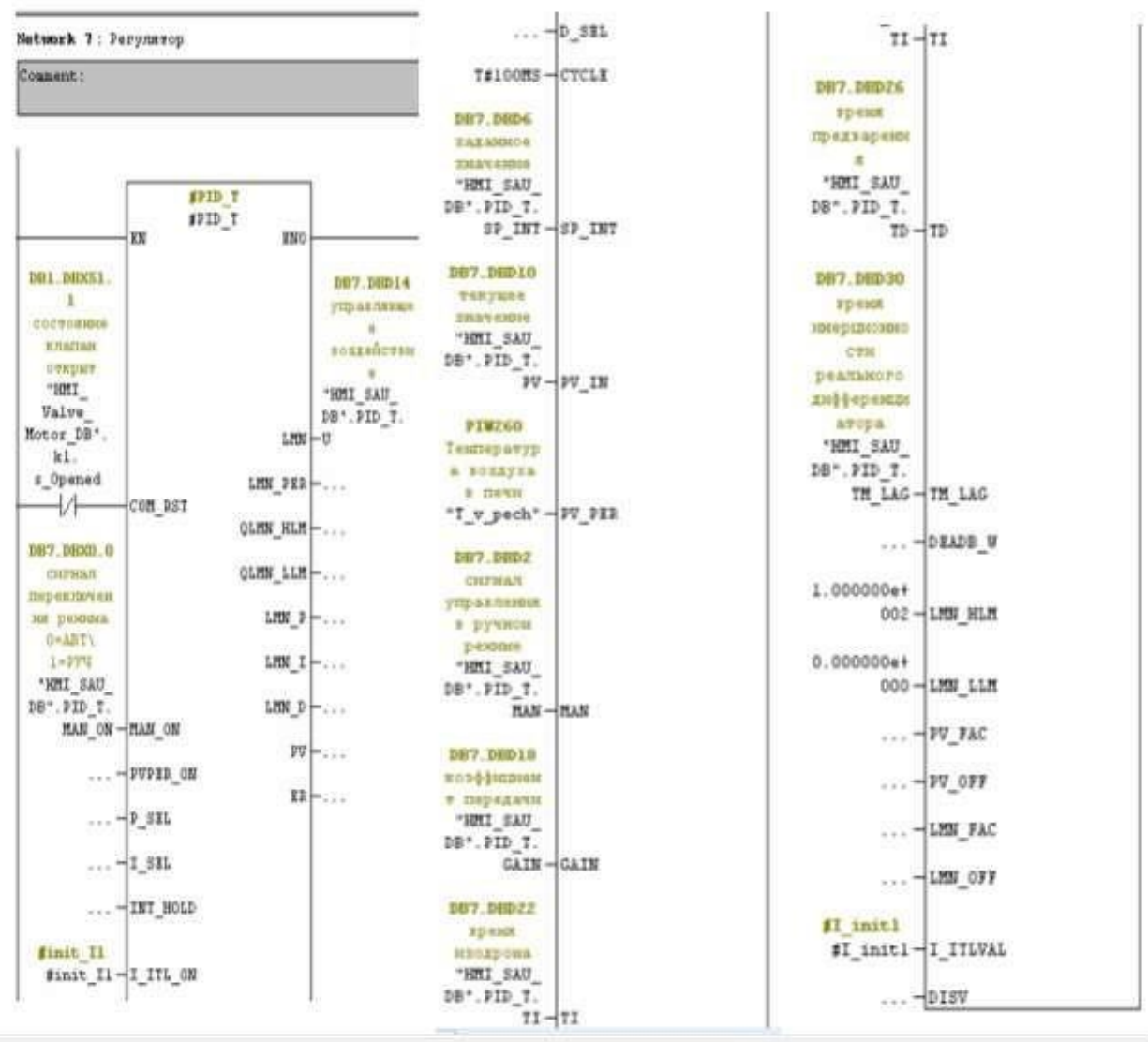
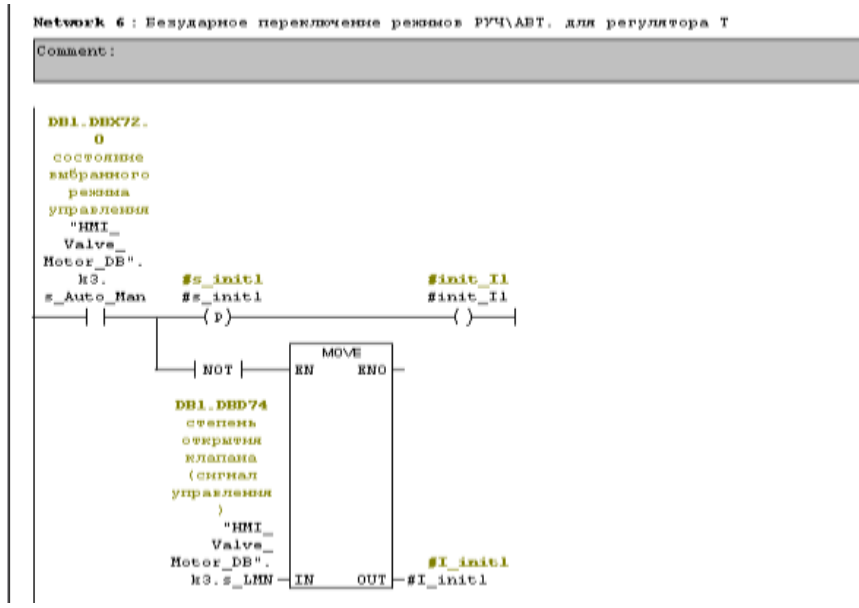


Рис. 6.42 – Фрагмент програми що реалізує регулятор тиску середовища в котлі

Керуючі впливи, що формуються регуляторами, надходять на вхід моделі ОУ через модулі управління відповідними регулюючими пристроями (клапан подачі газу та перетворювач частоти).

Програма, що реалізує алгоритми логічного керування представлена набором функціональних блоків взаємопов'язаних між собою. До основних функціональних блокам відносяться:

FB1 - функціональний блок управління клапаном;

FB2 - функціональний блок управління мотором;

FB3 - функціональний блок розрахунку блоків управління клапанами і моторами;

FB6 - функціональний блок, який реалізує алгоритми автоматичного керування пуском та зупинкою.

Функціональні блоки управління регулюючими клапанами (бібліотечний блок FB7) розташовані в FB3 . Обмін даними між функціональними блоками FB5 і FB3 реалізується через блоки даних DB1 і DB7. Розрахунок функціонально блоку FB3 виконується в основному організаційному блоці OB1 . Фрагмент коду функціонального блоку FB3 з викликом функціональних блоків управління регулюючими клапанами представлений на рис. 6.44. А фрагмент блоку OB1 з викликом функціонального блоку FB3 представлений на рис. 6.45. На рисунках нижче представлена програма функціонального блоку FB7, що реалізує контроль і управління регулюючим клапаном (перетворювачем частоти).

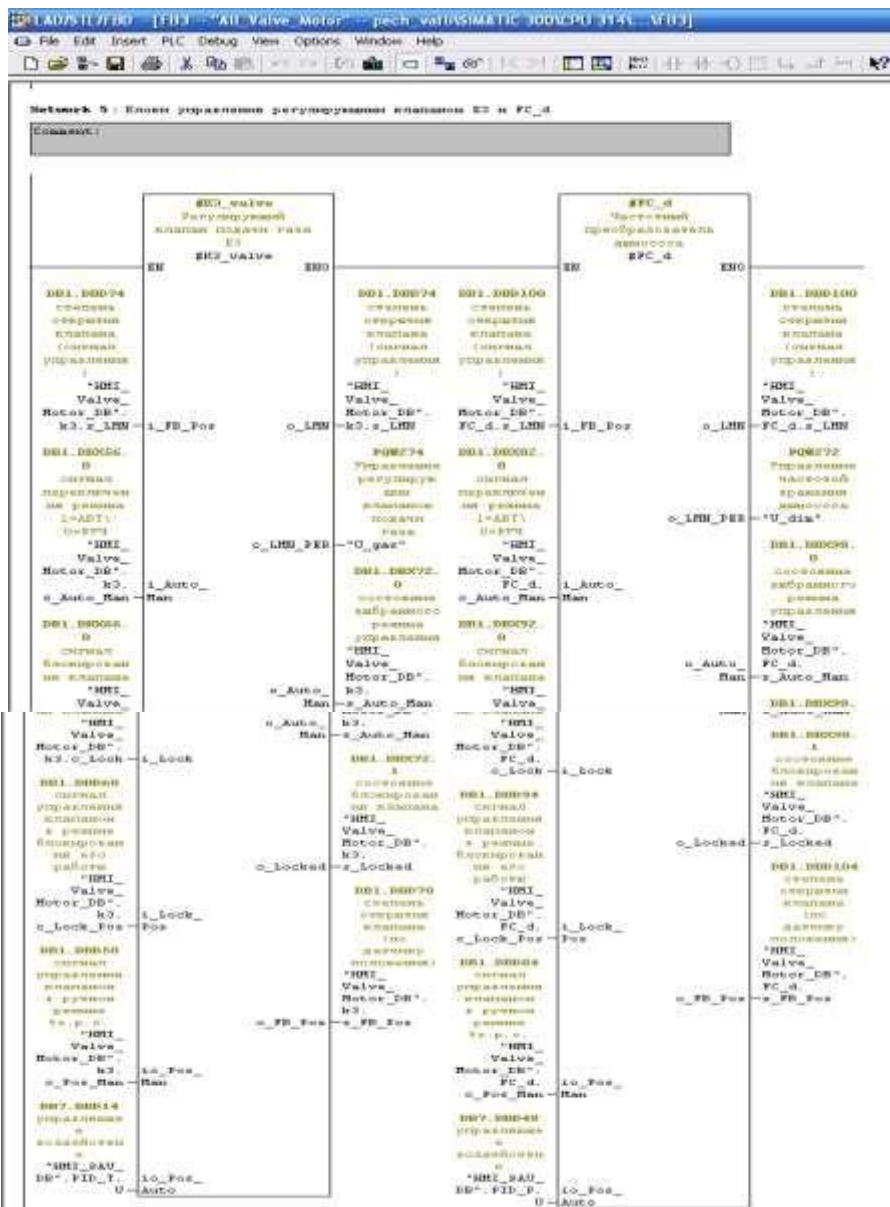


Рис. 6.44 – Фрагмент програми розрахунку функціональних блоків управління регулюючими пристроями, реалізованого в FB3

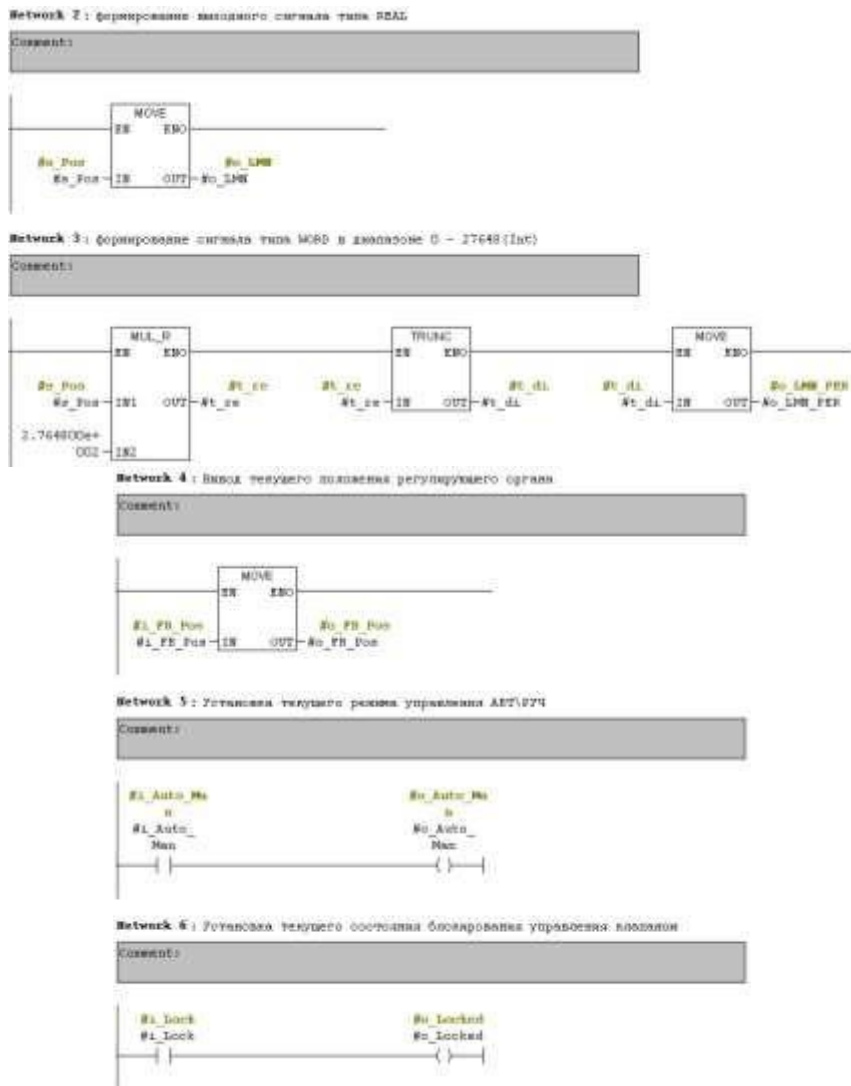


Рис. 6.46 (закінчення) – Фрагмент програми що реалізує контроль і управління регулюючим клапаном

Функциональні блоки FB3 і FB6 викликаються в основному організаційному блоці OB1. На рис. 6.47 представлені статичні змінні і фрагмент програми реалізованої в FB3 .

Contents Of: 'Environment\Interface\STAT'							
Name	Data Type	Addr	Initial	Exclusion	ad	Termin	Comment
M1_motor	Motor	0.0		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Транспортер
M2_motor	Motor	88.0		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Охлаждающий конвейер
M3_motor	Motor	176.0		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Насос подачи продукта
M4_motor	Motor	264.0		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Насос отбора продукта
M5_motor	Motor	352.0		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Мешалка
K1_valve	Valve	440.0		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Клапан подачи продукта
K3_valve	Valve_c	500.0		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Регулирующий клапан подачи пара
FC_d	Valve_c	534.0		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	Клапан отбора вторичного пара

Рис. 6.47 – Фрагмент таблиці статичних змінних функціонального блока FB3

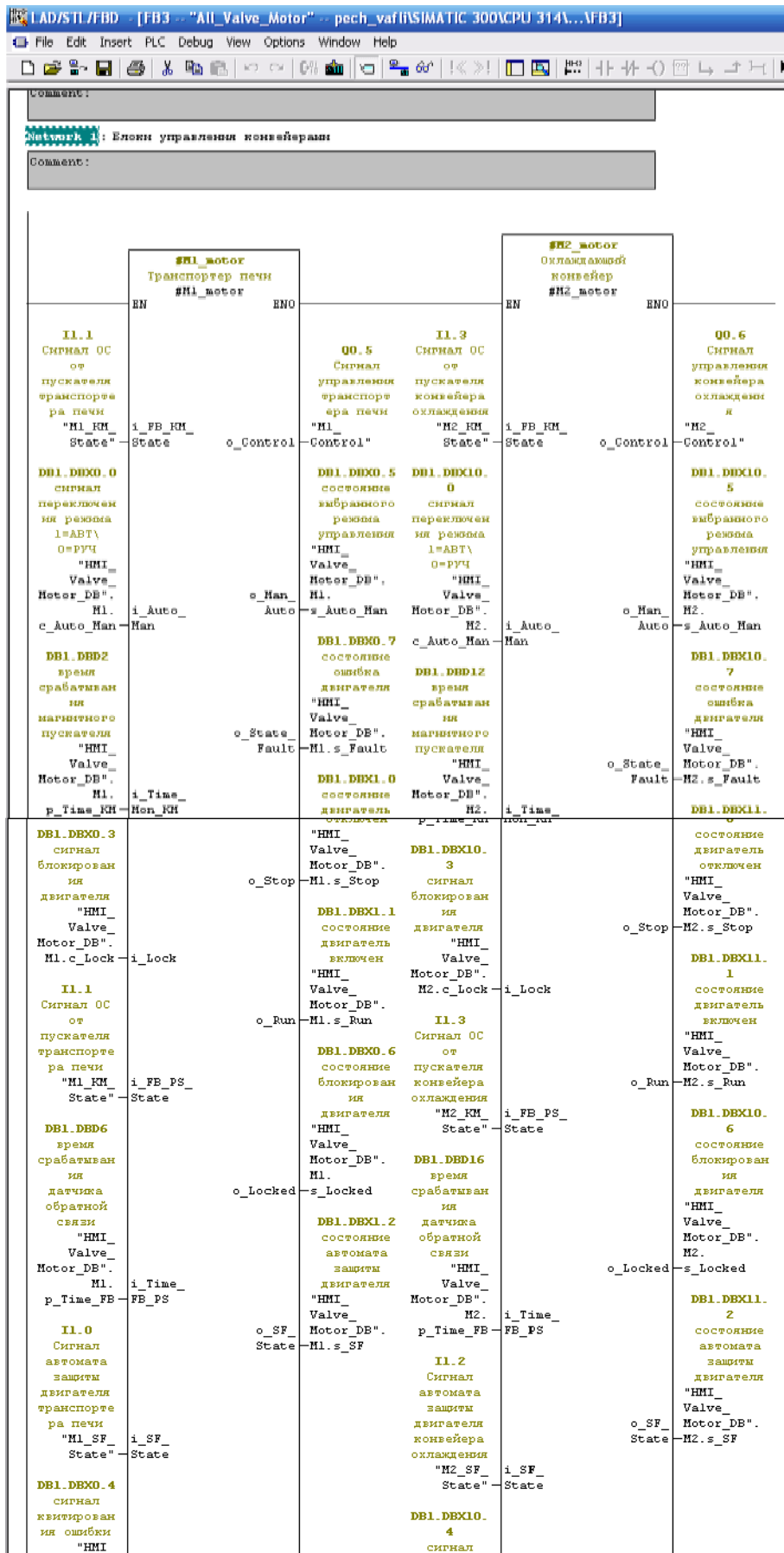


Рис. 6.48 – Фрагмент программы розрахунку функціональних блоків управління, реалізованого в FB3

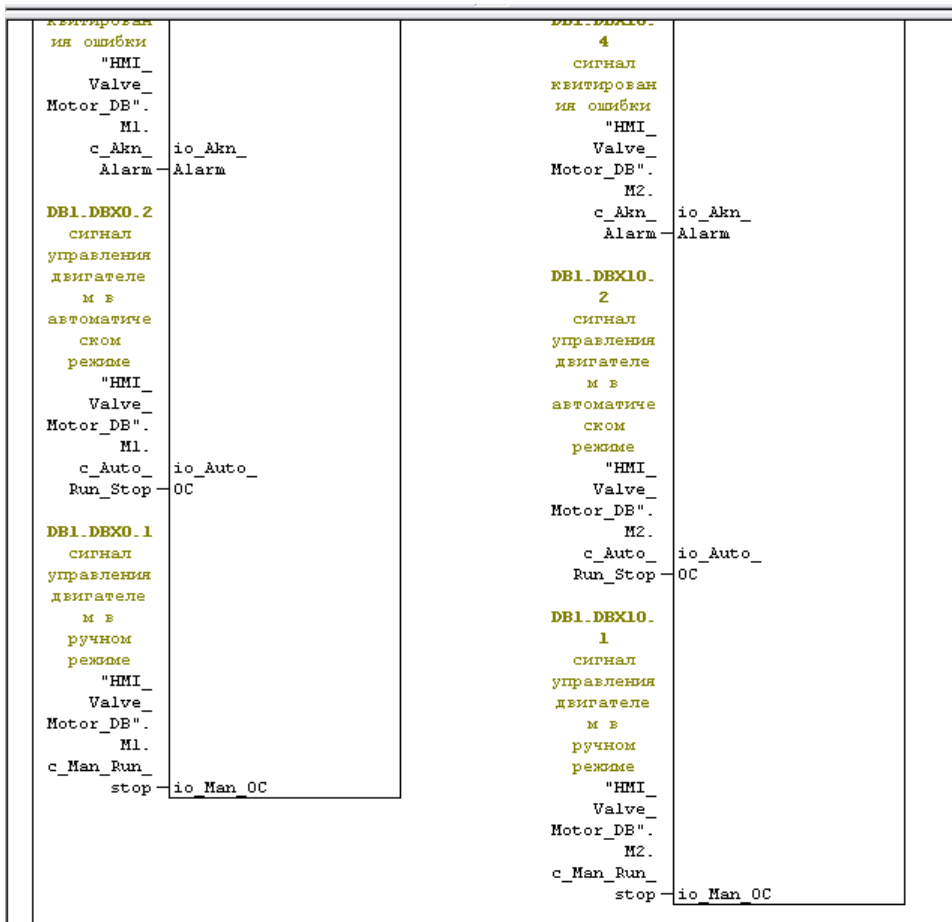


Рис. 6.48 (закінчення) – Фрагмент програми розрахунку функціональних блоків управління, реалізованого в FB3

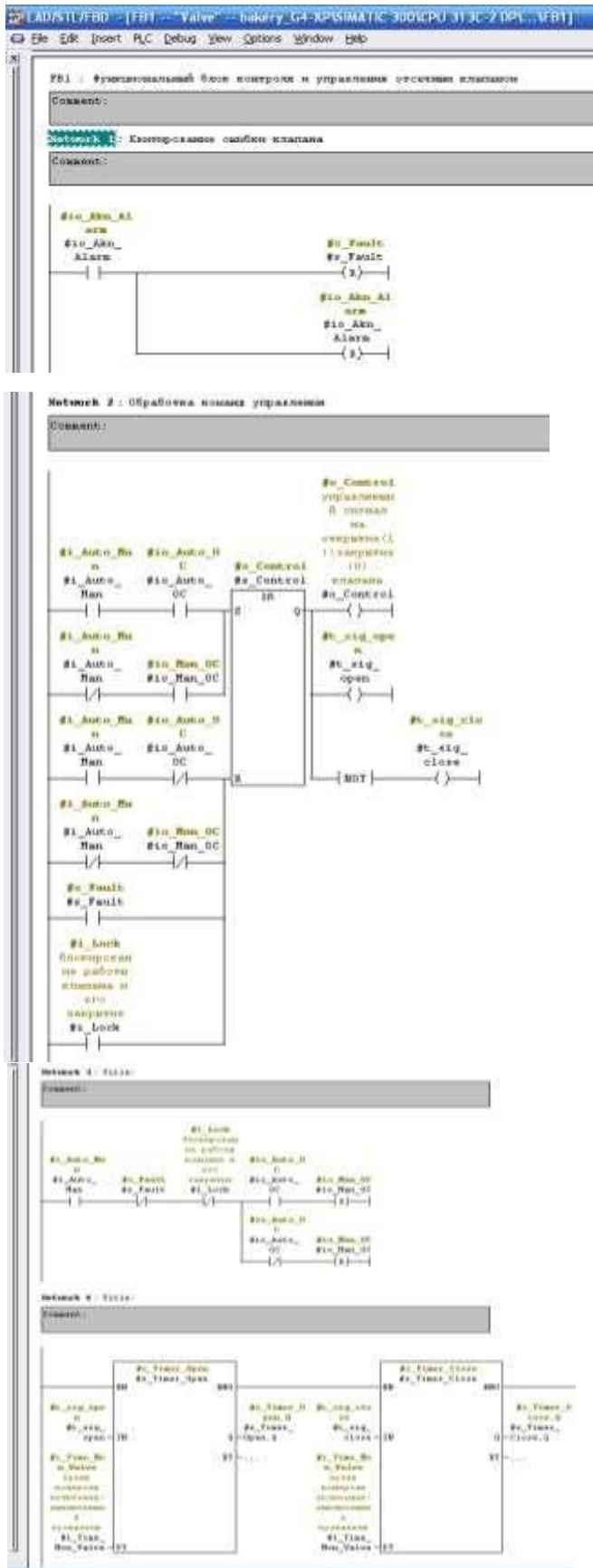


Рис. 6.49 – Програма функціонального блоку FB1 – управління клапаном подачі продукту.

Алгоритми автоматичного управління пуском і зупинкою реалізовані у функціональному блоці FB6. На рисунку нижче представлений код програми для блоку FB6.

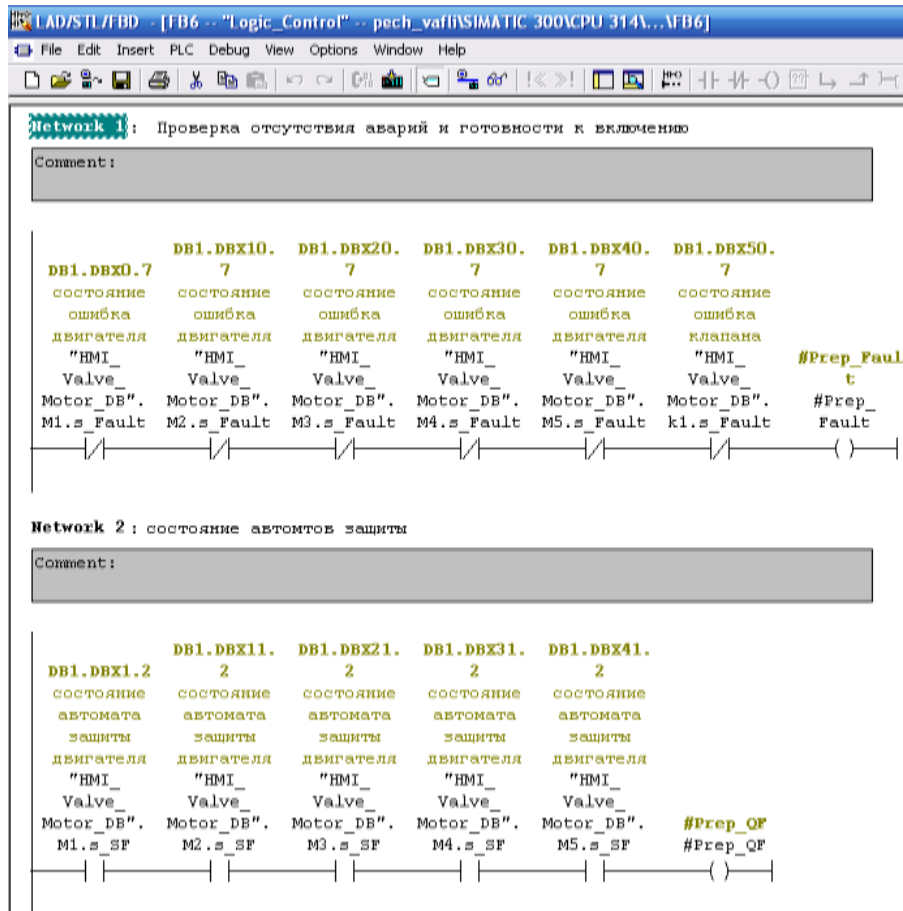


Рис. 6.51 – Код програми для блоку FB6

Network 8 : Управление конвейером

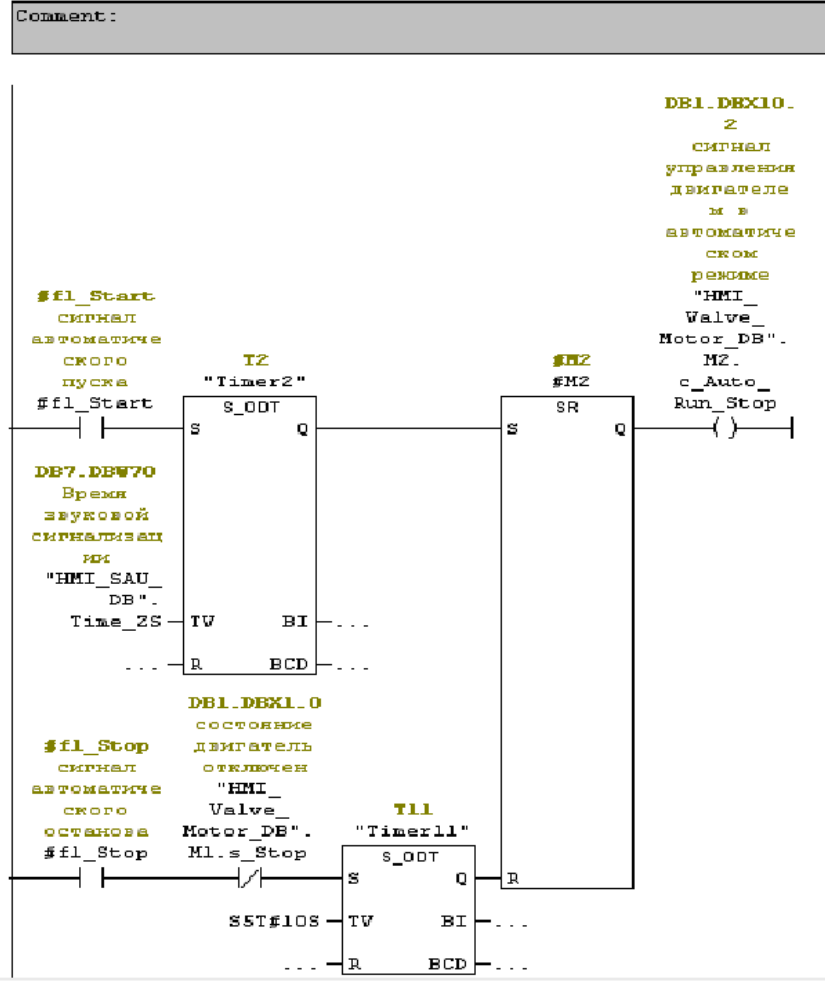


Рис. 6.51 (продовження) – Код програми для блоку FB6

Comment:

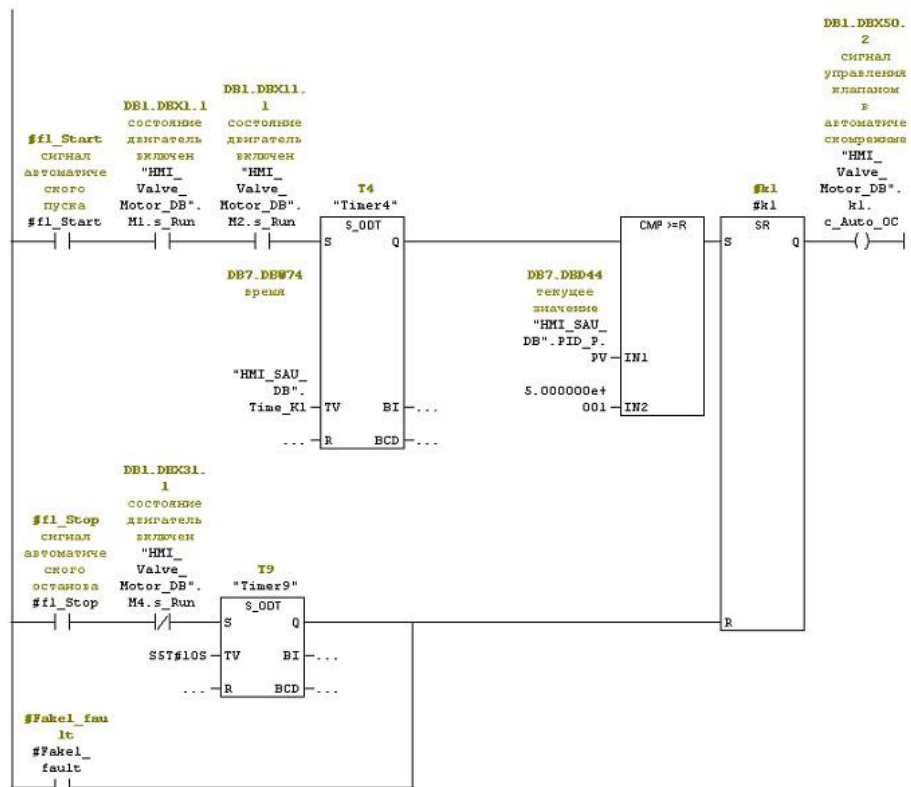


Рис. 6.51 (продовження) – Код програми для блоку FB6

Тестування програми що реалізує алгоритми логічного управління і проекту в цілому проводилися в режимі емуляції контролера. Результати тестування підтвердили правильність роботи програми, відповідно до вимог алгоритмів керування.

6.4 Висновки за розділом

В результаті виконання цього розділу роботи було визначено перелік сигналів, які слід вводити до інтелектуального ядра системи керування, та виводити з нього. У відповідності до складеного переліку сигналів було обрано технічні засоби для побудови двох варіантів інтелектуального ядра системи керування: на базі контролера Fastwel I/O та контролера фірми Siemens сімейства S7-300.

Були здобуті навички конфігурування та програмування контролера Fastwel у середовищі Codesys та контролера SIMATIC S7-300 фірми Siemens у середовищі Step-7. Була реалізована система регулювання тиску в апараті та рівню конденсату. При виконанні цього розділу були здобуті навички у створенні та удосконаленні блоку ПД регулятора. У розділі розробка програм, що реалізує алгоритм логічної роботи процесу варки мармеладу в варочному котлі, був реалізований алгоритм роботи установки. Тестування даного алгоритму показало, що програма працює коректно.

РОЗДІЛ 7. РОЗРОБКА АРМ ОПЕРАТОРА-ТЕХНОЛОГА ТА НАЛАДЧИКА САК ПРОЦЕСУ ВАРКИ МАРМЕЛАДУ

7.1 Розробка АРМ оператора-технолога

Робоче місце оператора-технолога процесу охолодження ковбаси 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 охолодження ковбаси і задавати режими роботи обладнання.

2. Контролювати стан обладнання камери (включено, вимкнений, знаходиться в аварії і т.д.) і значення експлуатаційних параметрів обладнання.

3. Керувати запуском і зупинкою обладнання камери в ручному та автоматичному режимах управління.

4. Керувати окремим обладнанням камери 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 котла. Основний екран із зображенням мнемосхеми камери дозволяє контролювати хід процесу, керувати обладнанням камери, міняти режими роботи обладнання та контролювати виникнення порушень в роботі.

- 2) Графіки. Екран, призначений для відображення графіку зміни температури у камері та тиску води.

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

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

Шаблон екранів створюється в окремому підрозділі графічного редактора екранів SCADA-системи WinCCFlexible. Графічні елементи розташовані у вікні шаблону (рис 7.1) 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 WinCCflexible. Він включає логотипи академії та розробника проекту, загальна назва технологічного процесу, елементи відображення поточної дати і часу, елемент відображення поточної активної помилки, а також текстове поле виведення назви поточного активного вікна. Висновок назви вікна здійснюється за допомогою виклику підпрограми (рис.7.2). Підпрограма викликається з системного події - «Change screen».

Меню переключення екранів складається з набору кнопок, що дозволяють виконувати перемикання між різними графічними вікнами. Для перемикання вікон використовуються спеціальні системні функції (рис. 7.3).

```

Sub DisplayCurrentScreenName( )
1  ' WARNING!
2  ' *****
3  ' This is a generated script.
4  ' Do not modify this script!
5  ' *****
6  '
7  '
8  Dim o
9  Set o = HmiRuntime.Screens("OverView").ScreenItems("TemplateTextFieldScreenName")
10 o.Text = HmiRuntime.BaseScreenName
11
12

```

Рис. 7.2 – Вихідний код підпрограми відображення назви активного вікна

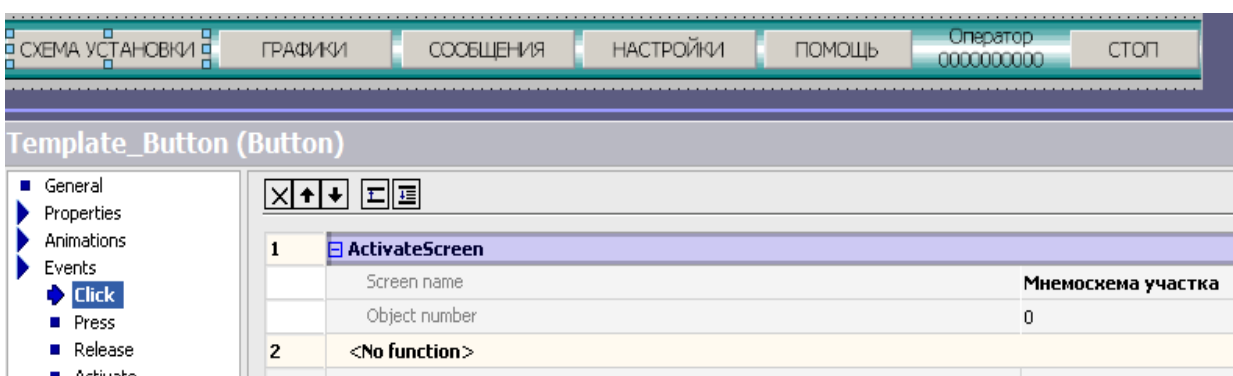


Рис. 7.3 – Приклад використання системної функції «ActivateScreen» для перемикання екранів графічного інтерфейсу

У заголовку екрану також відображається ім'я поточного активного користувача. Ім'я користувача виводиться у текстовому полі за допомогою функції «GetUserName», яка викликається системною подією «Change user» (рис. 7.4). Кнопки «Вхід» та «Вихід» (розташовані на окремому екрані) дозволяють увійти в профіль користувача, або ж вийти з профілю. Реєстрація нових користувачів здійснюється при натисканні кнопки «Реєстрація».

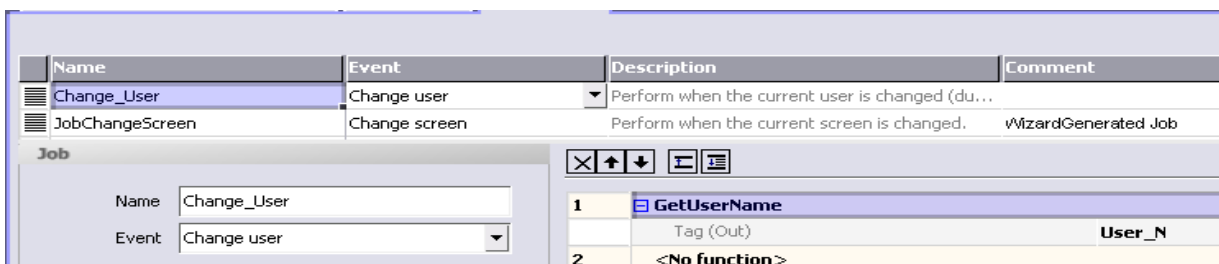


Рис. 7.4 – Вікно налаштування обробки системних подій в планувальнику завдань «Scheduler».

Основне вікно «Мнемосхема котла» (рис. 7.5) містить схематичне зображення камери з елементами відображення і управління. Зображення агрегатів камери створено в графічному редактор SCADA - системи WinCCFlexible 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.

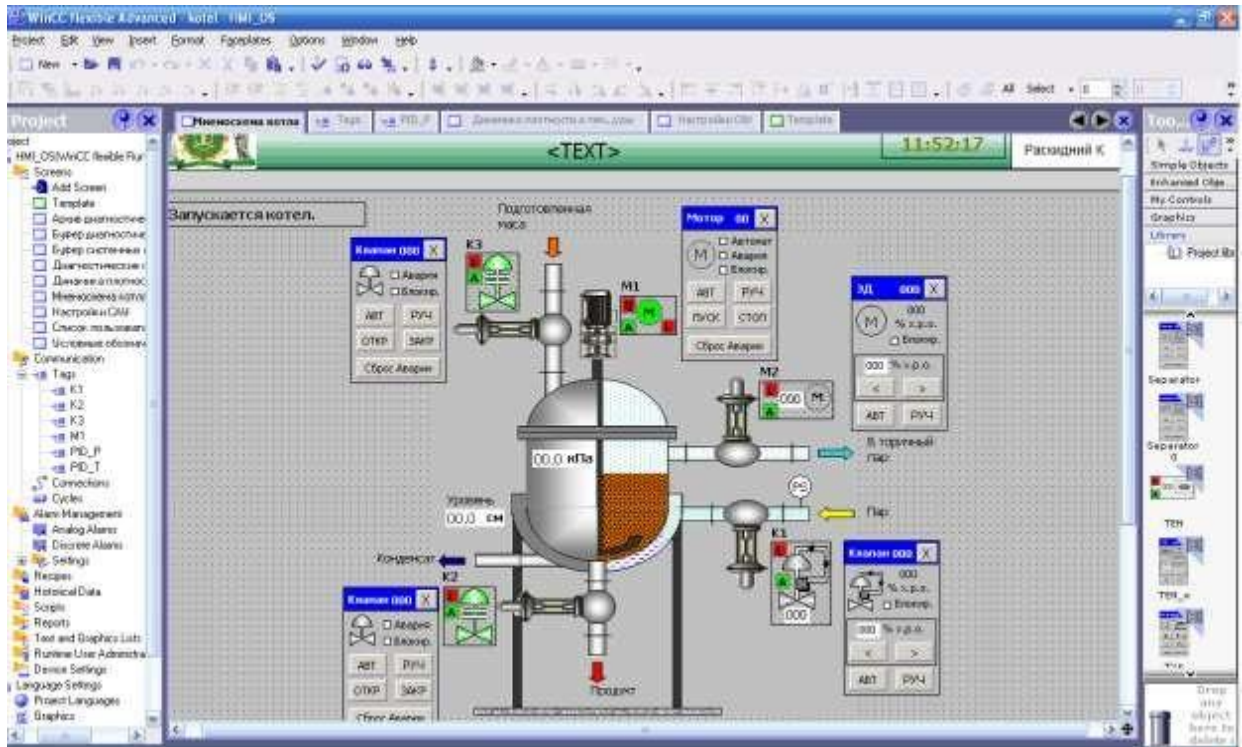


Рис. 7.5 – Загальний вигляд вікна «Мнемосхема котла»

Відображення поточних значень і введення заданих значень технологічних параметрів виконується з використанням елементів «IO Field», які пов'язують з відповідними тегамі. Відображення дискретних сигналів з датчиків виконується за допомогою елементів «Circle» за рахунок зміни їх кольору. Також зміною кольору елементів мнемосхеми камери або появою стрілок вказують напрямок потоку складових, холодної води, холодоагенту відображається включення двигунів і відкриття клапанів.

Контроль стану двигунів і клапанів реалізований з використанням спеціально розроблених в редакторі «Faceplate» екранних форм (рис. 7.6).

Екранні форми підключаються до відповідних тегів у контролері і відображають стан і режим роботи обладнання.

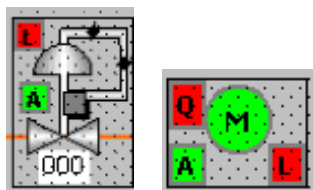


Рис. 7.6 – Екранні форми для контролю стану двигунів та виконавчих пристроїв

Керувати двигунами і клапанами оператор може з використанням спеціальних екранних форм керування (рис. 7.7).

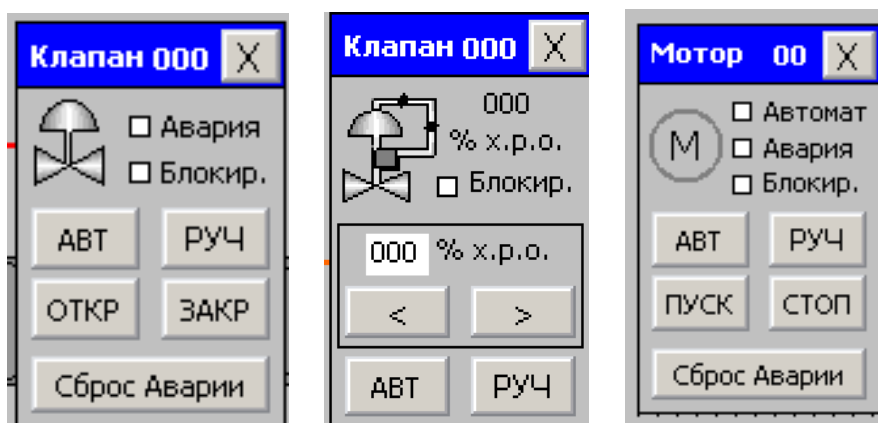


Рис. 7.7 – Екранні форми для керування двигунами і клапанами.

Екранні форми управління також прив'язуються до тегів контролера і дозволяють оператору міняти режим роботи (АВТ / РУЧ) клапана або двигуна, управляти їх станом, підтвердити помилки при їх виникненні. На рис. 7.8 представлений приклад прив'язки тегів до екранної форми управління двигуном. Створені екранні форми згруповані в спеціальній бібліотеці і можуть використовуватися при створенні інших проектів.

На рис. 7.9 представлений екран «Мнемосхема котла» працюючим в автоматичному режимі, без порушень режиму роботи і справному обладнанні. А на рис. 7.10 представлений цей же екран, але з відкритими екранними формами управління клапанами і двигуном мішалки. Екранні

форми управління викликаються натисканням лівої кнопки миші на відповідній екранній формі контролю стану двигуна або клапана. Детальну інформацію про екранних формах контролю стану двигунів або клапанів з розшифровкою їх станів оператор може отримати в екранній формі «Допомога» (рис. 7.11).

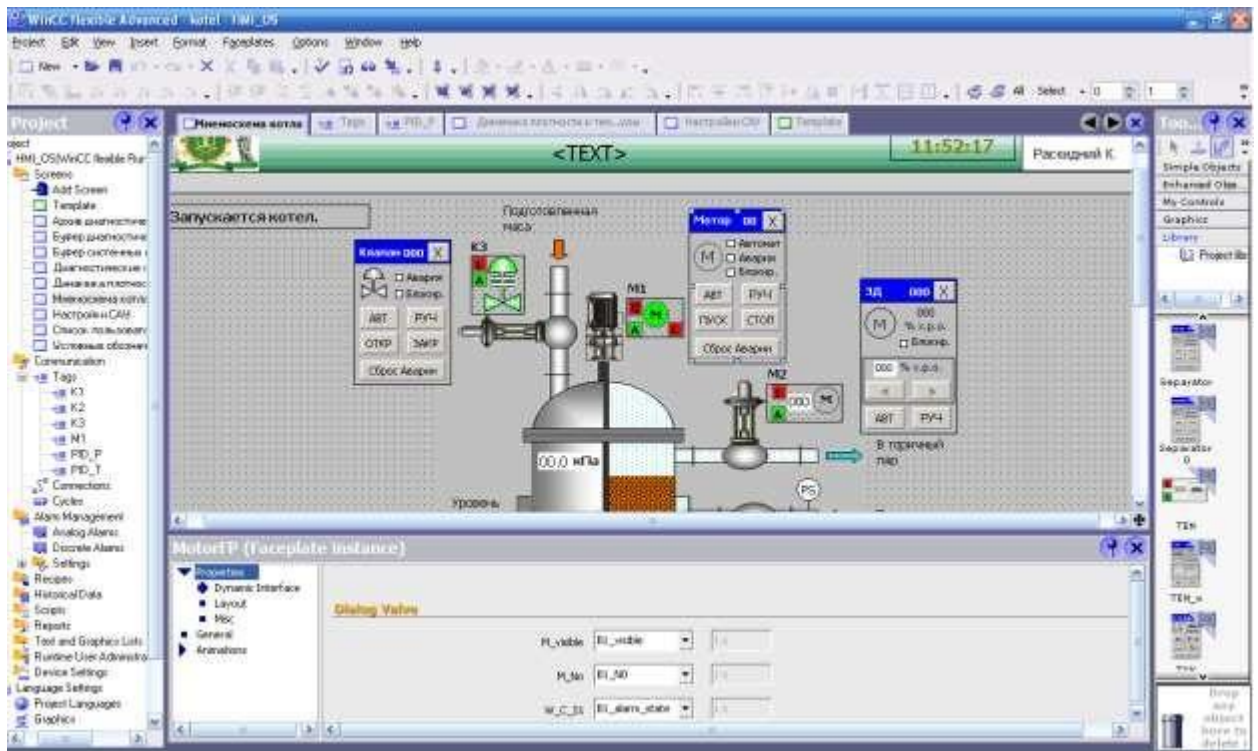


Рис. 7.8 – Фрагмент вікна прив'язки тегів до екранної форми управління ДВИГУНОМ



Рис. 7.9 – Загальний вигляд екрану «Мнемосхема котла» при нормальній роботі



Рис. 7.10 – Загальний вигляд екрану «Мнемосхема котла» при відкритих екранних формах управління двигунами і клапанами

Екран «Допомога» розроблений як вікно допомоги оператору. На цьому екрані розшифровані умовні позначення, кольору і літерні позначення, які використовуються в основному екрані «Мнемосхема котла».

Вивчивши умовні позначення, оператор зможе однозначно інтерпретувати поточний стан двигуна або клапана за його екранній формі. Вивчення цього екрани особливо актуально для нових, тільки приступили до роботи, операторів.

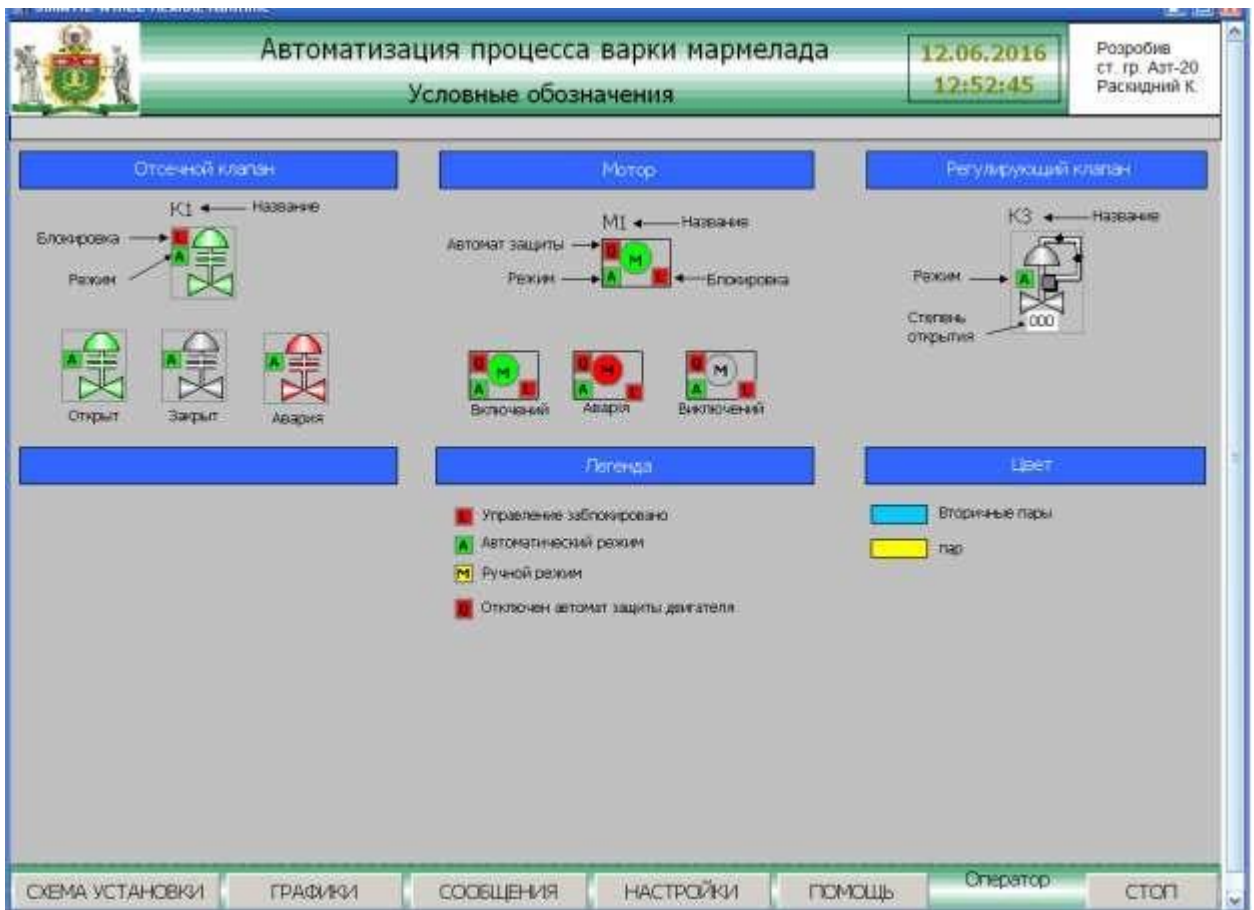


Рис. 7.11 – Загальний вигляд екрану «Допомога».

Для реєстрації змін основних технологічних параметрів в проекті передбачено вікна побудови графіків зміни тиску та рівню конденсату. Для побудови графіків використовується елемент «Trend View» із стандартної бібліотеки SCADA - системи WinCCFlexible. На рис. 7.12 представлений вікно реєстрації рівню конденсату та тиску в котлі, а на рис. 7.13 приклад налаштування елемента «Trend View» і його прив'язки до тегів контролера.

На рис. 7.14 представлені графіки зміни рівню конденсату та тиску в котлі під час пуску варочного котла у роботу.

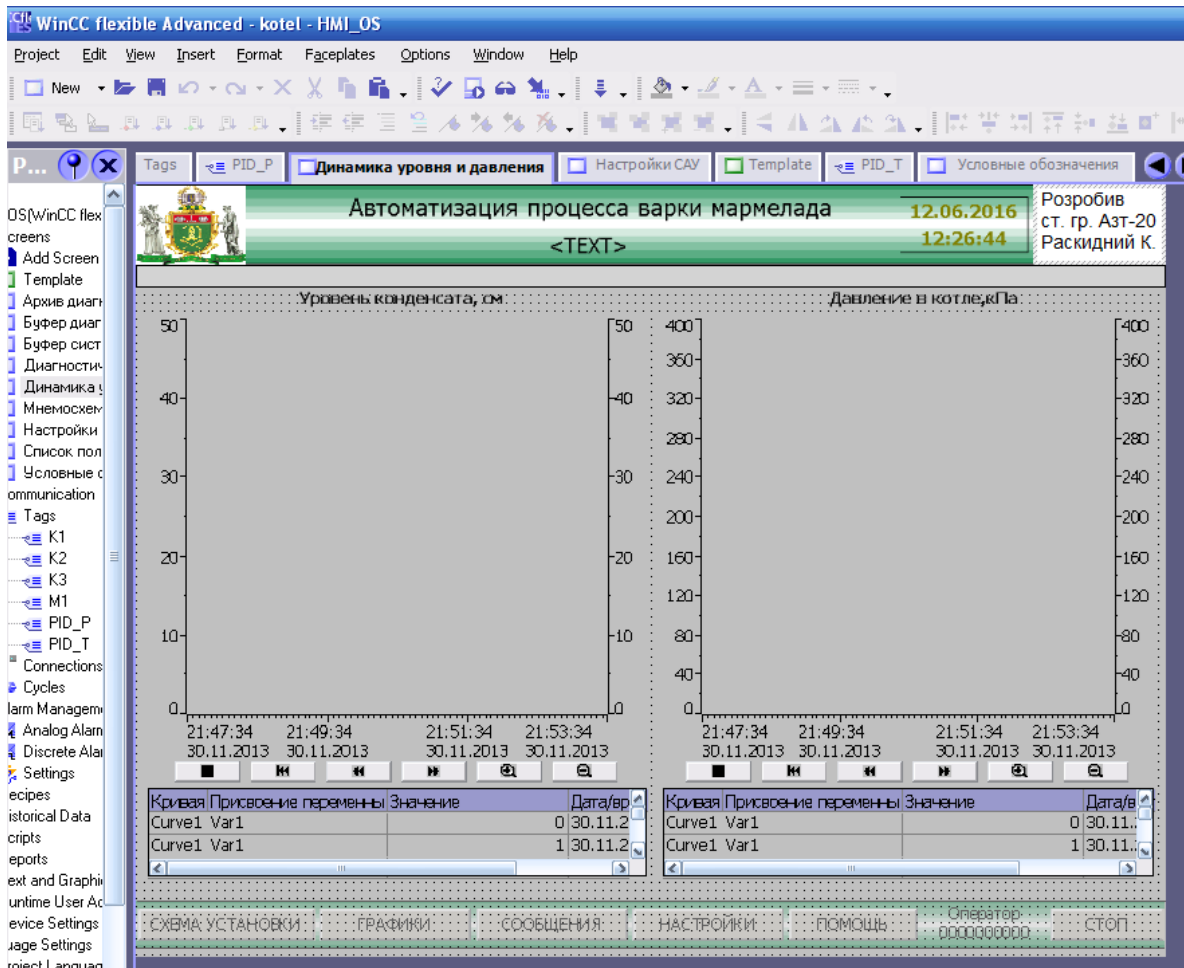


Рис.7.12 – Экран реєстрації рівню конденсату та тиску в котлі

Trend View)

Name	Display	Line t...	Bar width (%)	Display limit lines	Trend type	Source settings	Side	Foreground c...
T_zd	Lines	Solid	50	No	Realtime cycli...	[HMI_SAU_DB.PID_Tpr.SP_INT]	Right	0, 0, 255
T	Lines	Solid	50	No	Realtime cycli...	[HMI_SAU_DB.PID_Tpr.PV]	Left	0, 0, 255

Рис. 7.13.— Приклад налаштування елемента «Trend View».



Рис. 7.14 – Графіки зміни рівню конденсату та тиску в котлі

Для інформування оператора про стан технологічного процесу і події, що виникають з обладнанням котла в проекті створена система повідомлень з використанням відповідного редактора SCADA - системи WinCCFlexible. Система повідомлень включає повідомлення обумовлені користувачем і системні повідомлення. Повідомлення, обумовлені користувачем, розділені на дискретні і аналогові і належать класам «Warnings» (попередження) і «Errors» (помилки). Повідомлення класу «Errors» інформують про критичні або небезпечних робочих станах заносяться в архів. Фрагменти списків дискретних і аналогових повідомлень, класів повідомлень представлені на малюнках 7.15 – 7.17.

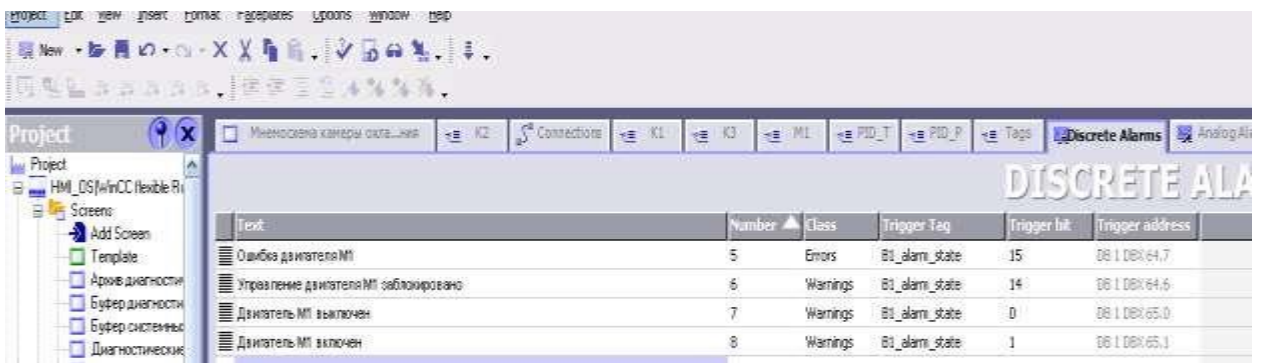


Рис. 7.15 – Фрагмент вікна редактора дискретних повідомлень

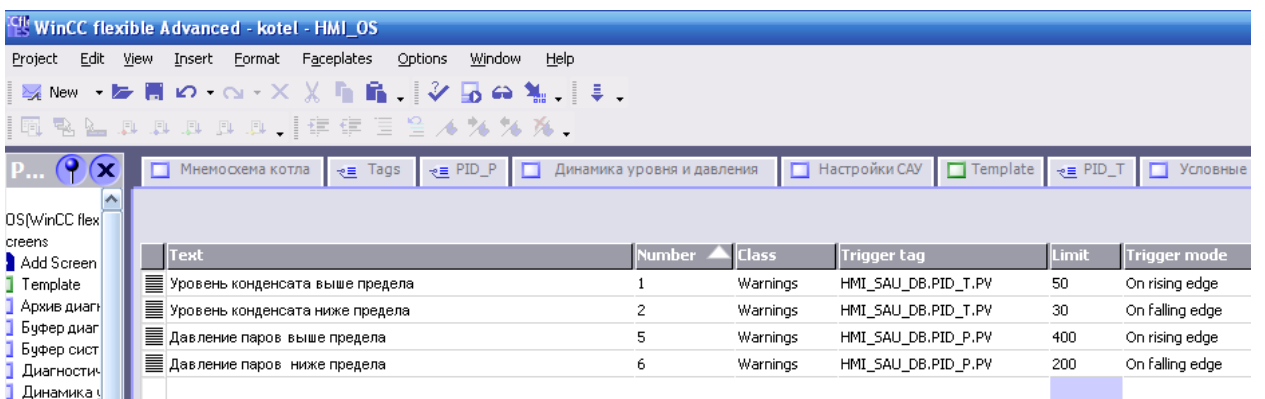


Рис. 7.16 – Фрагмент вікна редактора аналогових повідомлень

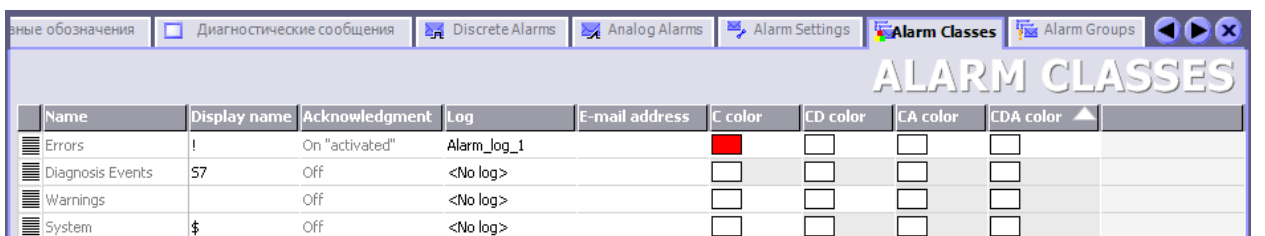


Рис. 7.17 – Загальний вигляд вікна класів повідомлень

Відображення повідомлень на екрані виконується за допомогою елемента «Alarm View», який може бути налаштований на виведення поточних активних повідомлень, вмісту буфера повідомлень, вмісту архіву повідомлень. При цьому можуть виводитися на екран повідомлення різних класів. На рис. 7.18 представлений приклад екрану з елементами «Alarm View» налаштованими на виведення поточних активних робочих повідомлень і повідомлень про несправності, а на рис. 7.19 представлено вікно властивостей елемента «Alarm View» налаштованого на виведення

поточних активних повідомлень про несправності, що відносяться до класу «Errors».

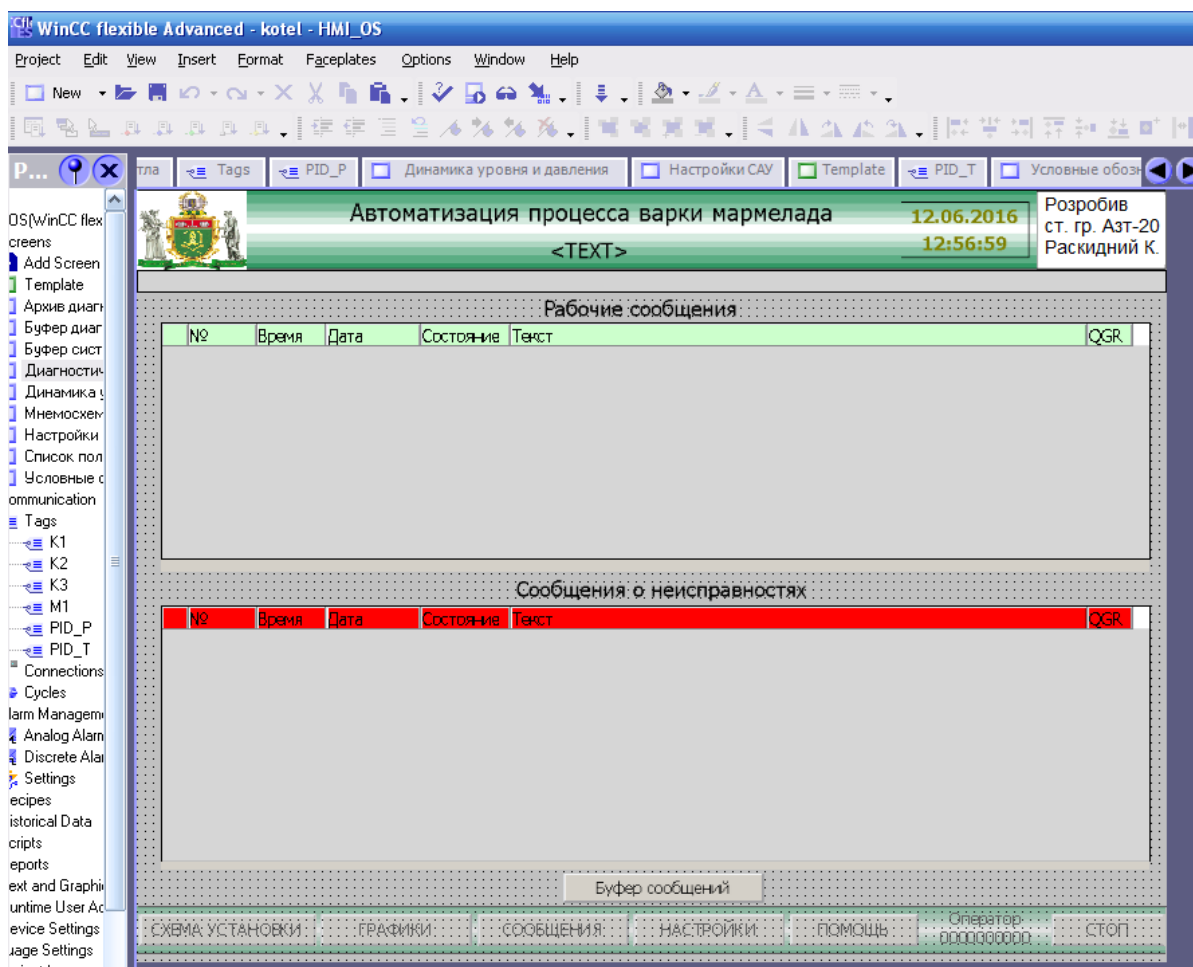


Рис. 7.18 – Загальний вигляд екрану виведення поточних активних діагностичних повідомлень

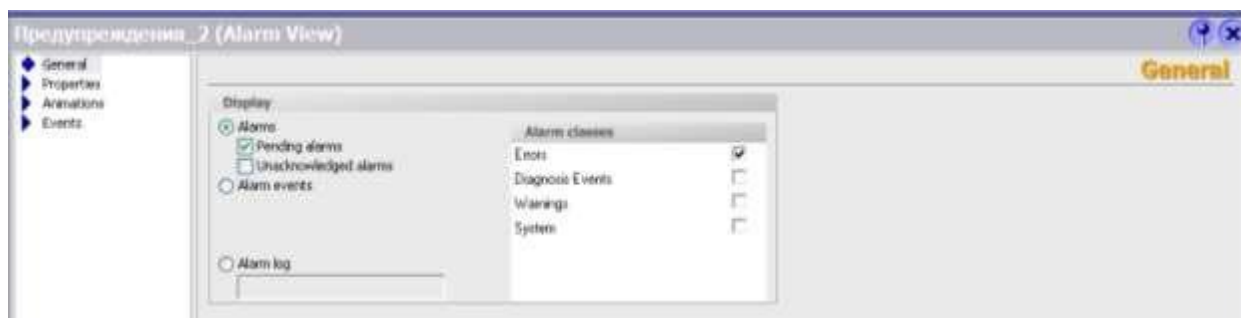


Рис. 7.19 – Загальний вигляд вікна налаштування властивостей елемента виведення повідомлень «Alarm View»

Приклади екранів, призначених для виведення буфера повідомлень і вмісту архіву повідомлень, представлені на малюнках 7.20, 7.21.

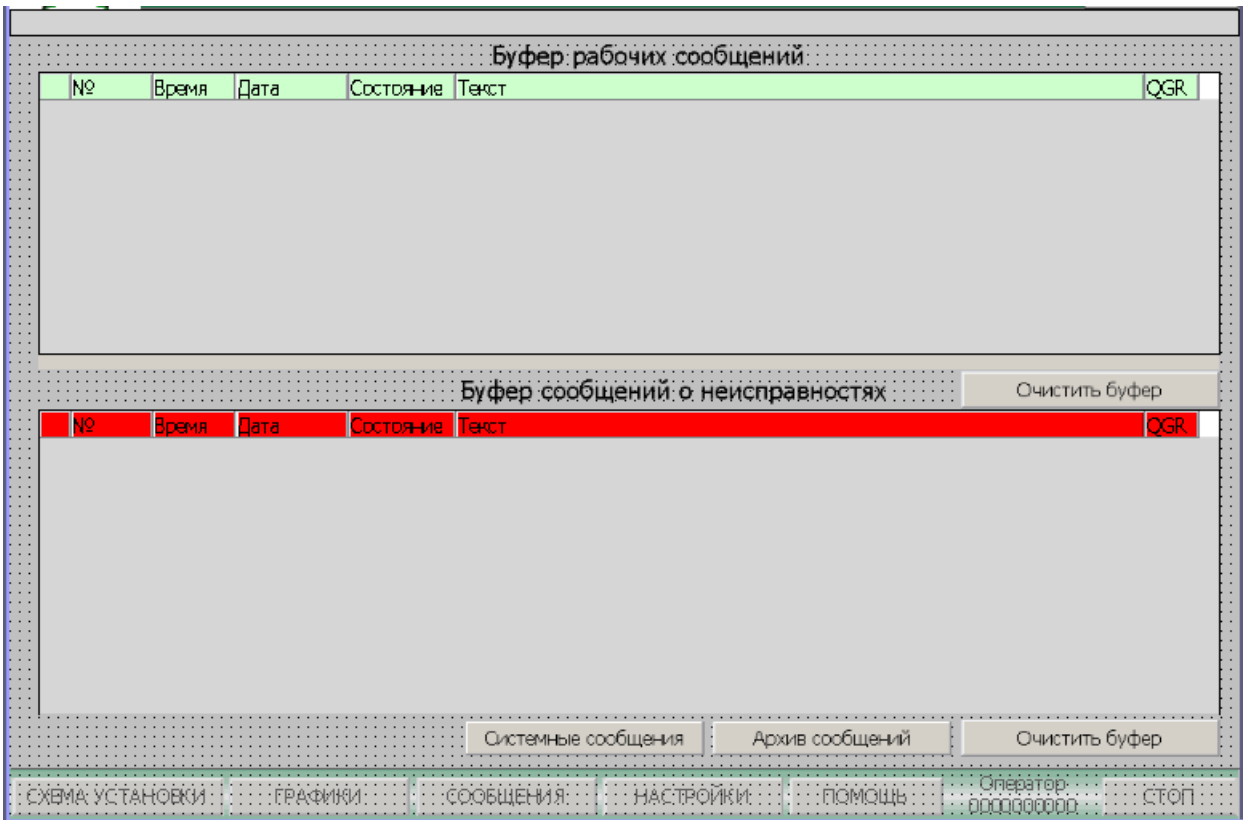


Рис. 7.20 – Загальний вигляд вікна відображення вмісту буфера діагностичних повідомлень

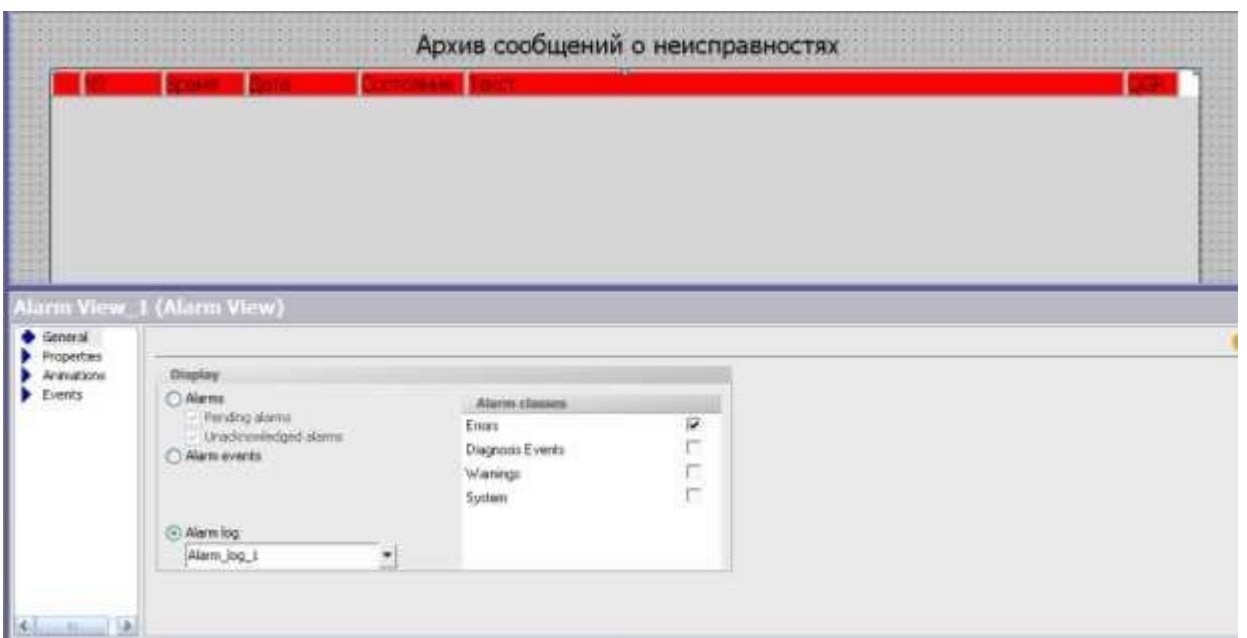


Рис. 7.21 – Приклад налаштування елемента відображення вмісту архіву з повідомленнями про несправності

На рис. 7.22 – 7.25 представлені екрани, що демонструють роботу системи повідомлень для повідомлень, що визначаються користувачем.

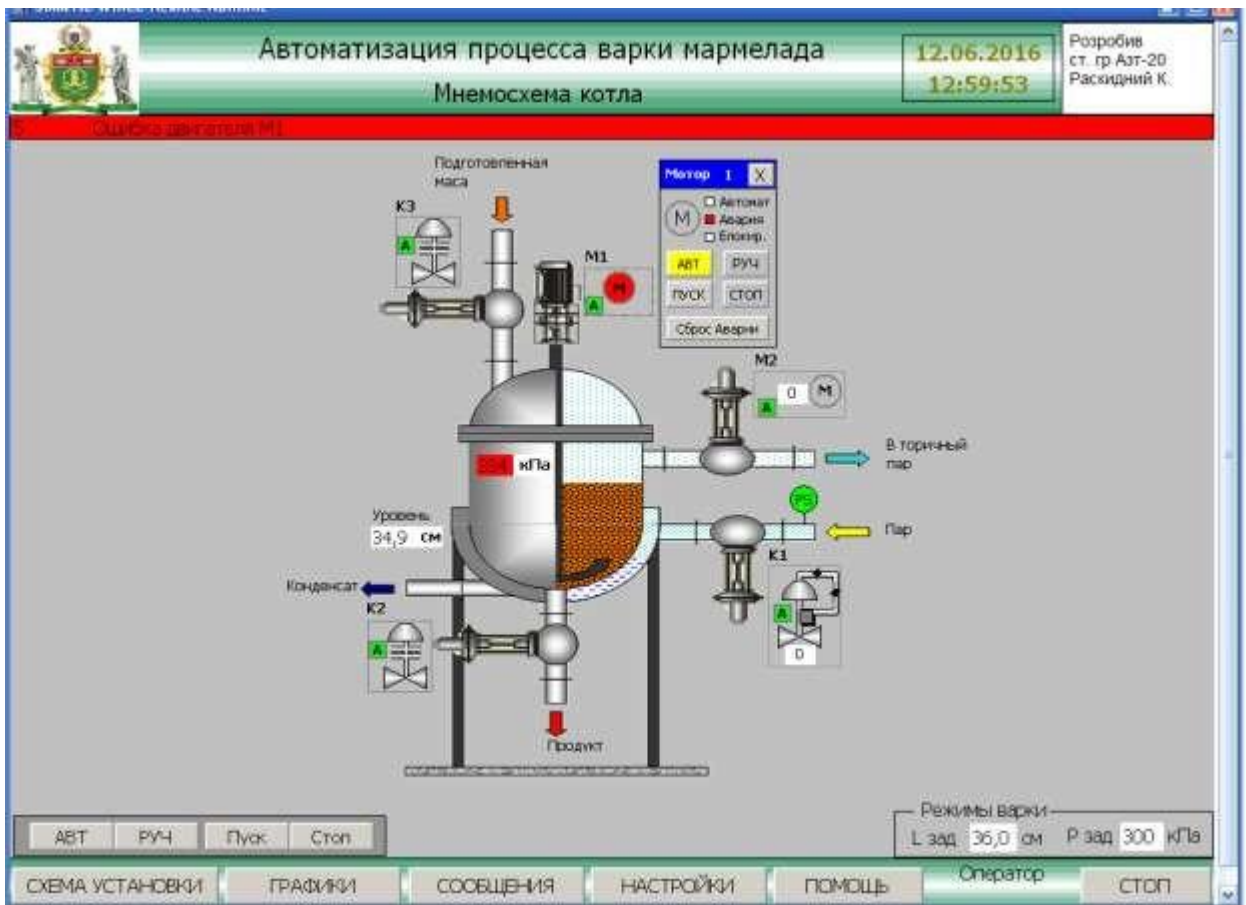


Рис. 7.22 – Загальний вигляд екрану «Мнемосхема котла» при виникненні помилки

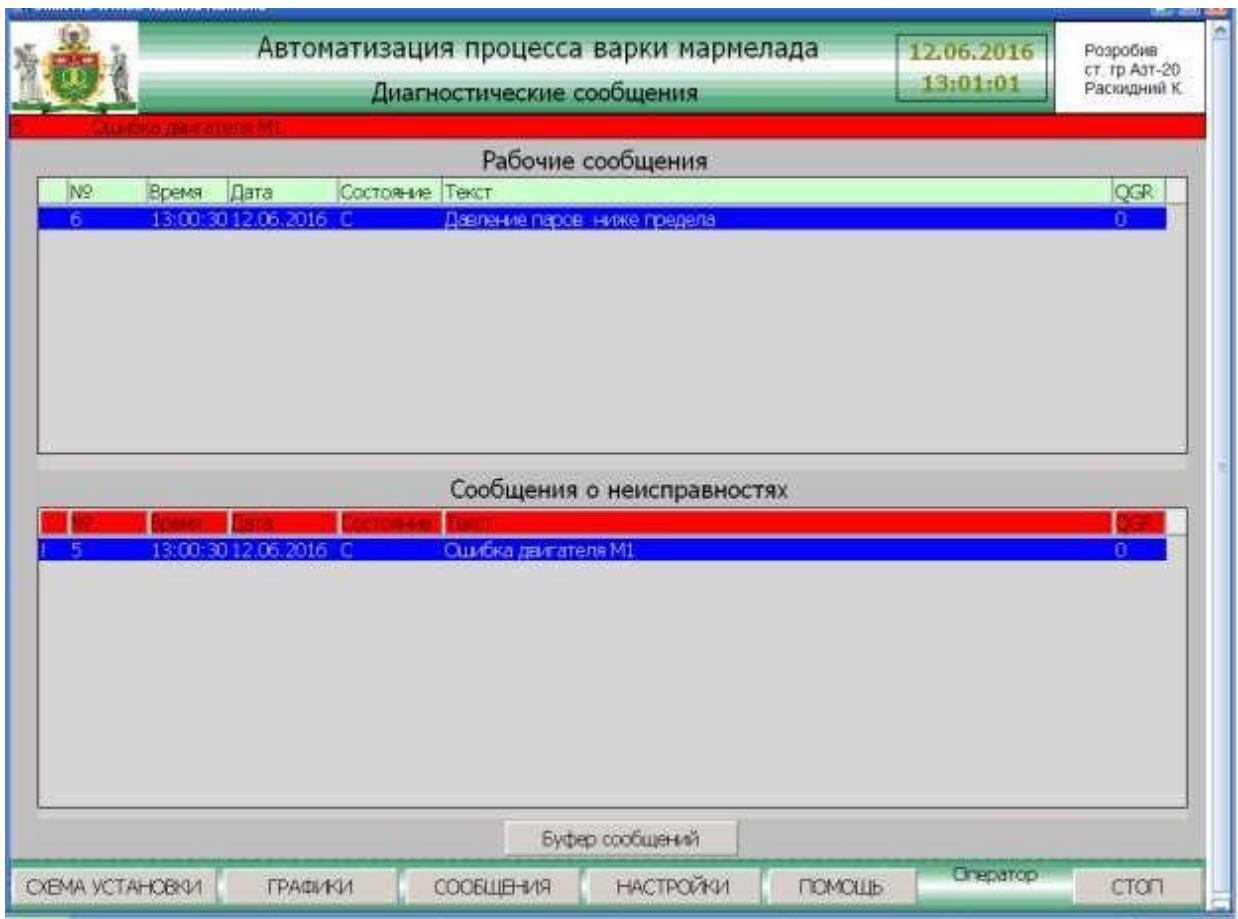


Рис. 7.23 – Загальний вигляд екрану з поточними повідомленнями

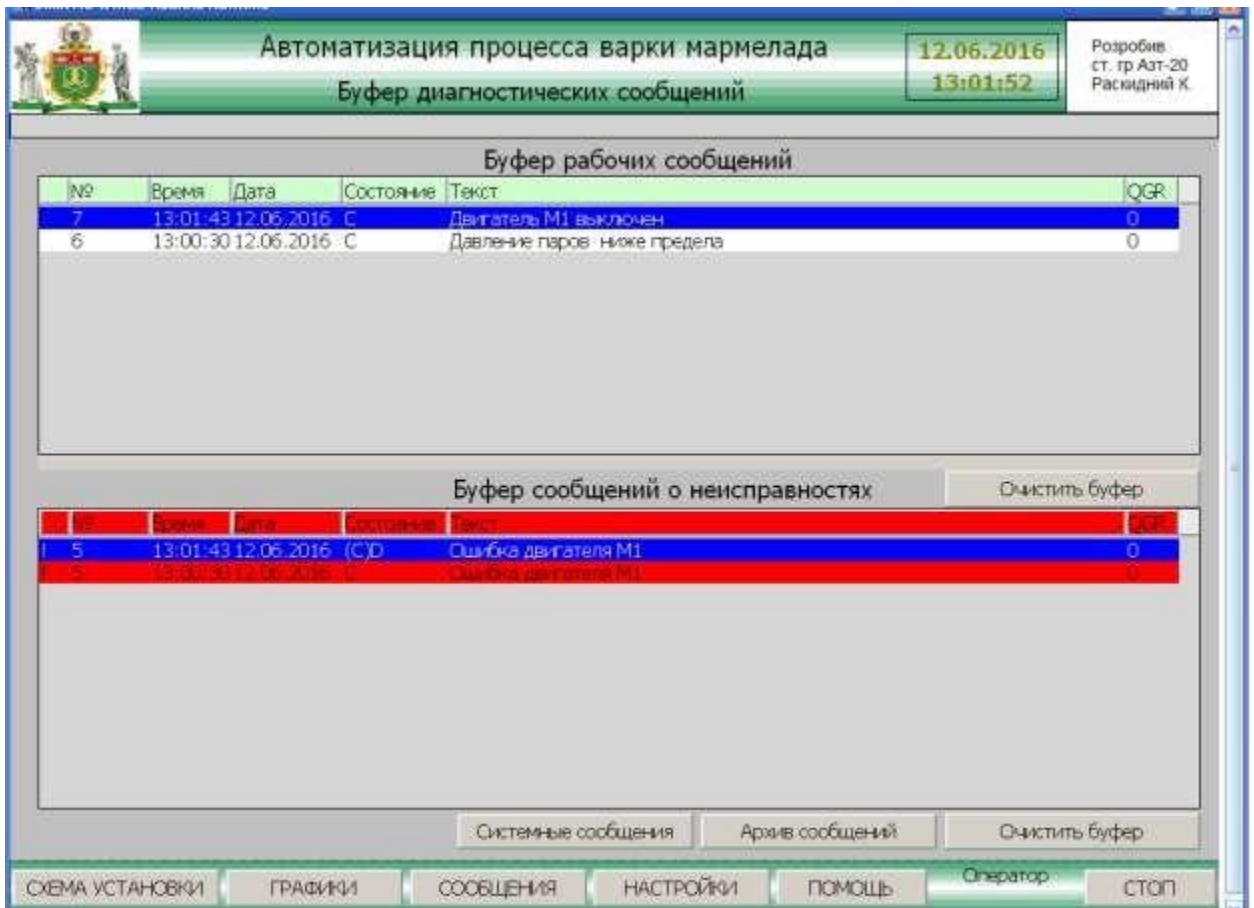


Рис. 7.24 – Загальний вигляд екрану з відображенням буфера повідомлень

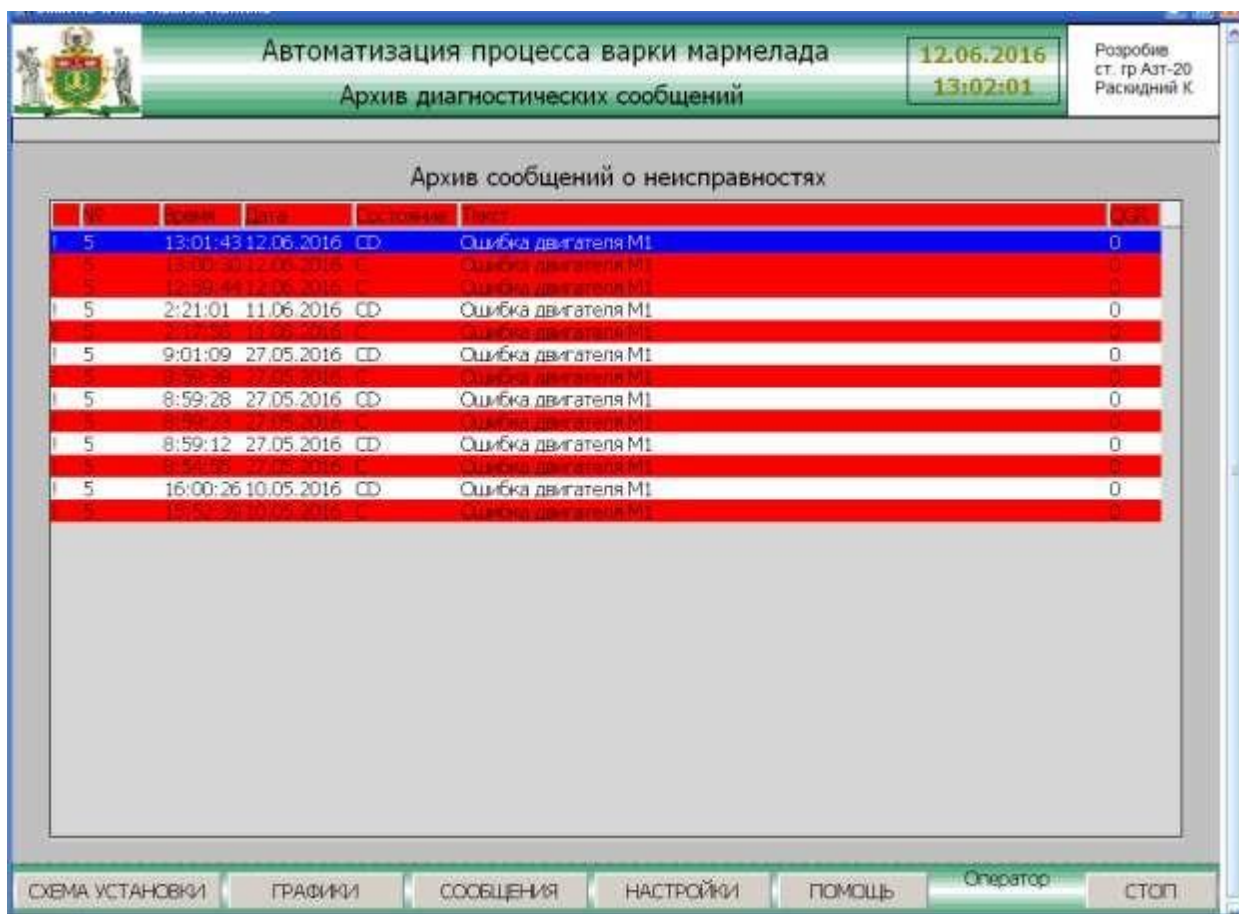


Рис. 7.25 – Загальний вигляд екрану з відображенням архіву повідомлень про несправності

7.2 Розробка АРМ наладчика САК

Робоче місце наладчика системи автоматичного управління 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 змінних;
- Відображати поточні значення керуючих впливів;
- Міняти значення настроювальних параметрів регуляторів;

- Міняти задані значення регульованих змінних;
- Перемикаєти 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 слідуєчі екрани:

1. Налаштування САК.

2. Реєстрація.

Програмна реалізація цих екранів у SCADA - системі WinCCFlexible представлена в наступному розділі.

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. 7.26).

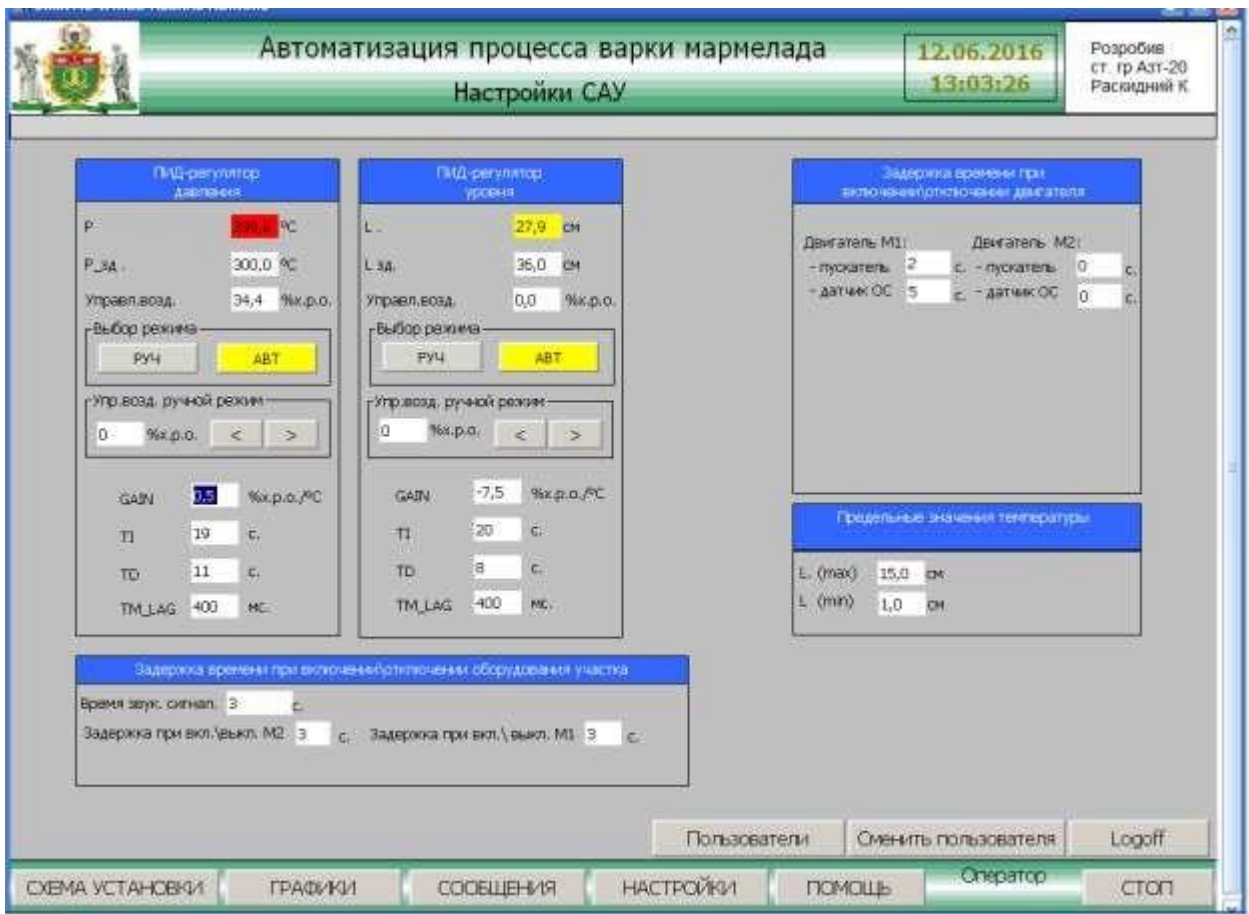


Рис. 7.26 – Загальний вигляд екрану «Налаштування САУ».

Екрани реалізовані з використанням елементів «IO Field», «Button», «Text Field» стандартної бібліотеки SCADA - системи WinCCFlexible. Всі кнопки і поля введення / виведення прив'язані безпосередньо до тегам в контролері і дозволяють змінювати їх значення.

Екран «Реєстрація» (рис. 7.27) надає настройщику можливість виконувати роботу зі списком користувачів. Змінювати імена, паролі, групи існуючих користувачів. Додавати і видаляти користувачів системи. Реалізовано екран на основі елемента «User View».

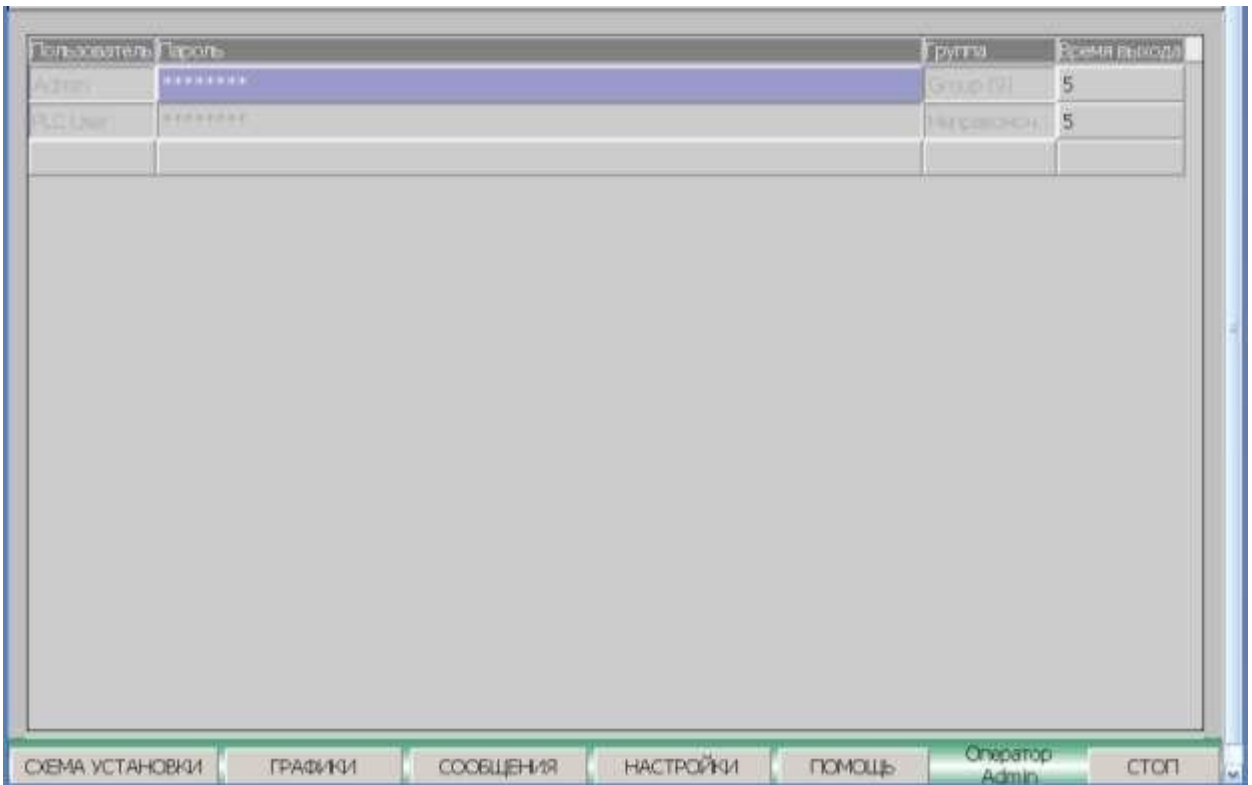


Рис. 7.27 – Загальний вигляд екрану «Реєстрація» з елементом «User View» при роботі програми

7.3 Розробка підсистеми взаємодії АРМ та мережі контролерів

Взаємодія АРМ та мережі контролерів з допомогою OPC - сервер розглянемо на прикладі реалізації зв'язку засобами пакету CoDeSys 2.3, в якому розробляється ПО контролера. Як приклад розглянемо реалізацію зв'язку тільки для одного контуру регулювання.

Створюємо новий проект в пакеті CoDeSys 2.3 (рис. 7.28). В якості цільової платформи оберемо 3S CoDeSys SP PLCWinNT V2.4. та відзначимо необхідність завантаження символічного файлу.

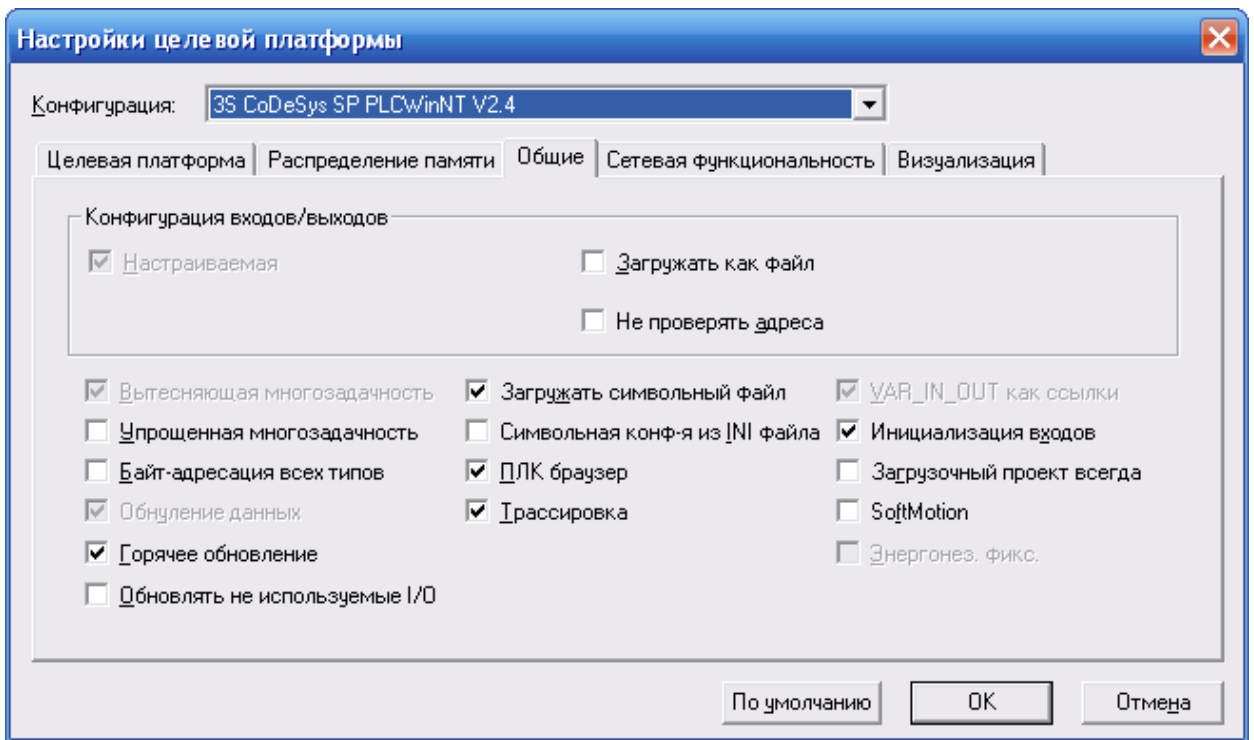


Рис. 7.28 – Загальний вигляд вікна проекту

Використовуючи функціональні блоки динамічних ланок та ПІД-регулятору, реалізуємо модель одноконтурної САР з ПІД - регулятором і моделлю статичного ОК другого порядку (рис 7.29). Створюємо ряд змінних, які будуть брати участь в мережевому обміні, і потрібні для налаштування САР. Налаштовуємо ПІД-регулятор і перевіряємо роботу системи (рис. 7.30).

Проводимо конфігурацію OPC – серверу у пакеті CoDeSys 2.3, для обміну даними зі SCADA системою. Для цього вказуємо які змінні потрібно включити в мережевий обмін даними (рис. 7.31) та налаштуємо параметри мережевого зв'язку (рис 7.32).

Після конфігурації вибрані змінні будуть доступні OPC-кліентам. Зокрема SCADA-системам.

У середовищі SCADA-системи реалізуємо віртуальну станцію управління контуром регулювання. Станція управління повинна передбачати графічне і цифрове представлення поточних і заданого значень регульованої змінної, керуючого впливу і параметрів регулятора. Можливість зміни параметрів регулятора і заданого значення.

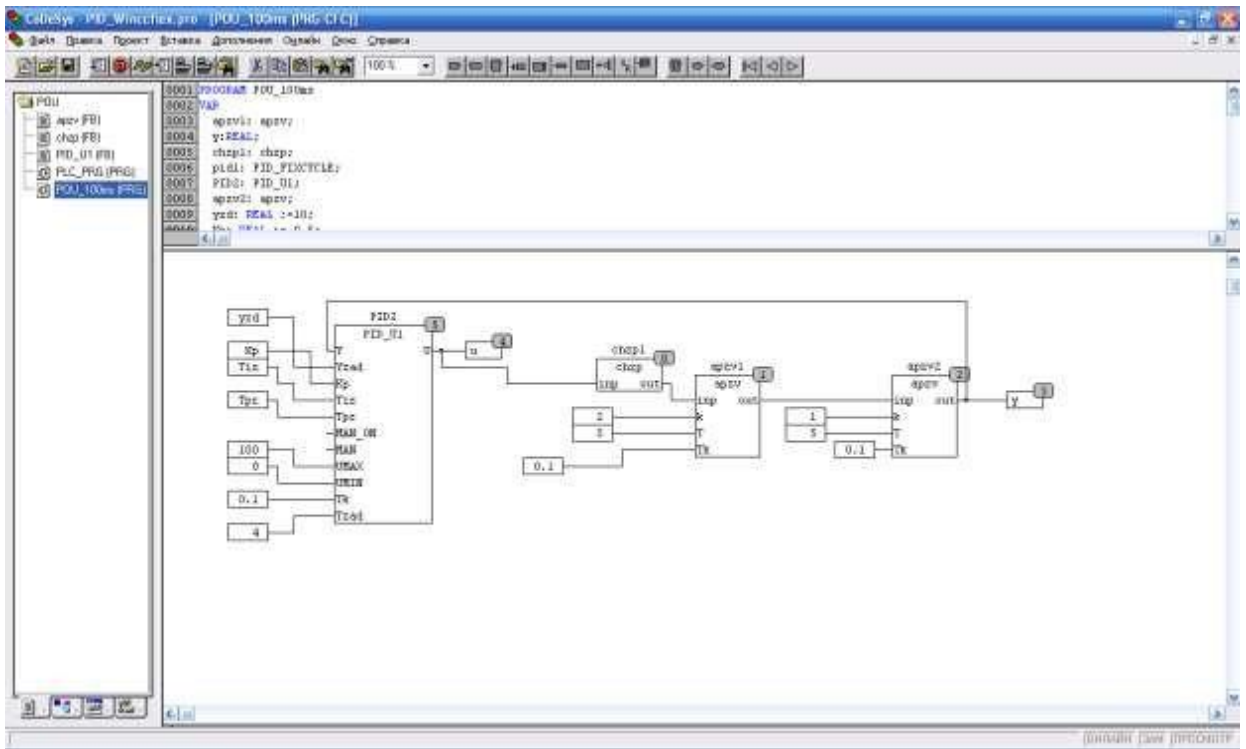


Рис. 7.29 – Загальний вигляд вікна моделі САР

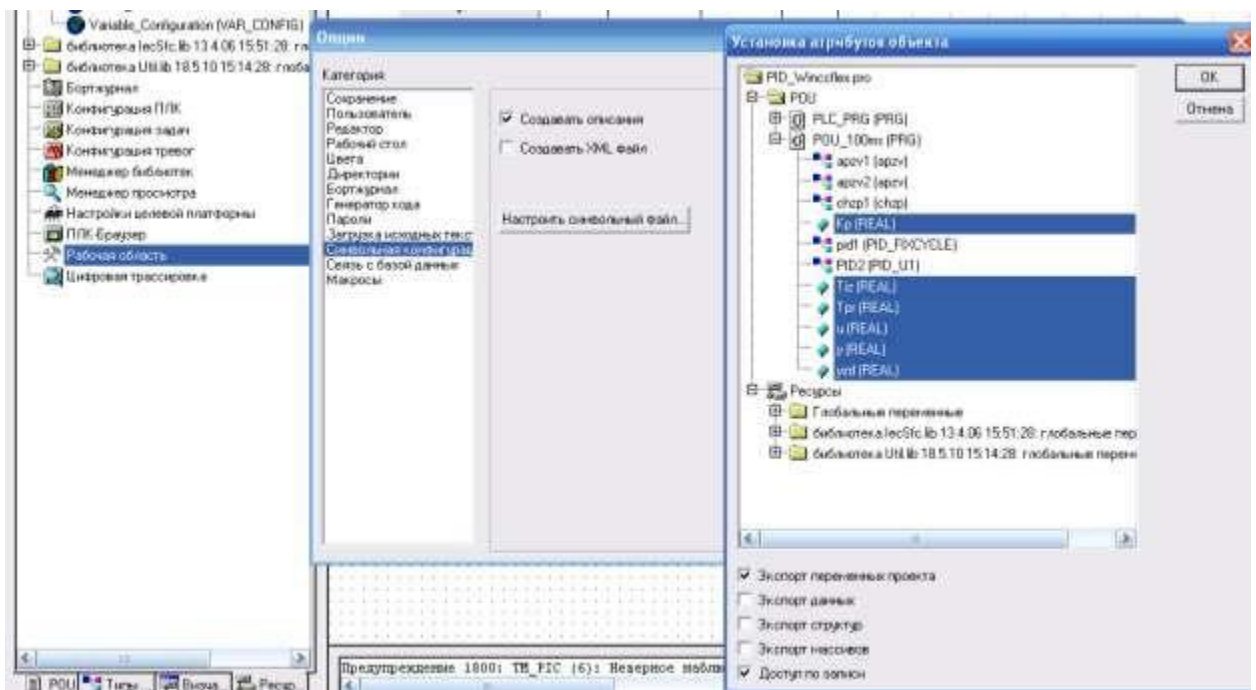


Рис. 7.30 – Фрагмент налаштування символічного файлу для обміну даними з використанням OPC-сервера

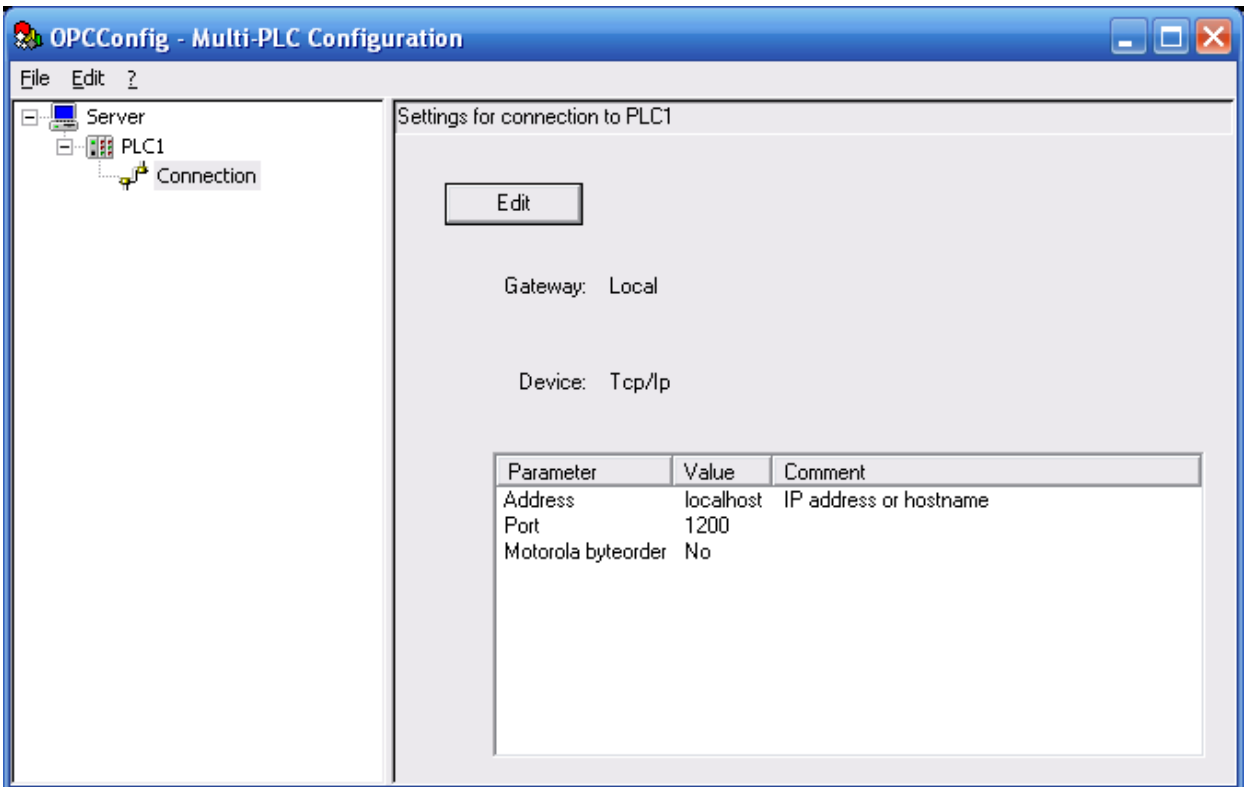


Рис. 7.31 – Вікно налаштування параметрів мережевого зв’язку для OPC-сервера

На рис. 7.32 – 7.33 представлений приклад реалізації віртуальної станції управління контуром регулювання в середовищі WinCCFlexible, включаючи етапи підключення до OPC сервера CoDeSys 2.3.

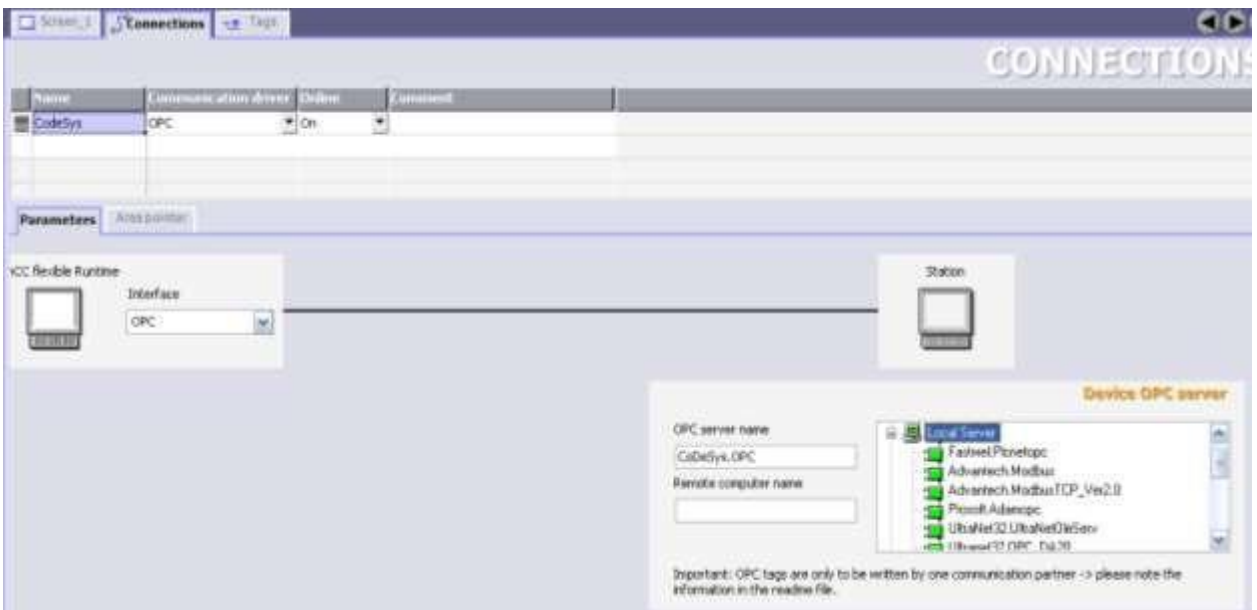


Рис. 7.32 – Вікно створення мережевого підключення до OPC сервера CoDeSys в SCADA системі WinCCFlexible

Name	D...	Connection	Data type	Symbol	Address	Array...	Acqu...	Co
Kp		CodeSys	Float	PLC1:POU_100ms.Kp	PLC1:POU_100ms.Kp	1	1 s	
u		CodeSys	Float	PLC1:POU_100ms.u	PLC1:POU_100ms.u	1	500 ms	
y		CodeSys	Float	PLC1:POU_100ms.y	PLC1:POU_100ms.y	1	500 ms	
Tpr		CodeSys	Float	PLC1:POU_100ms.Tpr	PLC1:POU_100ms.Tpr	1	1 s	
Ki		CodeSys	Float	PLC1:POU_100ms.Tiz	PLC1:POU_100ms.Tiz	1	1 s	
yzd		CodeSys	Float	PLC1:POU_100ms.yzd	PLC1:POU_100ms.yzd	1	1 s	

Рис. 7.33 – Вікно створення тегів пов'язаних з OPC сервером CoDeSys в SCADA системі WinCCFlexible

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. 7.34.

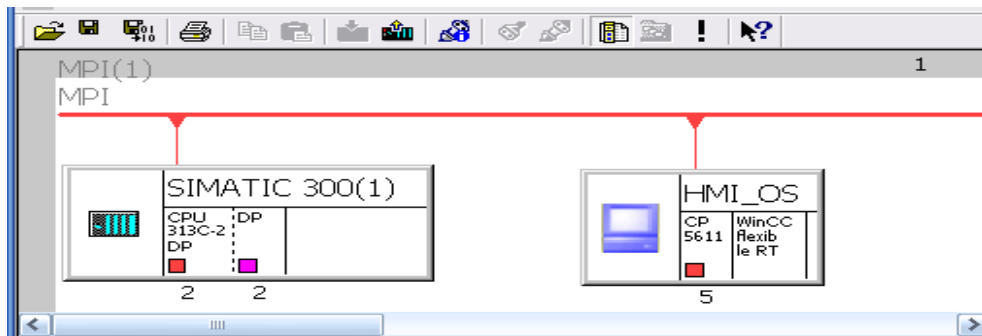


Рис. 7.34 – Ілюстрація структури мережі в програмі "NetPro"

Для передачі даних з контролера в SCADA - систему в програмі контролера необхідні для передачі по мережі параметри двигунів, клапанів і т.д. групуються в типи даних користувача. На рис. 7.35, 7.36 представлені приклади таких структур. Далі в спеціальному загальнодоступному блоці даних оголошуються змінні створених типів даних (рис. 7.37). Тепер ці змінні використовуються як в підпрограмах контролера так і передаються в програму SCADA - системи.

Address	Name	Type	Initial value	Comment
0.0		STRUCT		
+0.0	c_Auto_Man	BOOL	FALSE	сигнал переключения режима 1=АВТ\ 0=РУЧ
+0.1	c_Man_Run_stop	BOOL	FALSE	сигнал управления двигателем в ручном режиме
+0.2	c_Auto_Run_Stop	BOOL	FALSE	сигнал управления двигателем в автоматическом режиме
+0.3	c_Lock	BOOL	FALSE	сигнал блокирования двигателя
+0.4	c_Akn_Alarm	BOOL	FALSE	сигнал квитирования ошибки
+0.5	s_Auto_Man	BOOL	FALSE	состояние выбранного режима управления
+0.6	s_Locked	BOOL	FALSE	состояние блокирования двигателя
+0.7	s_Fault	BOOL	FALSE	состояние ошибка двигателя
+1.0	s_Stop	BOOL	FALSE	состояние двигатель отключен
+1.1	s_Run	BOOL	FALSE	состояние двигатель включен
+1.2	s_SF	BOOL	FALSE	состояние автомата защиты двигателя
+2.0	p_Time_KM	TIME	T#2S	время срабатывания магнитного пускателя
+6.0	p_Time_FB	TIME	T#5S	время срабатывания датчика обратной связи
=10.0		END_STRUCT		

Рис. 7.35 – Загальний вигляд вікна з призначенням для користувача типом даних UDT2 для мотора

Address	Name	Type	Initial value	Comment
0.0		STRUCT		
+0.0	c_Auto_Man	BOOL	FALSE	сигнал переключения режима 1=АВТ\ 0=РУЧ
+2.0	c_Pos_Man	REAL	0.000000e+000	сигнал управления клапаном в ручном режиме %х.р.о.
+6.0	c_Pos_Auto	REAL	0.000000e+000	сигнал управления клапаном в автоматическом режиме %х.р.о.
+10.0	c_Lock	BOOL	FALSE	сигнал блокирования клапана
+12.0	c_Lock_Pos	REAL	0.000000e+000	сигнал управления клапаном в режиме блокирования его работы
+16.0	s_Auto_Man	BOOL	FALSE	состояние выбранного режима управления
+16.1	s_Locked	BOOL	FALSE	состояние блокирования клапана
+18.0	s_LMN	REAL	0.000000e+000	степень открытия клапана (сигнал управления)
+22.0	s_FB_Pos	REAL	0.000000e+000	степень открытия клапана (по датчику положения)
=26.0		END_STRUCT		

Рис. 7.36 – Загальний вигляд вікна з призначенням для користувача типом даних UDT4 для регулюючого клапана

Address	Name	Type	Initial value	Comment
0.0		STRUCT		
+0.0	k_ha_c	"HMI_Valve_c"		Рег. клапан :
+28.0	k_inv	"HMI_Valve_c"		инвертор
+56.0	k_vod_o	"HMI_Valve"		отсечной кл.
+64.0	VN1	"HMI_Motor"		вентилятор :
=76.0		END_STRUCT		

Рис. 7.37 – Внутрішня структура блоку даних DB1

Приклад конфігурації мережевого підключення в SCADA - системі WinCC Flexible і створення тегів пов'язаних з блоком даних DB1 представлений на рис. 7.38, 7.39.

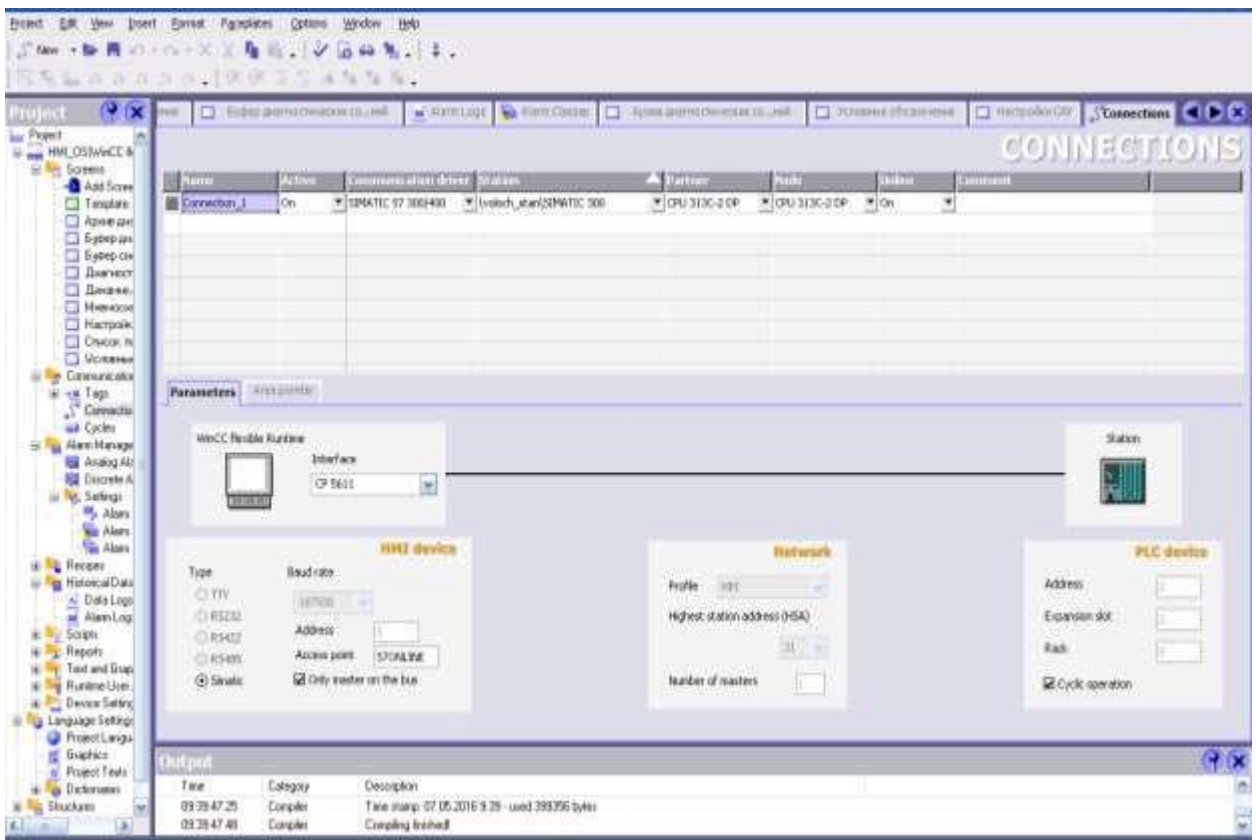


Рис. 7.38 – Вікно налаштування мережевого підключення в SCADA - системі WinCCFlexible

Name	Display name	Connection	Data type	Symbol	Address
BI_alarm_state		Connection_1	Int	<Undefined>	DB 1 DBW 0
HMI_Valve_Motor_DB.MI_b.p_Time_FB		Connection_1	Time	p_Time_FB	DB 1 DBD 6
MI_c		Connection_1	Bool	MI_c	Q 124.2
BI_visible		<Internal tag>	Bool	<Undefined>	<No address>
BI_NO		<Internal tag>	Int	<Undefined>	<No address>
HMI_Valve_Motor_DB.MI_b.p_Time_M		Connection_1	Time	p_Time_M	DB 1 DBD 2

Рис. 7.39 – Фрагмент таблиці тегів для двигуна M1

Слід зазначити, що якщо проект WinCCflexible інтегрований в проект SIMATIC Manager, то процес створення тегів в WinCCflexible полягає в простому виборі необхідні змінних з програми контролера і додавання їх в символічному вигляді. Якщо проект не інтегрований в SIMATIC Manager, то конфігурування мережевого підключення виконується вручну, і теги

створюються з використанням абсолютної адресації змінних контролера. Тобто при створенні тегу вказується абсолютна адреса змінної в контролері.

7.4 Висновки за розділом

При виконанні цього розділу роботи в середовищі SCADA - системи WinCCFlexible розроблено програмне забезпечення АРМ оператора і наладчика САК процесу варки мармеладу. 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. Розглянуто приклад інтеграції з мережею контролерів SIMATIC S7-300.

Виконана робота дала можливість закріпити теоретичні знання і отримати практичний досвід розробки прикладного програмного забезпечення в середовищі SCADA - системи WinCCFlexible.

РОЗДІЛ 8. РОЗРОБКА ФРАГМЕНТІВ ДОКУМЕНТАЦІЇ ЕСКІЗНОГО ПРОЕКТУ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ УПРАВЛІННЯ ВАРКОЮ МАРМЕЛАДУ В ВАРОЧНОМУ КОТЛІ, ВКЛЮЧАЮЧИ ПИТАННЯ ОХОРОНИ ПРАЦІ

В цьому розділі роботи для системи автоматичного керування процесу приготування желейного мармеладу необхідно розробити комплект графічної і текстової документації, що міститиме схему автоматизації; принципову електричну схему контролю й управління; принципову електричну схему живлення, а також специфікації та пояснювальну записку до всіх графічних документів.

Особливістю принципової електричної схеми контролю й управління, є те, що вона будується як сполучена схема контролю, керування, сигналізації й підключення вхідних і вихідних сигналів до контролера. Щит оператора встановлюється поблизу від котла, у спеціальному операторському пункті (ОП). 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.

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 монтується 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

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 котла 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.

8.1 Розробка та опис схеми автоматизації

Схема автоматизації технологічного процесу (Додаток А) 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, розташованим 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 наведений на схемі автоматизації по позиційним номерам контурів:

1,2,3 – Контроль та стабілізація тиску у варочному котлі, положення ВМ

4,5,6 – Контроль та стабілізація рівня конденсата у паровій рубашці, положення ВМ

7,8,9 – Контроль та стабілізація рівня у варочному котлі, положення ВМ

10 – Контроль температури у варочному котлі

11 – Контроль витрат пари

12 – Контроль тиску в паровій магістралі

13,14 – Управління клапанами

В контурі 18 реалізована функції перетворювання інтерфейсів. В контурі 15,16 функції автоматичного пуску та останову лінії. Також реалізована функція передпускової сигналізації.

Розглянемо контур регулювання тиску (1). З датчика тиску уніфікований сигнал(4-20мА) подається на МПК. З модулю сигнал іде до БРУ-7(1б), а з нього до виконавчого механізму (1в). Він регулює процент ходу регулюючого органу.

8.2 Розробка та опис принципової електричної схеми

На принциповій електричній схемі (2 листи в додатку Б) 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.

Розглянемо роботу контуру 1 управління тиском в котлі. На схемі показане підключення аналогового сигналу тиску (від датчика 1а). При реалізації введення аналогового сигналу використаний принцип струмової петлі, тобто "+" від датчика 1 (дріт 1-21) підключений до клеми "1" (+AI) БРУ-7 для відображення поточного значення на цифровому міліамперметрі, який вбудований в БРУ, із клеми 2 (-AI) дротом 1-22 сигнал подається на аналоговий вхід (AI+) аналогового модуля

8.3 Розробка принципів 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 контролера й датчиків, розташованих по місцю здійснюється від блоку стабілізованого живлення «ОВЕН» SDR240-24. Живлення щитових приладів типу БРУ-5, а також ВМ 5в, блоків живлення *G3* (220/24 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. Всі ланцюги живлення (220В) приладів захищені автоматичними вимикачами, установленими в щиті оператора *SF1*,..., *SF4*, а ланцюги живлення (24В) приладів вимикачами *SA3*, *SA4* та запобіжниками з плавкими вставками *FU3*,... ,*FU6*.

8.4 Опис питань охорони праці

Результати ідентифікації потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можуть виникнути при експлуатації ТС наведені в табл. 8.1.

Примітка: Якщо фактор не визначений нормативним актом, у стовпці «4» ставлять «-».

Визначення категорії приміщень з небезпеки ураження електрострумом та за пожежовибухонебезпекою

Табл.8.1 - Характеристика НШВФ

№ п.п	Найменування небезпечних та шкідливих виробничих факторів	Нормоване значення	Нормативний акт	Джерело виникнення	Можливі наслідки від дії
1	Підвищена або знижена температура повітря робочої зони	21-28 ⁰ С	ДСН 3.3.6.042-99	Зовнішні фактори, виробниче обладнання	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	Простудні захворювання, перегрів організму, Запаморочення, стан втоми

Табл.8.1 (продовження) – Характеристика НШВФ

№ п.п	Найменування небезпечних та шкідливих виробничих факторів	Нормоване значення	Нормативний акт	Джерело виникнення	Можливі наслідки від дії
4	Підвищена або знижена вологість повітря	40-60%	ДСН 3.3.6.042-99	Зовнішні фактори, виробниче обладнання	Ревматичні, алергічні, дерматологічні захворювання
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

Табл.8.1 (продовження) – Характеристика НШВФ

№ п.п	Найменування небезпечних та шкідливих виробничих факторів	Нормоване значення	Нормативний акт	Джерело виникнення	Можливі наслідки від дії
8	Знижена контрастність	-	-	ВДТ	Стан втоми, перенапруження зорових аналізаторів
9	Підвищений рівень електромагнітного випромінювання	10Вт/м ²	ДСанПіН 3.3.2.007-98	ВДТ,ЕО М	Біохімічні зміни в організмі
10	Підвищений рівень вібрації на робочому місці	0,028м/с x 10 ⁻² / 75 дБ (загальна вібрація); 2 м/с x 10 ⁻² /112 дБ (локальна вібрація)	ДСН 3.3.6.039-99	Виробниче обладнання	Нервові розлади

Табл.8.1 (продовження) – Характеристика НШВФ

№ п.п	Найменування небезпечних та шкідливих виробничих факторів	Нормоване значення	Нормативний акт	Джерело виникнення	Можливі наслідки від дії
11	Підвищений рівень іонізації повітря	п+: 1500-3000 од./см ³ ; п-: 3000-5000 од./см ³	ДСанПіН 3.3.2.007-98-	ВДТ	Захворювання дихальних шляхів, алергічні захворювання
12	Канцерогенні, токсичні, мутагенні речовини (озон, оксид азоту, оксид вуглецю, толуол, ксилол, бензол, ізооктан тощо).	Озон-0,1 мг/м ³ ; Оксид азоту 5мг/м ³ ; бензол-15/5 мг/м ³ ; ксилол- 50 мг/м ³ ; толуол- 50мг/м ³ ; углерода оксид-20 мг/м ³ .	ГОСТ 12.1 005-88	ЕОМ, ПП, зовнішні фактори	Біохімічні зміни в організмі інженера АСУ ТП
13	Мікроорганізми (збудники захворювань)	—	—	Системи вентиляції та кондиці-	Простудні, алергічні захворювання

				онування	
--	--	--	--	----------	--

Табл.8.1 (закінчення) – Характеристика НШВФ

№ п.п	Найменування небезпечних та шкідливих виробничих факторів	Нормоване значення	Нормативний акт	Джерело виникнення	Можливі наслідки від дії
14	Локальні перевантаження м'язів кистей рук	–	–	Виробниче обладнання, меблі	Тунельний синдром, тощо
15	Перенапруження зору	–	–	ВДТ	Зниження гостроти зору, стан втоми
16	Статичні перенавантаження	–	–	Виробничі меблі	Стан втоми СДСН
17	Розумове перенапруження	–	–	–	Стан втоми, порушення сну, головний біль
18	Монотонність праці	–	–	–	Зниження концентрації та уваги і працездатності, голов-

					ний біль, депресії
--	--	--	--	--	-----------------------

Будівлі чи споруди розташування ОА, категорія приміщень з пожежовибухонебезпеки, класи пожеж та клас зони з пожежовибухонебезпеки

Табл. 8.2 – Категорії споруд ОА

№ п/п	Назва будівель чи споруд, де розташовано ОА	Категорія приміщень з пожежовибухонебезпеки	Клас пожежі	Клас зони з пожежовибухонебезпеки
1	Цех виробництва мармеладу	В	А,Е	1

Приміщення де знаходиться АРМ інженера АСКВ, категорія приміщень з пожежовибухонебезпеки, класи пожеж та клас зони з пожежовибухонебезпеки

Табл. 8.3– Категорії споруд АРМ інженера АСКВ

№ п/п	Назва будівлі чи споруди, де знаходиться АРМ інженера АСУП	Категорія приміщень з пожежовибухонебезпеки	Клас пожежі	Клас зони з пожежовибухонебезпеки
1	Виробниче примі-	В	А,Е	П-Іа

№ п/п	Назва будівлі чи споруди, де знаходиться АРМ інженера АСУП	Категорія приміщень з пожежовибухонебезпеки	Клас пожежі	Клас зони з пожежовибухонебезпеки
	щення			

Будівлі чи споруди розташування ОА, категорія приміщень за чинниками виробничого середовища та категорія приміщень з небезпеки ураження електричним струмом

Табл. 8.4 – Категорії приміщень ОА

№ п/п	Назва будівель чи споруд, де розташовано ОА	Категорія приміщень за чинниками виробничого середовища	Категорія приміщень з небезпеки ураження електричним струмом
1	Цех виробництва мармеладу	Гарячі	З підвищеною небезпекою

Приміщення де знаходиться АРМ інженера АСКВ, категорія приміщень за чинниками виробничого середовища та категорія приміщень з небезпеки ураження електричним струмом

Табл. 8.5 – Категорії приміщень АРМ інженера АСКВ

№ п/п	Назва будівель чи споруд, де знаходиться АРМ інженера АСКВ	Категорія приміщень за чинниками виробничого середовища	Категорія приміщень з небезпеки ураження електричним струмом
1	Виробниче приміщення	Сухе	Без підвищеної небезпеки

Загальні вимоги безпеки при реалізації технології.

Вимоги безпеки до вибору технічних засобів автоматизації

ТЗА застосовані в дипломній роботі в залежності від категорії приміщень і класу зони з пожежовибухонебезпеки

Табл. 8.6 – Категорії приміщень ОА

№ п/п	Назва будівель чи споруд, де експлуатуються ТЗА	Параметри вимірювання чи регулювання ТЗА	Найменування, тип виконання ТЗА	Робоче значення напруги при якій експлуатуються ТЗА
1	Цех виробництва мармеладу	Температура	Датчик температури IP 54	220 В

Вимоги безпеки до організації та експлуатації АРМ інженера з АСКВ

АРМ інженера АСКВ передбачає роботу з:

- площа на одне робоче місце становить 7,0 м², а об'єм – 21,5 м³;
- висота робочої поверхні робочого столу з ВДТ – 760 мм;
- робочий стілець підйомно-поворотним, регульованим за висотою, з кутом нахилу сидіння та спинки і за відстанню від спинки до переднього краю сидіння, поверхня сидіння плоска, передній край – закруглений;

- робоче місце обладнане підставкою для ніг завширшки 320 мм, завглибшки 400мм;

- Розташування екрана ВДТ забезпечує зручність зорового спостереження у вертикальній площині під кутом +30 градусів до нормальної лінії погляду працюючого.

Електробезпека при реалізації технології

В приміщенні розташування АРМ електропроводка прокладена усередині гнучкого металевого рукава на висоті 2,5 м від рівня підлоги; відстань до вимикачів, розеток, світильників на стінах – 1,5 м від рівня підлоги.

Електробезпека приміщення інженера АСКВ забезпечується:

- наявністю відповідних інструкцій, проходженням навчань та інструктажів;

- з'єднанням за допомогою нульового захисного провідника, корпусів ЕУ з заземленою нейтраллю джерела живлення заводу(трансформатора);

- захисне відключення від мереж електроживлення (пакетні вимикачі, пристрої захисного відключення);

- виконанням внутрішньої електропроводки в приміщенні розташування АРМ інженера АСКВ у вигляді трипровідної мережі з нульовим захисним провідником;

- монтажем ПЗВ у ланцюгах живлення ЕУ в приміщеннях розташування АРМ інженера АСКВ та ОА з вимикаючим струмом 10 мА та 300 мА відповідно;

Із засобів індивідуального захисту застосовуються діелектричні килимки.

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

Визначення і нормування показників мікроклімату і чистоти повітря робочої зони. Виробниче приміщення, період року, категорія роботи, що виконується, температура, відносна вологість, швидкість руху повітря

Табл. 8.7 – Визначення і нормування показників мікроклімату і чистоти повітря робочої зони

№ п/п	Найм. виробн. приміщення	Період року	Категорія роботи, що виконується	Температура, °С	Відносна вологість, %	Швидкість руху повітря, м/с
1	АРМ	Холодний	Легка 1а	22 – 24	40 – 60	0,1
2	АРМ	Теплий	Легка 1а	23 – 25	40 – 60	0,1

Виявлення джерел виробничого шуму і вібрації та їх нормування

Табл. 8.8 – Нормовані значення виробничого шуму та вібрації

№ п/п	Найменування одиниці обладнання	Фактичне значення шуму, дБА	Нормативне значення шуму, дБА	Факт. знач. вібрації (локальна / загальна), дБ	Нормативне значення вібрації (локальна / загальна), дБ
1	Комп'ютер Asus CM 1745	45	50	65	75

Виділення і нормування показників освітлення робочої зони

Табл. 8.9 – Характеристика та нормовані показники виробничого освітлення

№ п/п	Виробниче приміщення	Вид освітлення	Найменший розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд та підрозряд зорової роботи	КПО, %	Освітленість, лк
1	АРМ	Бічне одностороннє	-	А-2	0,7	400

Пожежовибухобезпека на АРМ інженера АСКВ

Пожежовибухобезпека на АРМ досягається за рахунок наявності:

1) вогнегасників: вуглекислотні 1шт.

Вогнегасники навішують на висоті 1,5м від підлоги;

2) автоматичного теплового пожежного сповіщувача (реагує на зміну температури оточуючого середовища);

3) зовнішньої системи пожежогасіння – від пожежних гідрантів, установлених на зовнішній мережі протипожежного водопостачання;

4) водяної спринклерної установки пожежогасіння (Reliable –F1).

Спринклерні установки призначені для своєчасного виявлення займання, оповіщення про пожежу, локалізації пожежі та локально-поверхневого пожежогасіння.

Загальні вимоги до шляхів евакуації.

Приміщення АРМ розташоване на першому поверсі і в ньому передбачено два евакуаційні виходи. Відстань від найвіддаленішої точки підлоги до зазначеного виходу не перевищує 25м. Двері евакуаційних виходів і двері на шляху евакуації відкриваються у напрямку виходу людей з будинку. Двері не повинні мати заборів, що перешкоджають їх вільному відкриттю з середини без ключа. Просвіт евакуаційних виходів має висоту 2,0 м, а заввишки – 0,8 м. Висота і ширина шляхів евакуації встановлюється відповідно до призначення будинку. При цьому висота шляхів евакуації становить 2,0 м, а їх ширина – 1,0 м. Ширина проходів до одиночних місць у межах даного приміщення передбачена не менше 0,7 м. Шляхи евакуації забезпечені евакуаційним освітленням – природнє освітлення в денний час, і лампи розжарювання в нічний. На підлозі, на шляху евакуації не допускаються перепади висот, за винятком порогів, які влаштовані в евакуаційних виходах і мають висоту не більше 5см.

У даному приміщенні розроблений і вивішений на видному місці біля основного виходу з цеху план евакуації на випадок пожежі.

8.5 Висновки за розділом

За результатом виконання цього розділу дипломної роботи було розроблено ескізну проектну документацію на систему автоматичного керування процесом варки мармеладу, що модернізується, а саме схему автоматизації, принципову електричну схему щита керування та живлення.

Також при виконанні цього розділу було опрацьовано питання охорони праці та безпеки життєдіяльності при експлуатації та обслуговуванні модернізовуваної системи керування.

РОЗДІЛ 9. ПОПЕРЕДНЄ ОБГРУНТУВАННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЕКТУ

9.1. Розрахунок інвестиційних витрат на модернізацію системи автоматизації

В даному розділі проекту буде обґрунтована економічна доцільність впровадження варіантів розробленої системи автоматизації. Вибір технічних засобів автоматизації 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, розрідження, вологості.

Таблиця 1 – Рахунок на придбання засобів автоматизації

№ п/п	Назва	К-ть	Ціна за одну штуку, грн.	Загальна вартість з ПДВ, грн.
1	SIMATIC S7-300 PS 307	1	3502	3502
2	SIMATIC S7-300, УСТАНОВОЧНИЙ АДАПТЕР ДЛЯ УСТАНОВКИ	1	237	237
3	SIMATIC S7-300, CPU 313C-2DP	1	20435	20435
4	SIMATIC S7-300, SM 331	1	6042	6042
5	SIMATIC S7-300, SM323	1	2464	2464
6	SIMATIC S7-300, SM332	1	5000	5000
7	SIEMENS SIMATIC S7 PC Adapter USB	1	516	516
8	Термометр опору типу ТСП градуювання 100П	2	180	360

Таблиця 1 (закінчення) – Рахунок на придбання засобів автоматизації

9	Датчик вологості ДВ-УТ-03	2	361	722
10	Манометр ЕКМ-1У	1	600	600
11	Датчик тиску РС-28	1	7500	7500
12	Цифровий перетворювач частоти SINUS K	2	11200	22400
13	Електричні проведення	100	80	8000
14	Комп'ютер для SCADA	1	4000	4000
Всього				81778

Стартові інвестиції в нову техніку розраховуються за формулою:

$$I_{\text{перв}} = [(C_{\text{пр}} + C_{\text{пр}} \cdot H_{\text{м}} + C_{\text{пр}} \cdot H_{\text{т}}/100 + C_{\text{пр}} \cdot H_{\text{тр}}/100) + (C_{\text{пр}} + C_{\text{пр}} \cdot C_{\text{т}}/100 + C_{\text{пр}} \cdot C_{\text{тр}}/100) \cdot C_{\text{зс}}/100] = C_{\text{пр}} * 1,165$$

$C_{\text{м}}$ – витрати на монтаж обладнання, $C_{\text{м}} = 0,1$; $C_{\text{т}}$ – витрати на тару та упаковку, $C_{\text{т}} = 0,25\%$; $C_{\text{тр}}$ – витрати на транспортування обладнання, $C_{\text{тр}} = 5\%$; $C_{\text{зс}}$ – заготувально-складські роботи, $C_{\text{зс}} = 1,2\%$

Сумарні капітальні інвестиції, які підприємство повинне буде вкласти для впровадження засобів автоматизації, дорівнює сумі витрат на інтелектуальне ядро САР і витрат на придбання, монтаж і налагодження засобів автоматизації. Знайдемо суму первинних інвестицій для альтернативних варіантів реалізації системи регулювання:

$$I_{\text{перв}} = 1,165 * 81778 = 95271 \text{ (грн)}$$

Модернізація системи автоматичного регулювання здійснюється за рахунок власних засобів підприємства.

9.2. Розрахунок витрат на виробництво продукції до і після модернізації системи управління

Таблиця 2 – Вхідні дані для розрахунку ефективності впровадження системи автоматизації

№	Параметри	Од.вим.	Значення
1	Обсяг готової продукції за рік (виробництва мармеладу)	кг	50 000
2	Вартість 1 кг мармеладу	грн	40
3	Собівартість продукції за сезон		1 650 000
4	Кількість браку до модернізації	%	8
5	Кількість браку після модернізації	%	2

Визначимо розмір браку до і після впровадження САР

$$Br1 = OB_{г} * K_{бр1} = 50\,000 * 0,08 = 4000 \text{ кг};$$

$$Br2 = OB_{г} * K_{бр2} = 50\,000 * 0,02 = 1000 \text{ кг}.$$

Визначимо об'єм реалізованої продукції

$$OP1 = (OB_{г} - Br1) * Ц_{ед.прд.} = (50\,000 - 4000) * 40 = 1\,840\,000 \text{ грн}$$

$$OP2 = (OB_{г} - Br2) * Ц_{ед.прд.} = (50\,000 - 1000) * 40 = 1\,960\,000 \text{ грн}$$

Собівартість продукції до впровадження САР, за даними підприємства, складає: $С_{п1} = 1\,650\,000$ грн. Після впровадження САР собівартість продукції збільшиться та розраховується за формулою:

$$С_{п2} = С_{п1} + \Delta Z_a$$

Засоби автоматизації відносяться до 4 групи основних фондів підприємства, для яких норматив амортизаційних обчислень дорівнює 15% ($H_a=15\%$) в квартал то 50% на рік.

$$\Delta Z_a = IC_{\text{перв}} * H_a = 95\,271 * 0,5 = 47\,635 \text{ грн.}$$

$$C_{п2} = 1\,650\,000 + 47\,635 = 1\,697\,635 \text{ грн.}$$

Визначимо прибуток до і після впровадження САР

$$П1 = ОР1 - C_{п1}$$

$$П1 = 1\,840\,000 - 1\,650\,000 = 190\,000 \text{ грн}$$

$$П2 = ОР2 - C_{п2}$$

$$П2 = 1\,960\,000 - 1\,697\,635 = 262\,365 \text{ грн.}$$

9.3. . Розрахунок змін основних показників діяльності підприємства, джерел інвестування й інвестиційної привабливості

Визначимо приріст прибутку, отриманий після впровадження САР

$$\Delta П = П2 - П1$$

$$\Delta П = 262\,365 - 190\,000 = 72\,365 \text{ грн.}$$

Розрахунок зміни основних показників діяльності підприємства, джерел інвестування і інвестиційної привабливості

$$\text{Рентабельність} = \text{Прибуток} / \text{Собівартість} * 100\%;$$

Таблиця 3 – Економічні показники

Показники	До авт.	Після авт.	Відхилення
1.Реалізована продукція, грн.	1 840 000	1 960 000	120 000
2.Повна собівартість, грн.	1 650 000	1 697 635	47 635
3.Прибуток від реалізації, грн.	190 000	262 365	72 365
Рентабельність, %	11,5	14,4	2,9

Приріст чистого прибутку розраховується за формулою:

$$\Delta ЧП = (\Delta П - \Delta Z_a) * (1 - H_n)$$

$$\Delta ЧП = (72365 - 47635) * 0,82 = 19784 \text{ грн.}$$

H_n - податок на прибуток (18%)

Чистий грошовий потік розраховується за формулою: $ЧГП = \Delta ЧП + \Delta Z_a$

$$\times \tilde{A} \tilde{I} = 19784 + 47635 = 67419 \text{ грн.}$$

9.4 Висновки за розділом:

Виходячи з вищезазначених розрахунків, мій проект є інвестиційно привабливим, адже чистий грошовий потік за період реалізації проекту більше нуля та дорівнює 67419 грн., а термін окупності менше нормативного.

ВИСНОВКИ

Технологічний процес варкм є одним з ключових процесів виробництва мармеладу. Підвищення ефективності саме цього процесу здатне дати суттєвий економічний ефект. Тому саме процес варки мармеладу було обрано в якості об'єкту для модернізації системи керування. Провівши аналіз господарської діяльності підприємства і ходу технологічного процесу, можна зробити висновок, що саме на цій ділянці технологічної схеми можна істотно змінити техніко-економічні показники виробництва в цілому, такі як зменшення втрат від браку готової продукції.

Виходячи з вище викладеного, при впровадженні для процесу варки мармеладу модернізованої системи керування на базі мікропроцесорної техніки, яка буде ефективно контролювати і керувати процесом, потрібно домогтися зниження втрат від браку готової продукції. Для цього слід буде поліпшити якість регулювання рівню конденсату та розрідження в апараті, удосконалити існуючі алгоритми логічного керування, замінити існуючу елементно-технічну базу на більш нові засоби керування.

Для вирішення задачі регулювання була проведена ідентифікація моделі процесу варки мармеладу, як об'єкта керування. Були ідентифіковані канали управління та перехресні канали, в результаті чого було з'ясовано, що всі вищезгадані канали мають статичні властивості, тобто властивостями самовирівнювання. Це пов'язано з тим, що в варочному котлі протікають процеси, які за своєю природою мають такі властивості. При складанні структурних схем моделювання та їх реалізації були отримані результати, які мають достатній ступінь адекватності реальним передаточних функцій, що свідчить про правильність проведення параметричної ідентифікації моделей каналів ОК.

У результаті синтезу САР підвищеної динамічної точності ми отримали систему, показники якості якої, з більше високою динамічною точністю в порівнянні із САР базової структури, а головне, більш грубою. Це означає

підвищення працездатності й надійності системи. Як уже було вище сказане, більше грубою виявилася САР підвищеної динамічної точності в силу введення в САР коригувальних зв'язків. Введення коригувальних зв'язків в контурі регулювання, сприяє значному підвищенню динамічної точності і система стає більше працездатною і стійкою до змін параметрів ОУ. Таким чином, доцільно використовувати отриману систему підвищеної динамічної точності. Було отримано цифрові аналоги алгоритмів регулювання, які будуть використані в подальших.

В ході розробки алгоритмів логічного керування для варки мармеладу в варочному котлі було складено регламент функціонування та алгоритм автоматичного керування циклом роботи варочного котла, розроблена функціональна логічна схема, здійснено імітаційне моделювання розроблених алгоритмів у середовищі MATLAB.

Для вирішення задач вибору технічних засобів контролю та впливу на технологічний процес було проаналізовано середовища, з якими контактуватимуть засоби автоматизації та обслуговуючий персонал. На основі цього аналізу проведено вибір технічних засобів, які зможуть забезпечити належне та якісне керування процесом варки мармеладу в варочному котлі. Важливо зазначити, що класи точності вимірюючих пристроїв та їх діапазони відповідають виробничим умовам а, отже, оператор буде отримувати достовірну інформацію про реалізацію процесу. Не менш важливим є ступінь захисту технічних засобів від температури адже сам процес проходить під високими температурами. Висока якість керування процесом також досягається використанням уніфікованих сигналів (переважно 4...20 мА).

В рамках розробки комп'ютерно-контролерної мережі було визначено перелік сигналів, які слід вводити до інтелектуального ядра системи керування, та виводити з нього. У відповідності до складеного переліку сигналів було обрано технічні засоби для побудови двох варіантів

інтелектуального ядра системи керування: на базі контролера Fastwel I/O та контролера фірми Siemens сімейства S7-300.

Були здобуті навички конфігурування та програмування контролера Fastwel у середовищі Codesys та контролера SIMATIC S7-300 фірми Siemens у середовищі Step-7. Була реалізована система регулювання тиску в апараті та рівню конденсату. При виконанні цього розділу були здобуті навички у створенні та удосконаленні блоку ПІД регулятора. У розділі розробка програм, що реалізує алгоритм логічної роботи процесу варки мармеладу в варочному котлі, був реалізований алгоритм роботи установки. Тестування даного алгоритму показало, що програма працює коректно.

Рамках розробки програмного інтерфейсу взаємодії системи керування з обслуговуючим персоналом в середовищі SCADA - системи WinCCFlexible розроблено програмне забезпечення АРМ оператора і наладчика САК процесу варки мармеладу. 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. Відобразити динаміку зміни технологічних параметрів, вести журнали подій, проводити адміністрування користувачів програми. Розглянуто приклад інтеграції з мережею контролерів SIMATIC S7-300.

Для підготовки системи до технічної реалізації дипломної роботи було розроблено ескізну проектну документацію на систему автоматичного керування процесом варки мармеладу, що модернізується, а саме схему автоматизації, принципову електричну схему щита керування та живлення.

Також було опрацьовано питання охорони праці та безпеки життєдіяльності при експлуатації та обслуговуванні модернізованої системи керування.

Додаток

Специфікація до схеми автоматизації

Поз. позначення	Найменування	Кіл.	Примітка
	<u>Перелік приладів на схемі автоматизації</u>		
	<u>Прилади за місцем</u>		
1а	Датчик тиску APLISENS PC-28, жив.24 В, вих.сигнал 4...20мА	1	
2а,3а	Датчик рівню ТЕКО CSA EC49 емносний жив.24В, 7Вт вих.сигнал 4...20мА	2	
4а	Датчик температури ТЭРА, вихідний сигнал 4...20 мА	1	
5б	Дифманометр ДМ-05	1	
1в,2в,3в	Виконавчий механізм Velimo DC24В	3	
6а	Манометр електроконтактний ЕКМ-1У	1	
7а,8а	Клапан електромагнітний	2	
	<u>Прилади на щиті оператора</u>		
1б,2б,3б	Блок ручного управління БРУ-7, живлення 220В, вхідний сигнал 0-20 мА	3	
11	Контролер програмований SIMATIC S7-300, CPU313C-2DP Модуль аналогового вводу SM 331-7KF02-0AB0	1	
МПК	Модуль аналогового виводу SM 332-5HD01-0AB0	1	
	<u>Модуль дискретного вводу-виводу SM 323-1BH01-0AB0</u>	1	
	Блок живлення PS 307, AC100/240V, DC 24V,5A	1	
	PC ADAPTER USB A2 (SM USB to MCI) , USB CABLE 5M INCLUDED MPI KABEL, 0,3M (6GK1571-0BA00-0AA0)	1	
	<u>Технічні засоби в операторському пункті</u>		
ПК	Персональний комп'ютер в комплекті	1	

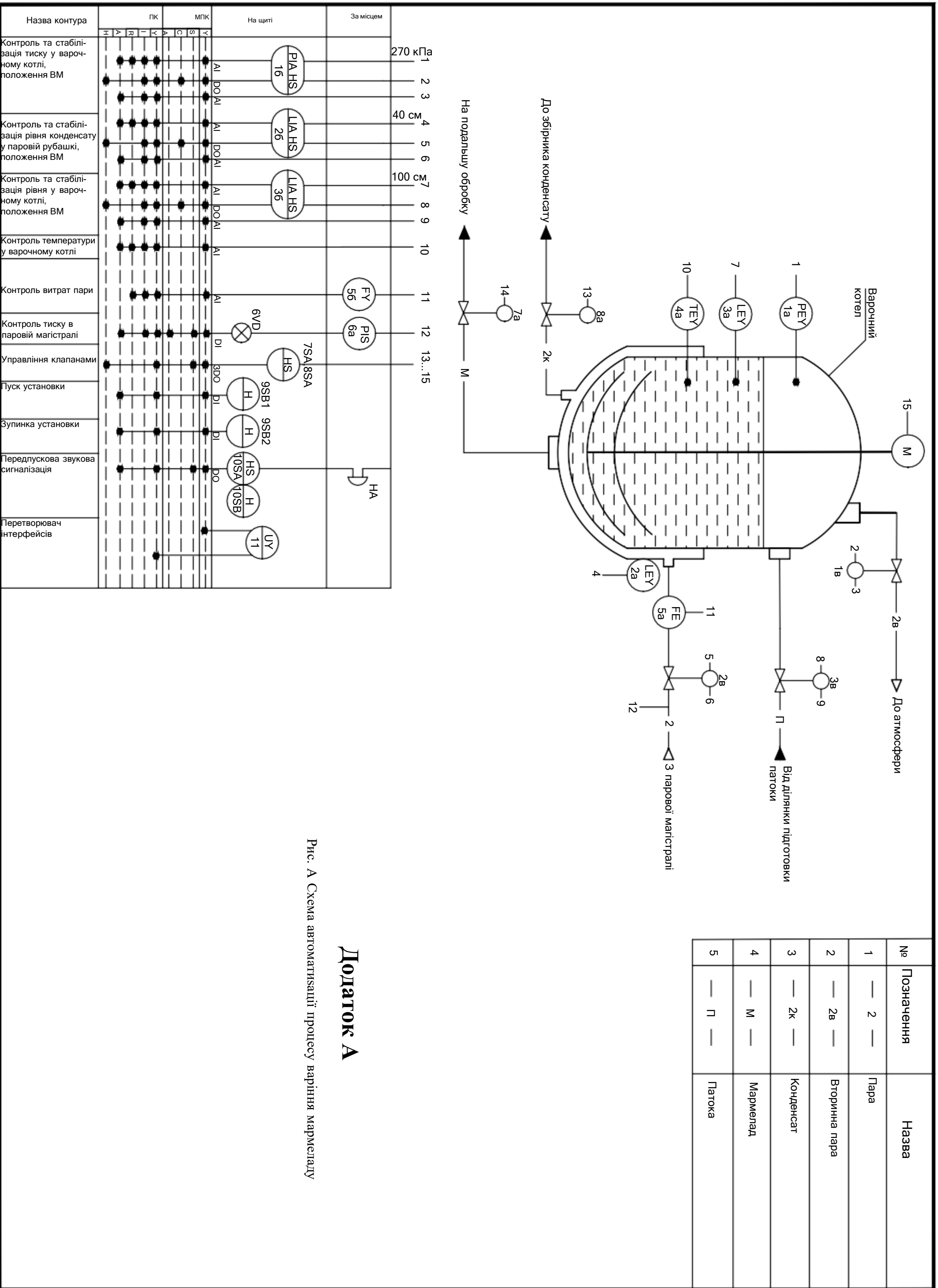
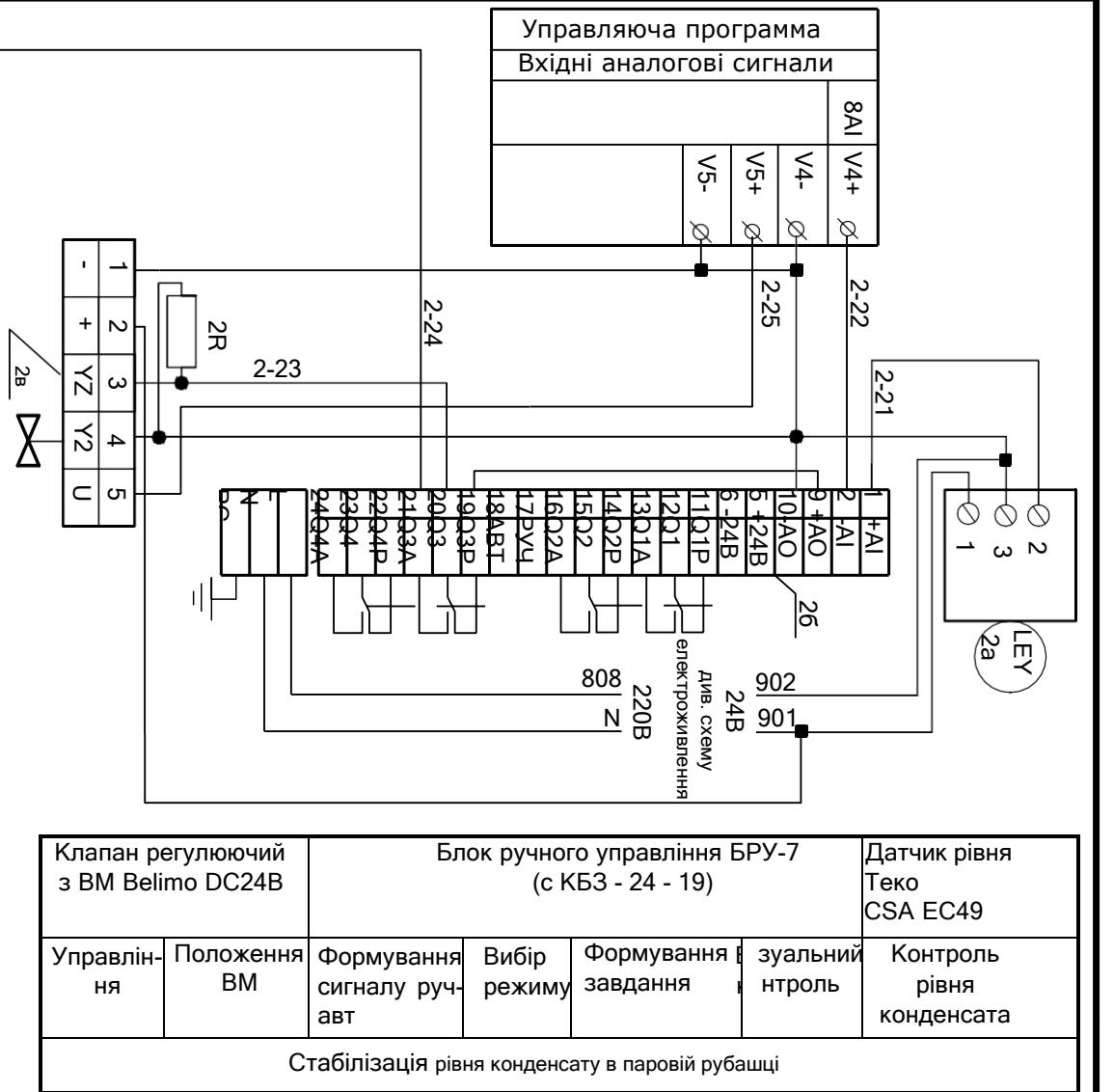
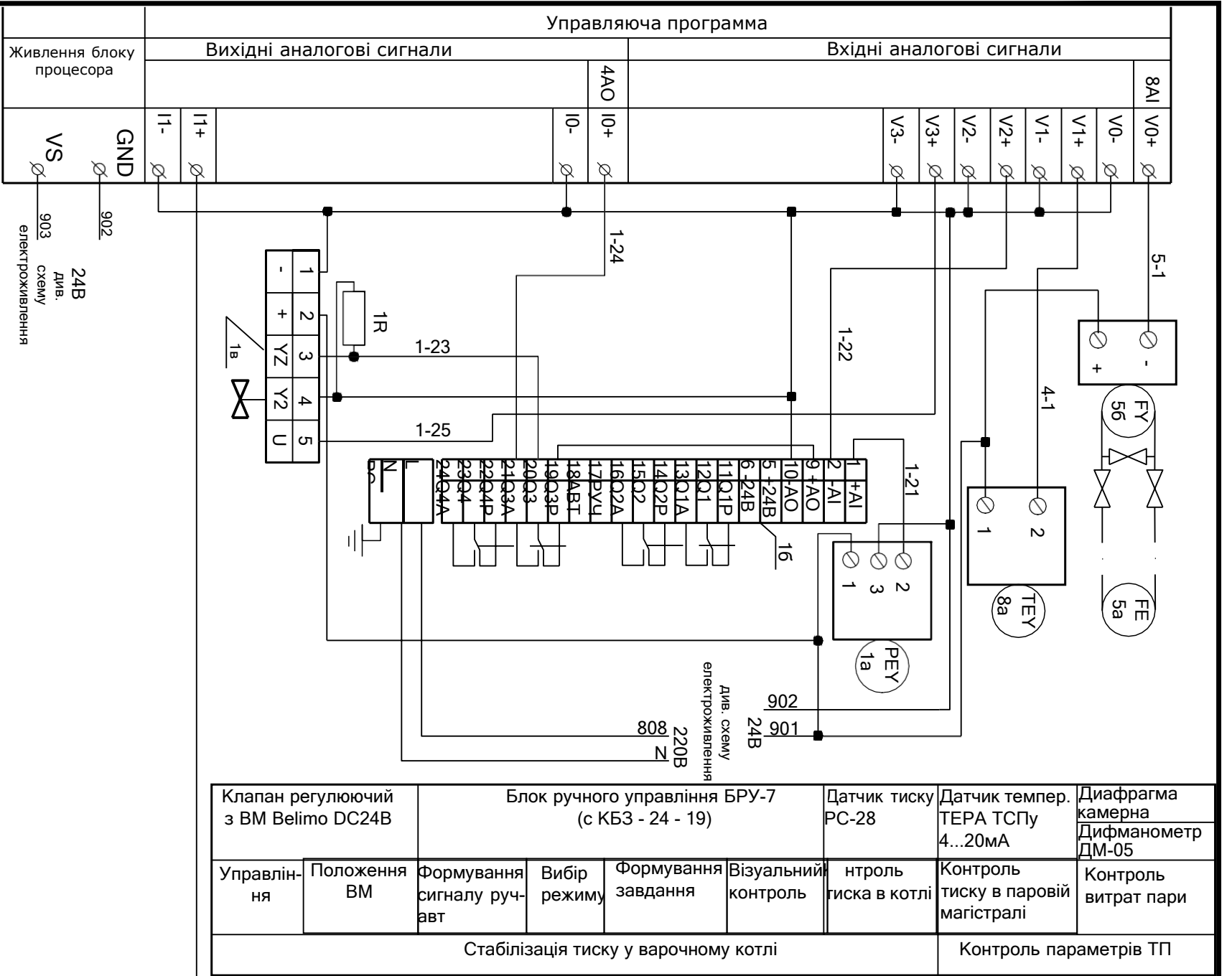


Рис. А Схе́ма автоматизації процесу варіння мармеладу

Додаток А

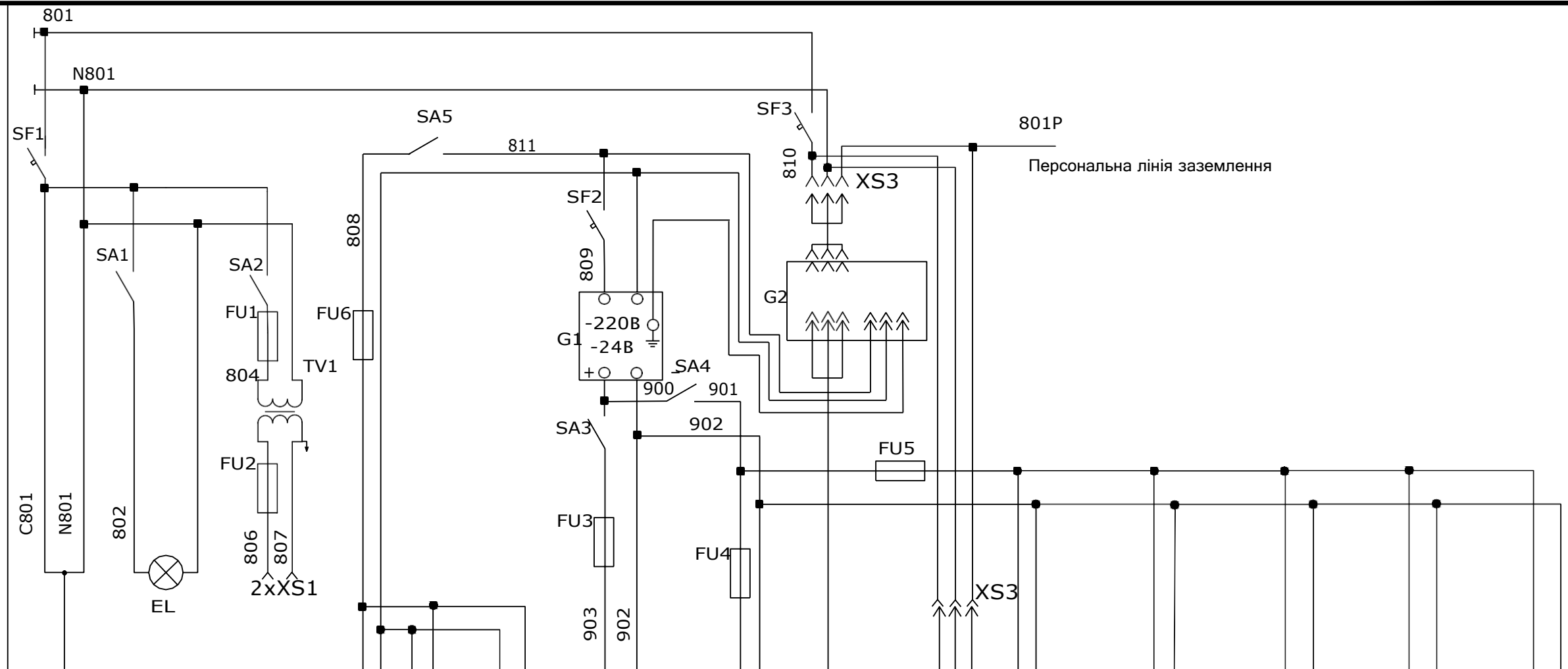
Назва контура	ПК					МПК					На щиті	За місцем		
	И	>	д	-	<	Δ	○	φ	γ	AI			DOAI	
Контроль та стабілізація тиску у варочному котлі, положення ВМ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	AI	DOAI	PIA HS 16	270 кПа
Контроль та стабілізація рівня конденсату у паровій рубашці, положення ВМ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	AI	DOAI	LIA HS 26	40 см
Контроль та стабілізація рівня у варочному котлі, положення ВМ	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	AI	DOAI	LIA HS 36	100 см
Контроль температури у варочному котлі	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	AI			
Контроль витрат пари	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	AI		FY 56	
Контроль тиску в паровій магістралі	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	DI		PIS 6a	
Управління клапанами	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	DI		7SA8SA	
Пуск установки	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	DI		9SB1	
Зупинка установки	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	DI		9SB2	
Передпускова звукова сигналізація	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	DO		10SA 10SB	
Перетворювач інтерфейсів	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●			UY 11	



Додаток Б

Рис. Б.1 Принципова електрична схема процесу варіння мармеладу

Щит оператора



Характеристика електричного приймача	Позиція				16	26	36					1a	2a,3a	4a	5a	7a,8a	
	Тип	Ввід живлення	Внутрішнє освітлення	Електроінструмент переносного освітлення	БРУ-7	БРУ-7	БРУ-7	Simatic S7 300	Схема сигналізації та управління	Монітор і системний блок	Принтер	Датчик тиску APLISENS PC-28	Датчик рівня Теко CSA EC49	Датчик температури ТЕРА	Дифманометр ДМ-05	Клапан електромагнітний	
	Номінальна напруга В	220	220	36	220	220	220	24	24	220	220	24	24	24	24	24	
	Споживча потужність, ВА, <Вт>	1400	100	400	7	7	7	20	10	500	50	7	14	7	7	7	14
	Місце установки	Щит оператора									ОП		За місцем				

Додаток В

Рис. В Принципова електрична схема живлення процесу варіння мармеладу