МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*
Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

«До захисту в ЕК»	**«До захисту допущено»**
Декан факультету	Завідувач кафедри
_____ *Андрій Форсюк*	_____ *Ярослав Смітюх*
(підпис) (ім'я та прізвище)	(підпис) (ім'я та прізвище)
«*05*» *червня* 2023 р.	«*05*» *червня* 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності *151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми *«Комп'ютерні системи та програма технології»*
на тему: *Розробка систем автоматизації процесу виготовлення ферментованого молока.*
Виконав: здобувач _*4*_ курсу, групи _*1*__

Міненко Павло Володимирович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Клименко Олег Миколайович _____
(прізвище , ім'я та по батькові повністю) (підпис)

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

Рецензент *Сергій Грибков* _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2023 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

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

Освітньо-професійна програма *«Комп'ютерні системи та програма технології»*

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Зав. кафедри АКТСУ
_____Ярослав Смітюх
« 03 » квітня 2023 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Міненко Павлу Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка систем автоматизації процесу виготовлення ферментованого молока.*

керівник роботи *доц. Клименко Олег Миколайович*
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 03 » квітня 2023 р. №204-кс

2. Строк подання здобувачем роботи « 05 » червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи *Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.*

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

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3.

Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 03 квітня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	**Строк виконання етапів роботи**	**Примітка**
	Видача та затвердження завдання	*Перед переддипломною практикою*	
	Розділ 1	*Захист переддипломної практики*	
	Розділ 2	*1 тиждень*	
	Розділ 3	*2 тиждень*	
	Розділ 4 та 5	*3 тиждень*	
	Розділ 6 та 7	*4 тиждень*	
	Підготовка матеріалів до захисту	*5 тиждень*	
	Захист кваліфікаційної роботи	*6 тиждень*	

Здобувач Міненко П.В. _____

(підпис)

Керівник роботи Клименко О.М. _____

(підпис)

Анотація

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці системи автоматизації процесу сквашування молока.

В проекті розроблена документація на систему автоматизації, в склад якої входить : опис технологічного об’єкту управління, схема автоматизації, конфігураційна схема, принципові схеми управління і сигналізації.

Розроблене програмне забезпечення для даного відділення. Програма розроблена в програмному забезпеченні Unity Pro від Schneider Electric. Роботоспроможність програми було перевірено на реальному контролері.

В проекті докладно розглянуто варіанти технологічних рішень по реалізації системи автоматизації, а також зроблений аналіз існуючої та розробленої системи. Проведено порівняльний аналіз перехідних процесів для різних значень параметрів регулятора. В ході роботи приведена оцінка рівня автоматизації технологічного процесу в цілому.

Ключові слова: автоматизація, молоко, фермент, M340, SCADA, Sitrans TF2

Annotation

This qualification work is devoted to the development of a system for automating the process of fermenting milk.

The project has developed documentation for the automation system, which includes: a description of the technological object of control, automation scheme, configuration scheme, basic schemes of control and signaling.

Developed software for this department. The program is developed in the Unity Pro software from Schneider Electric. The program's performance was tested on a real controller.

The project considers in detail the options of technological solutions for the implementation of the automation system, as well as an analysis of the existing and developed system. A comparative analysis of transients for different values of the controller parameters. In the course of work the estimation of level of automation of technological process as a whole is resulted.

Keywords: automation, milk, enzyme, M340, SCADA, Sitrans TF2

Зміст

Вступ 7

Розділ 1. Опис об’єкта автоматизації 9

1.1. Технологічний опис об’єкта автоматизації. 9

1.2 Технологічні вимоги до системи автоматичного контролю і 12

регулювання 12

Розділ 2. Система автоматизації 13

2.1. Обгрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО) 13

2.2 Схема автоматизації 24

2.3 Специфікація засобів автоматизації 25

ЭП-1211 26

Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 28

3.1. Загальна схема підключення 28

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК 34

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуЯру. 40

Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів 46

Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та прогрЯама для ПЛК). 52

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейса оператора технолога. 56

6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 56

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора 59

Розділ 7. Математичне моделювання систем автоматичного регулювання 63

Висновки 77

Список використаної літератури 78

Вступ

Технологічні рішення даного проекту визначають основні принципи реалізації технологічного процесу хімводоочищення і є підставою для виконання робочого проекту, водопідготовчої установки (ВПУ) для води, що йде на підживлення тепломереж закритого типу і устаткування для підготовки знесоленої води для підживлення котлів високого тиску.

В наш час складно обходитись без очищеної води. У воді на сьогоднішній день існує сила-силенна сторонніх речовин та домішок , таких що очисна система є необхідною складовою і повинна складається з декількох потужних етапів.

Найбільш ефективним способом водопідготовки пом'якшеної води на сьогоднішній день є пом'якшення води методом іонного обміну. При водопідготовці методом іонного обміну вдається діяти максимально ефективно. Як відомо, жорсткість воді надають розчинені в ній солі кальцію і магнію. Найбільш поширеною проблемою на даний час залишається накип, що викликається жорсткістю води.

Однак реальна ситуація видається так, що на підприємствах процеси хімводоочищення протікають неефективно, так як відсутні необхідні системи безперервного контролю (контроль ведеться періодично в лабораторних умовах) і управління. Це призводить до відхилення від норм показників очищення води і перевитрати реагентів.

Аналізуючи рівень автоматизації на підприємствах в даний час виникає проблема в малій кількості засобів автоматизаціїї. Через відсутність автоматичних аналітичних приладів , а звідси , і достовірної інформації вимірювань сповільнюється прийняття рішеннь по управлінню процесами очищення.

Вибір тієї чи іншої технології хімводоочищення, а отже, і коштів автоматизації зазвичай ув'язується зі специфікою очищується води і враховує собівартість вже існуючих споруд і технологій очищення, включаючи вартість енергії, матеріалів, плату за забруднення довкілля.

Специфікою процесу хімводоочищення (ХВО) є те, що він ведеться в режимі запізнювання реакції системи і залежить від багатьох вхідних сигналів. Ці сигнали є різнорідними, надходять з різною періодичністю, на обробку частини з них потрібен час, а також спеціальні лабораторні умови і дорогі реактиви.

Основною задачею автоматизації ХВО є підвищення пропускної спроможності та ефективності очищення, а також забезпечення найвищої якості очищеної води на виході з системи за рахунок стабілізації змінних стану процесів очищення.

Завданням проекту є вирішення питань, пов'язаних з побудовою системи управління, здатної забезпечити потрібний рівень безпеки хід технологічного процесу, поліпшення техніко-економічних показників, створення нормальних санітарно-гігієнічні і безпечних умови праці.

Розділ 1. Опис об’єкта автоматизації

1.1. Технологічний опис об’єкта автоматизації.

Технологічний процес виробництва кисломолочних напоїв складається з чотирьох самостійних операцій: приготування виробничої закваски, підготовки молока до сквашування, сквашування молока і фасування продукту.

Підготовленим для автоматизації є процес, заснований на резервуарному способі виробництва кисломолочних напоїв. Молоко після охолодження в пастеризаційно-охолоджувальній установці до температури (23 ± 2) ° С надходить в резервуари для кисломолочних напоїв, куди одночасно з заквасочного відділення насосом подається виробнича закваска. Заквашене молоко в резервуарі безперервно перемішується мішалкою протягом заданого часу. Після відключення мішалки продукт сквашується до кислотності з показником pH 4,6 ± 0,05, охолоджується подається в сорочку резервуара холодною водою і переме¬шівается мішалкою за заданою програмою. Після досягнення температури (15 + 1) ° С продукт готовий для фасування, мішалку вимикають і припиняють подачу охолоджуючої води. Кисломолочні напої фасують на механізованих лініях як в скляну тару, так і в паперові пакети.

На рис.1 показана схема автоматизації резервуара для сква-вування молока. Для заповнення резервуара молоком оператор за допомогою ключа 5А1 через проміжний електропневмоклапан 1-1 переводить триходовий пневмовентіль 1 -2 в режим заповнення резервуара.

Рівень продукту в резервуарі контролюється кондуктометричним сигналізатором рівня 2-4 з трьома датчиками: нижнього 2 1, середнього 2-2 і верхнього 2-3 рівнів. Після досягнення продуктом датчика середнього рівня сигналізатор включає електродвигун мішалки і реле часу 4-1, яке в свою чергу включає на заданий час електродвигун насоса-дозатора закваски.

Системою автоматизації передбачено блокування включення мішалки при відкритій кришці люка резервуара від мікроперемикача 3-1.

Після заповнення резервуара від датчика верхнього рівня сигналізатора рівня відключається мешалка і включається програмне пристрій 5-1. Програмне пристрій включає систему контролю кислотності продукту в резервуарі, що складається з погружного датчика 6-1, високоомного електронного перетворювача 6-2 і автоматичного самописного потенціометра 1 300 з контактним пристроєм 6-3. Одночасно за заданою програмою командне пристрій включає і відключає мішалку.

Після досягнення заданого водневого показника pH продукту контактний пристрій потенціометра включає через проміжний пневмоелектріческій клапан 7-1 пневмоклапан подачі холодної води в сорочку резервуара 7-2 і систему контролю температури, що складається з термометра опору 8-1 і логометра з контактним пристроєм 8-2.

Після досягнення заданої температури контактна устрой¬ство логометра відключає командний прилад, включає мішалку, закриває клапан подачі холодної води, переводить клапан 1-2 на випуск продукту з резервуара і включає дзвінок НА 1, який сигналізує про закінчення процесу сквашування.

Після зниження рівня нижче датчика середнього рівня отклю¬чается електродвигун мішалки, а після спорожнення резервуа¬ра клапан 1-2 переводиться в положення на заповнення - резервуар підготовлений до подальшої мийці.

На час мийки блокуються всі системи автоматизації сква¬шіванія (сама система мийки резервуара в цьому розділі не розглядається).

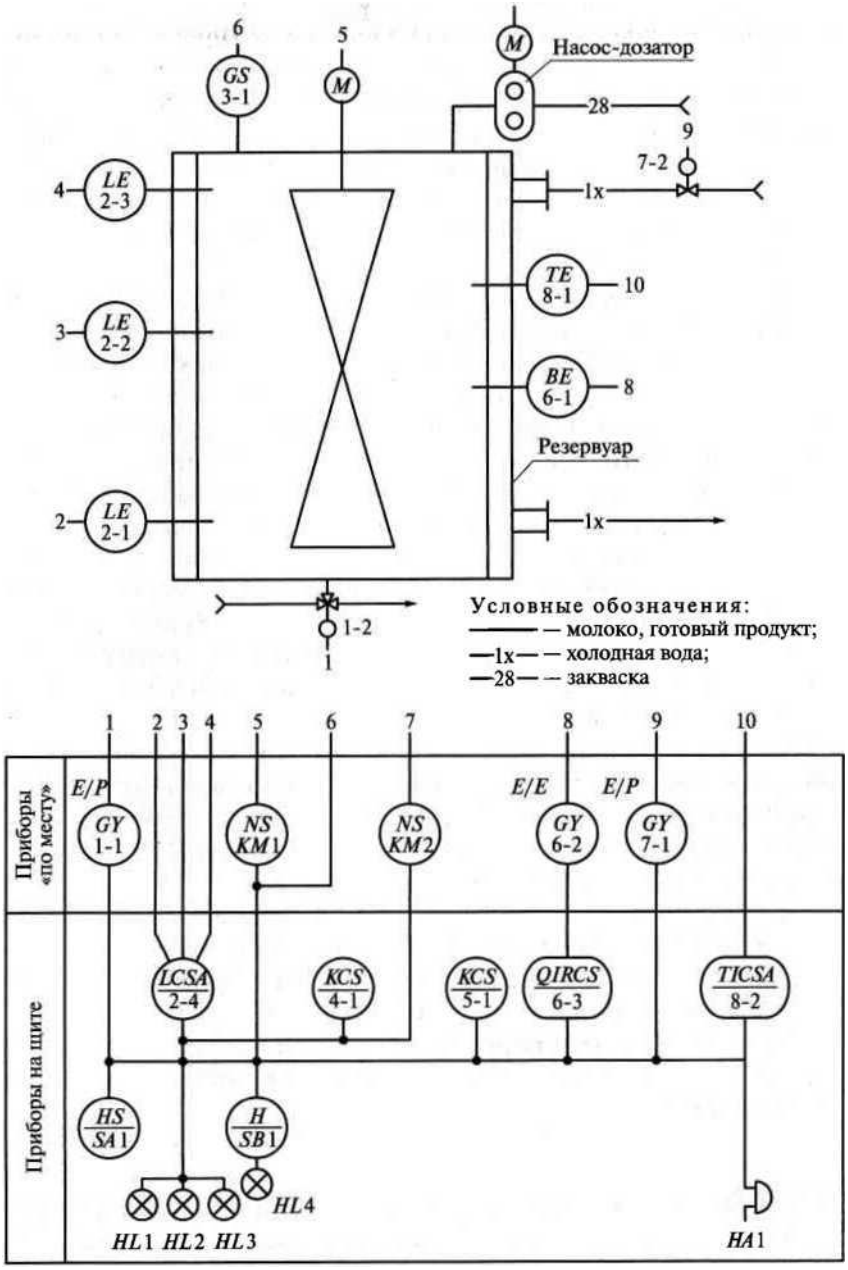


Рис. 1.1. Схема автоматизації резервуара для сквашування молока

1.2 Технологічні вимоги до системи автоматичного контролю і регулювання

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації

/п	Параметри контролю і сигналізації	Оптимальне значення параметра	Допустиме технологічне відхилення параметра,%	Аварійне відхилення параметра	Сигналізація	
					Звукова	світлова
1	Витрата молока в резервуар, л/год	150	± 5	± 10	+	+
2	Кислотність суміші в резервуарі, pH	4,4	± 0,4	± 0,8	+	+
3	Верхній рівень в резервуарі, %	90	± 2	± 5	+	+
4	Середній рівень в резервуарі, %	50	± 2	± 5	+	+
5	Нижній рівень в резервуарі, %	10	± 2	± 5	+	+
6	Температура молока в резервуарі, ^{0}C	20	± 3	± 0,50	+	+

Розділ 2. Система автоматизації

2.1. Обгрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)

Витрата

В даному курсовому проекті для вимірювання витрати використовується ПВП вимірювання витрати Sitrans FM MAGG 1100, із вторинним перетворювачем MAGG 6000 (рис.2.1). Принцип дії всіх магніто-індукційних витратомірів грунтується на явищі, яке описується законом електромагнітної індукції Фарадея. Суть явища електромагнітної індукції і закону Фарадея полягає в тому, що під час переміщення будь-якого провідника у магнітному полі на його кінцях виникає індукована електрорушійна сила U_m, яка пропорційна довжині L провідника, швидкості переміщення V, магнітній індукції B та синусу кута α між магнітною індукцією та напрямком швидкості:

$U_m = B*V*L*\sin\alpha$ (1)

Переваги:

- температура, тиск, в’язкість та густина рідини не впливають на результати вимірювань.
- витратомір здійснює вимірювання витрати агресивних та частково абразивних середовищ за умови правильного вибору матеріалу внутрішньої труби та електродів.
- тверді частинки, що попадають у вимірювальний перетворювач одночасно з вимірюваним середовищем (рідиною), як правило не впливають на результати вимірювань.
- максимальна похибка вимірювання для складає - 0,25% .

					Кваліфікаційна робота		
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Міненко П.В.			Розробка систем автоматизації процесу виготовлення ферментованого молока.	Літ.	Арк. 13 / Акрушів 15
Керівник		Клименко О.М.					
Секретар Е.К.		Проскурка Е.С.				НУХТ АК-4-1	
Зав кафедри		Смітюх Я.В.					

Висновок: Висока точність вимірювання, неприхотливість до середовища, легкість монтажу робить цей метод вимірювання найбільш прийнятним для даної ділянки технологічного процесу..

Вибір ПВП (первинного вимірювального перетворювача) та ВП (вторинного приладу). Принцип дії ПВП.

Магніто-індукційний витратомір Sitrans FM MAG 6000 фірми «Siemens» є керуємим мікропроцесорним вимірювальним перетворювачем з вбудованою текстовою індикацією режиму налаштування та роботи на 11-ти мовах. В залежності від місця розташування витратоміра, він виконується в вигляді або компактного приладу (рис. 10,а), або у вигляді двох блоків: сенсора MAGFLO та вторинного вимірювального перетворювача MAG 6000 (мікропроцесорного блоку живлення та обробки, рис. 10,б). Останній може бути розташований на відстані на щиті.

а)

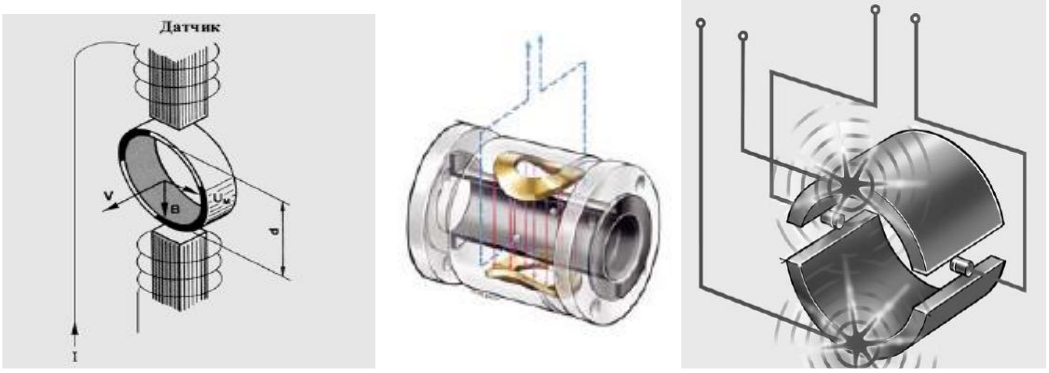
б)

Рис. 2.1. Індукційний витратомір Sitrans FM MAG 6000 фірми «Siemens».

Комплект Sitrans FM MAG 6000 призначений для вимірювання витрати потоку практично всіх електропровідних рідин, а також суспензій та паст. Єдиною умовою його нормальної роботи є наявність хоча б мінімальної (5мікросим/см) електропровідності в середовищі, витрати якого вимірюють.

Принцип дії ПВП

На рис.11,а приведена узагальнена схема індукційного первинного вимірювального перетворювача витрати, де зображено електромагніт, який збуджується змінним струмом *I* (напругою збудження $U_{збудж}$) і який на ділянці між полюсами створює рівномірне однорідне магнітне поле з індукцією *B*. Розміщення обмоток збудження електромагніту показано і на рис.11,б та рис.11,в. В полі магніту розміщена немагнітна труба, по якій протікає вимірювана по витратам рідина з швидкістю *V*. В індукційних витратомірах рухомим провідником є електропровідна рідина, витрати якої вимірюють. Магнітна індукція *B* пронизує рідину вертикально відносно напрямку її потоку (*sin α = sin90° = 1)*, і в рідині, як у рухомому провіднику, наводиться (індукується) електрорушійна сила/



а) б) в)

Рис. 2.2. Узагальнена принципова схема будь якого магніто-індукційного сенсора

Значення цієї електрорушійної сили знімається з двох точкових електродів, що розміщуються на протилежних кінцях внутрішнього діаметру немагнітної труби і зсунуті по відношенню до обмоток збудження на 90° (рис.11 б та в). Електроди контактують з вимірюваною за витратами рідиною, але ізольовані від труби, яка виготовляється, як правило, із нержавіючої сталі.

В загальному, індукована в рідині ЕРС дорвнює:

$$U_m = B^* V^* d, \qquad (2)$$

де В – магнітна індукція, тл; V- швидкість потоку, м/с; d – довжина рідинного провідника, що відповідає довжині провідника L по залежності (7.18) і дорівнює діаметру трубопроводу, м.

Витрати рідини у трубопроводі дорівнюють добутку площі перетину трубо проводу на швидкість потоку V:

$$F = S^* V \ . \qquad (3)$$

У результаті спільного розв'язання рівнянь (2) та (3) отримуємо:

$$F = S(\frac{U_m}{B^* d}) = (\frac{\pi d^2}{4})^*(\frac{U_m}{B^* d}) = k^* U_m, \quad (4)$$

де k — коефіцієнт пропорційності (постійна сенсора), який залежний від конструкції приладу.

Таким чином, витрата рідини у трубопроводі, вимірювана за допомогою індукційного витратоміра, буде пропорційна ЕРС U_m. Сигнал первинного перетворювача індукційного витратоміра містить, крім корисної складової, що визначається формулою (1) і є мірою витрати, трансформаторну ЕРС, що наводиться електромагнітним полем перетворювача в рухомому рідинному провіднику. Трансформаторна ЕРС зсунута по фазі відносно корисного сигналу на 90° і компенсується за допомогою ланцюга, що складається із спеціального подільника напруги.

Кислотність

Кислотність вимірюємо pH-метром фірми МІКРОЛ ПП-10-1 та відповідно перетворювач ПП-10-2 потенціометричним методом.

Потенціометричний метод аналізу складу рідин використовується у двох напрямках:

- вимірювання кислих або лужних функцій розчину;

- визначення моменту нейтралізації розчину при їх титруванні.

Кислотні або лужні властивості розчинів визначається по активності в них іонів водню $[H^+]$.

Суть явища визначається електролітичною дисоціацією і зв'язаною з нею теорією електродних потенціалів.

Дисоціація властива будь-якому розчину і пов'язана з утворенням в розчині електроіонів позитивних іонів (катіонів) і негативних іонів (аніонів). Більшість хімічних процесів відбувається в водних розчинів. Чиста вода являє собою нейтральну речовину,, якій властиві в рівній мірі і кислотні і лужні властивості. Вона слабо дисоціює з утвореннями катіонів водню $[H^+]$ та аніонів гідроксилу $[OH^-]$: $H_2O \leftrightarrow [H^+] + [OH^-]$.

Так як молекула води є досить сталою хімічною сполукою, то концентрація іонів водню і гідроксилу, порівняно з концентрацією її недисоційованих молекул, складає для одних і других, які рівні між собою при температурі 22 ^0C, величину:

$$[H^+] = [OH^-] = 10^{-7} \text{ мг*іон/см}^3.$$

У відповідності із законом діючих мас добуток концентрації іонів водню та гідроксилу при даній температурі є величиною постійною і визначається константою Кв дисоціації води:

$$Кв = К [H_2O] = [H^+] \cdot [OH^-] \quad (9.4)$$

Кислоти та луги у водних розчинах теж дисоціюють: кислоти на катіони водню та аніони кислотного залишку, а луги – на катіони металу і аніони гідроксилу:

$$HCl \leftrightarrow [H^+] + [Cl^-]$$

$$NaOH \leftrightarrow [Na^+] + [OH^-]$$

Якщо розчинити в нейтральному розчині іншу речовину і температуру розчину підтримувати незмінною, то величина 10^{-14} залишається постійною, але порушується рівновага і в розчині збільшується або кількість дисоційованих катіонів водню $[H^+]$ за рахунок зменшення аніонів гідроксилу $[OH^-]$, або навпаки, зростає кількість аніонів гідроксилу за рахунок зменшення катіонів водню. В першому випадку, коли $[H^+] > 10^{-7}$, розчин набуває кислотні властивості. В іншому випадку, коли $[H^+] < 10^{-7}$, розчин має лужні властивості.

Для зручнішого визначення концентрації іонів водню датський хімік Зеренсен ввів поняття водневого показника pH (p-Potenz – степінь, H – хімічний символ водню). У відповідності з визначенням Зеренсена водневий показник pH – це десятковий логарифм концентрації іонів водню, взятий з від'ємним знаком:

$$\mathbf{pH = -lg\ [H^+].} \qquad (9.5)$$

Таким чином, концентрацією іонів водню $[H^+]$ можна охарактеризувати будь-який розчин, причому для нейтрального середовища pH дорівнює 7, для лужного – pH>7, а кислого - pH<7.

Дуже кислі розчини можуть мати pH=-1,-2, а концентровані луги pH>14.

Вода є нейтральною тільки при температурі 22 ^{0}C. При підвищенні температури до 100^{0}C вода набуває кислі властивості і її pH знижується до 6,12. За нульової температури вода набуває лужні властивості з pH=7,97.

Для водних розчинів діапазон зміни pH складає 0…14.

Потенціометричний метод аналізу складу рідин ґрунтується на вимірюванні потенціалу спеціального електроду, який занурений у контролює мий розчин. Величина потенціалу залежить від природи і концентрації (а вірніше – активності аналізованих іонів в розчині, та властивостей самого розчину) і визначається рівнянням закону Нернста, відкритого для металевих електродів, а пізніше поширеного на електроди інших речовин.

$$E_x = E_0 + 2.3\frac{RT}{F \cdot n}\lg c = E_0 + 0.05806\ \frac{\lg c}{n}, \qquad (9.6)$$

де n – валентність іонів металу; E^0 – нормальний потенціал електроду із певного метану і не залежить від концентрації іонів, В; R – універсальна газова стала = 8,31 Дж/моль*К; F – число Фарадея (постійна, яка визначає заряд грам-еквівалента-іонів) F=96485; Т – абсолютна температура, К та значення потенціалу при температурі розчину 20^0С.

Виникнення потенціалу пояснюється переходом іонів металу в розчин, а в стані рівноваги – переходом іонів металу в розчин і із розчину в електрод.

Якщо виразити через водневий показник pH, то формула прийме вигляд:

$$\mathbf{E_x = E_0 - 0.05806\ pH/n.} \qquad (9.7)$$

Так як на величину потенціалу вимірювального електроду головним чином впливає концентрація потенціаловизначаючих іонів (катіонів), які обмінюються 3 атомами металу електроду, то велике значення має вибір матеріалу електродів.

В якості вимірювальних електродів найбільш розповсюджені сурм'яні, скляні із нержавіючої сталі, платинові та срібні. Останні два використовуються при потенціометричному титруванні. Перші два використовують при визначенні концентрації водневих катіонів. Найбільше розповсюджені в pH-метрах скляні вимірювальні електроди, потенціалом яких зв'язані з показником pH лінійною залежністю.

Але виміряти різницю потенціалів тільки між одним вимірювальним електродом і розчином не можливо, так як при під єднанні вимірювального приладу до розчину знову ж таки виникає різниця потенціалів між розчином та провідником, який з'єднує розчин з приладом. Відповідно різниця потенціалів, яку повинен виміряти прилад, буде дорівнювати нулю

Тому для утворення електричного ланцюга для вимірювання зрівноваженого поверхневого потенціалу в розчин вводять другий електрод, який називають допоміжним, або електродом порівняння. Потенціал

порівняльного електроду в процесі вимірювання повинен бути незмінним, не залежати від концентрації речовин у розчині.

При визначенні концентрації розчинів за активністю іонів водню електричний ланцюг вимірювального перетворювача (вимірювальної комірки) складається із (рис. 11.6) вимірювального електроду 1 з допоміжним внутрішнім електродом 1’ , який необхідний для утворення електричного ланцюга, та допоміжного електроду 2, який також контактує з контролюємим розчином.

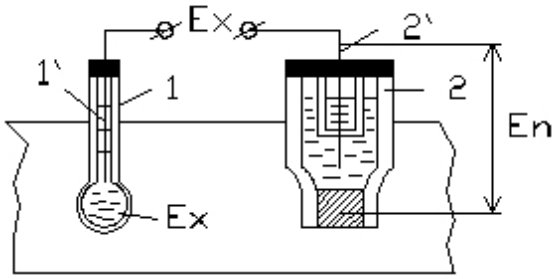


Рис. 2.3. Вимірювальна комірка потенціометричного методу

В якості вимірювальних електродів найчастіше використовуються електроди, які виготовлені із скла, або сурми. В якості допоміжних електродів використовуються хлор срібні та каломельні. Разом вони утворюють вимірювальну комірку із каліброваної скляної трубки, до одного кінця якої приварюється мембрана із спеціального електродного скла, в яких додають одновалентні метали K, Na, Li і яке є активною частиною електроду.

Мембрани виготовляються різної форми (в вигляді кульки, списовидна, плоскої – у вигляді голки) в залежності від призначення електроду. В каліброваній частині скляної трубки розміщується 0,1 н. розчину соляної кислоти HCl з невеликої кількості кристалів хлориду срібла. В цей розчин занурюється контактний хлорсрібний електрод 1’ (хлорсрібний), від якого відходить провідник до вимірювального приладу. Електрод герметизують.

Під час занурення вимірювальної комірки у контрольований розчин, на скляному електроді з'являється ЕРС E_x лінійно пов'язана з активністю іонів водню в розчині. Між поверхнею скляної мембрани і розчином відбувається обмін іонами. Домішки одновалентних металів під дією виникаючих електростатичних сил вириваються із вузлів кришталевої силікатної решітки і переходять в розчин, а їх місця займають більш активні катіони водню [H^+], які надходять із розчину.

$$E_x = E_0 + 2.3\frac{RT}{F}\lg a_н, \quad (9.8)$$

де $a_н$ - активність іонів водню розчину

Якщо підставити в рівнянні Нернста значення констант при t^0= 20^0C і прийняти E_0=0, то потенціал електроду E_x дорівнює:

$$E_x = -0.058\frac{В}{pH}. \quad (9.9)$$

І має назву водневої функції і показує, що у разі зміни pH розчину на одиницю, потенціал електроду змінюється на 58 мВ.

Скляні електроди можуть працювати при температурах до 100^0C, виготовляються різноманітні скляні електроди для використовування в різних середовищах в занурених і проточних перетворювачах, спеціально для використовування в харчовій промисловості (аналізу молока, кисломолочних продуктів, рослинних олій, тіста). Сурм'яні вимірювальні електроди виготовляються із металевої сурми в вигляді стержня, або платинового проводу, на який наносять шар сурми.

Електродний потенціал виникає на межі металевої сурми і її окису, який утворюється на поверхні металу. Випускаються спеціальні електроди, які самоочищаються і використовуються для контролю кислотності тіста і інших дуже в'язких харчових продуктів.

Як порівняльні електроди використовуються хлор срібні та каломельні. В харчовій промисловості використовування хлорсрібних переважне. Вони являють собою стержень із срібла на поверхню якого наноситься шар

малорозчинної солі AgCl. Його розміщують у насиченому калію який через напівпроникну гумову мембрану контактує з вимірювальним розчином і забезпечує замикання електричного ланцюга.

Промисловість випускає датчики зануреного типу ДПг-4м та проточного типу ДМ-5м, перетворювачі П201 і П210; вимірювачі pH-типу pH-201, 205, 261, 265 діапазон вимірювання 1-15 pH клас точності – 1.0;1,5

Для контролю кислотності молока – і молочних продуктів використовуються аналізаторів pH – 222,2. Як вимірювальні використовуються скляні електроди типів ЕСА-45-07 і ЕСА-45-08, які розраховані для вимірювання pH розчинів в діапазоні (3÷8pH) в діапазоні температур від 0 до 40^0C. Похибка перетворювача ±0,05 pH.

Останнім часом використовуються твердо контактні металізовані скляні електроди, в яких відсутня кислота.

Загальному випадку, якщо розглянути нахил характеристики перетворення електродної системи:

$$S\left(b \cdot \frac{mB}{pH}\right) = \frac{\Delta E}{\Delta pH} = 58.06 + 0.198t_p \blacksquare , \quad (9.10)$$

де t_p- температура розчину, ^{0}C.

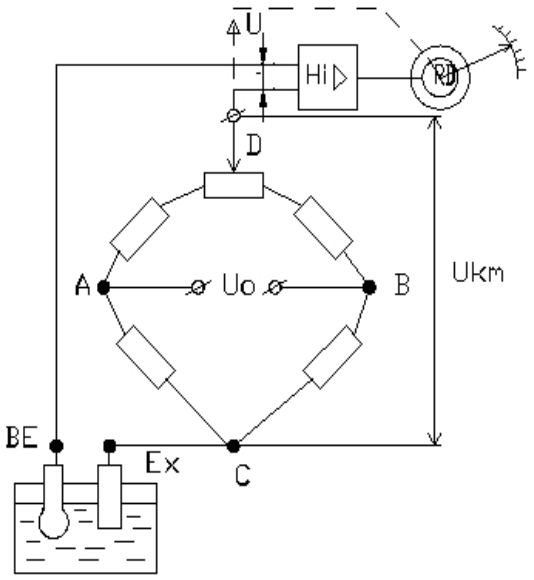
Таким чином зміна температури розчину суттєво впливає на ЕРС електродної системи. Для зменшення впливу зміни температури розчину на результати вимірювань, допоміжні електроди та заповнюючі розчини вибирають таким чином, щоб сумарна зміна ЕРС від температури була мінімальною. Використовуються також введення температурних поправок.

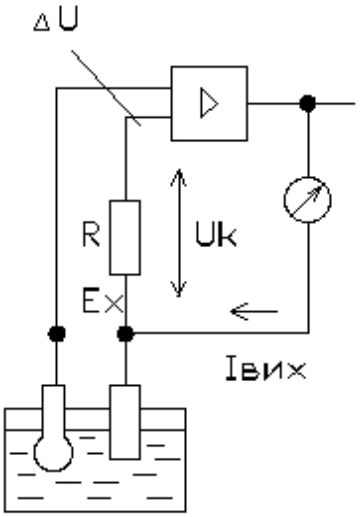
Вимірювальні схеми pH-метрів

Величина pH контролюємого розчину за даної температури визначається за ЕРС електродної системи і може бути виміряна або по схемі безпосереднього вимірювання ЕРС зі споживанням струму, або по компенсаційній схемі.

При визначені схеми вимірювання треба мати на увазі, що існують декілька варіантів використовування методу безпосередньої оцінки в малогабаритних переносних приладах з невисокою точністю вимірювання (не вище ±0,1 pH).

В більшості приладів використовується компенсаційний принцип з використовуванням мостових схем (рис. 2.4,а), які забезпечують простоту налаштування, регулюванні і введенні температурних поправок.





б)

а) $\Delta U = E_x - U_к$

Електронний підсилювач Hi підсилює різницю між електрорушійною силою E_x вимірювальної комірки та компенсаційною напругою $U_к$ у вимірювальній діагоналі СД моста, та керує напрямком обертання РД і переміщенням реохорду до моменту ΔU=0 (реалізована астатична система регулювання).

Більш надійними є схеми (рис.2.4,б) із статичною компенсацією, які використовують підсилювачі з глибоким від'ємним зворотнім зв'язком по струму. ЕРС E_x порівнюється падінням напруги на R, через який протікає вихідний струм підсилювача. $\Delta U = E_x - U_k = E_x - I_{вих}$

2.2 Схема автоматизації

Контур вимірювання кислотності молока в апараті

Контроль відбувається за допомогою ПВП вимірювання pH ПП-10-1 (3а), сигнал з ПВП передається на вторинний перетворювач ПП-10-2 (3б), сигнал 4-20 мА з вторинного перетворювача надходить на модуль аналогових входів МПК, а далі на екран оператору.

Контур регулювання витрати закваски в резервуар

В системі передбачена система регулювання витрати закваски в апарат. Вимірювання витрати здійснюється магніто-індукційним ПВП Sitrans FM MAG1100 (2а), сигнал надходить на вторинний перетворювач витрати Sitrans FM MAG1100 (2б), далі сигнал 4-20 мА надходить на модуль аналогових входів МПК, якщо є розузгодження із заданим значенням, сигнал 4-20 мА з модуля аналогових виходів надходить на частотний перетворювач Lenze 8200 Vector (2в), який змінює витрату закваски в апарат.

Контур вимірювання рівня в резервуарі

Регулювання рівня здійснюється з допомогою сигналізаторів рівня ELF (1а, 1б, 1в), при досягненні середнього рівня в апараті вмикається двигун мішалки, при досягненні верхнього рівня вимикається насос, що працює на наповнення. При досягненні нижнього рівня вимикається насос на злив і вмикається на набір молока в резервуар. Керування процесом здійснюється з допомогою програмного регулятора.

Контур регулювання температури в резервуарі

В системі передбачена система регулювання температури в апараті. Вимірювання здійснюється за допомогою термометра опору pt100, сигнал з якого надходить на вторинний перетворювач Метран ТСМУ 274 (4а) далі сигнал 4-20 мА надходить на модуль аналогових входів МПК, якщо є розузгодження із заданим значенням, сигнал 4-20 мА з модуля аналогових виходів надходить на електропневмоперетворювач ЕПП-1211 (4б), далі

уніфікований пневматичний сигнал в діапазоні 20-100 КПа надходить на пневмоклапан Метран 8560 (4в), який змінює витрату холодної води в апарат.

2.3 Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.1. Специфікація приладів та засобів автоматизації

Позиція	*Параметр*	*Місце установлення*	*Найменування і коротка технічна характеристика приладу*	*Тип, модель*	*Кількість*	**Завод-виготовлювач**
1а, 1б, 1в	Рівень	За місцем	Сигналізатор рівня Клас точності-0,25. Межі вимірювань 0,3…15 м. Частота випромінювання 44 кГц.	ELF	3	ООО “Стройавтоматика”
4а	Температура	За місцем	Термометр опору Вихідний сигнал: 4...20 мА Діапазон вимірювання -50…600°С, Клас точності-0,25.	ТСМУ 274	12	Метран
2б	Витрата	За місцем	Індукційний витратомір Діаметр Dy 15 .. 2000 мм Температура середовища -40 .. 180 ° С Тиск до 40 бар Вихідний сигнал, мА – 4…20; Клас точності - 0,5	Sitrans FM MAG 6000	1	Siemens
1а-1г	Вага	За місцем	Тензометричні ваги Похибка перетворення сигналу,% 0,03 Пиловологозахищений по лицьовій панелі IP-54 Діапазон робочих температур, * С 0 ... +40 Інтерфейс передачі даних RS-485 Токовий вихід з гальванічною розв'язкою 4-20 мА	ДЕДВУ - КВМ14К	4	ООО “Стройавтоматика”

Позиція	*Параметр*	*Місце установлення*	*Найменування і коротка технічна характеристика приладу*	*Тип, модель*	*Кількість*	**Завод-виготовлювач**
3а	Кислотність	За місцем	Потеціометричний pH-метр Клас точності – 0,5. Діапазон: 0…14 Робоча температура: 0-120 ° С Вхідний сигнал(мА; В): 4-20 mA	pH-101П	1	Діліс
3б		На щиті	Перетворювач pH Кількість каналів вимірювання: 2 Вхідні аналогові сигнали: 0-5, 0-20, 4-20 мА Вхідні сигнали від Основна приведена похибка вимірювання: ± 0,2% Температура навколишнього середовища: від -40 ° С до +70 ° С	ПП-10-2	1	Мікрол
4б		На щиті	Елект.-пневмат. перетворювач. Вх.сиг. 4-20 мА Вих. сиг. 20-100 кПа. Номінальний тиск повітря живлення: 140 КПа	ЭП-1211	1	Промприбор
4в		За місцем	Пневматичний клапан. Вх. Сиг: 20-100 кПа. Вих. сиг: 0-100% ХРО Діаметр умовного проходу: 3 ... 12 дюйм Тиск умовний: 2 ... 5 МПа	Метран 8560	1	Метран
2в,5а		На щиті	Перетворювач частоти Lenze 8200 SMD Аналоговий вхід (0-10В, 0-20mA, 4-20mA);	8200 SMD	2	Lenze

Позиція	*Пара метр*	*Місце установ лення*	*Найменування і коротка технічна характеристика приладу*	*Тип, модель*	*Кіль кіс ть*	**Завод-виготовлювач**
			Напруга живлення: 180…264 V AC; Діапазон вихідної частоти: 0…240 Гц; Робоча температура: 0..55 ° C;			

Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

3.1. Загальна схема підключення

Принципова схема регулювання представляє вимірювання значень технологічних параметрів, обробку сигналів та за заданим алгоритмом видання керуючої дії для зміни положення регулюючого органу за допомогою виконавчих механізмів з метою цілеспрямованого регулювання відповідного параметру згідно технологічного регламенту виробництва.

Всі вхідні сигнали від датчиків поступають на вхідні ПЗО (модулі аналогових входів) після чого програмно обробляються і поступають на вихідні ПЗО (модулі аналогових виходів) і виконавчі механізми та двигуни.

До вхідних ПЗО для контурів регулювання в даному випадку відносяться модуль аналогових входів по 4 каналів кожний AMI 410 призначений для перетворення уніфікованого сигналу 4-20 мА в цифровий сигнал контролера.Вихідні ПЗО – AMO 802 – модуль аналогових виходів на 8 каналів. Аналоговий сигнал через клемну колодку поступає на сигнальний модуль аналогових входів, після чого оброблюється в центральному процесорі контролера Modicon M340, де за алгоритмом робочої програми формується керуючий сигнал, що подається на сигнальний модуль аналогових виходів, після якого він здійснює керуючу дію на виконавчий механізм з необхідним устаткуванням (електропневматичні перетворювачі).

Принципова схема регулювання представляє вимірювання значень технологічних параметрів, обробку сигналів та за заданим алгоритмом видання керуючої дії для зміни положення регулюючого органу за допомогою виконавчих механізмів з метою цілеспрямованого регулювання відповідного параметру згідно технологічного регламенту виробництва.

Всі вхідні сигнали від датчиків поступають на вхідні ПЗО (модулі аналогових входів) після чого програмно обробляються і поступають на вихідні ПЗО (модулі аналогових виходів) і виконавчі механізми та двигуни. До вхідних ПЗО для контурів регулювання в даному випадку відносяться модуль аналогових входів по 4 каналів кожний AMI 410 призначений для перетворення уніфікованого сигналу 4-20 мА в цифровий сигнал контролера. Вихідні ПЗО – AMO 802 – модуль аналогових виходів на 8 каналів. Аналоговий сигнал через клемну колодку поступає на сигнальний модуль аналогових входів, після чого оброблюється в центральному процесорі контролера Modicon M340, де за алгоритмом робочої програми формується керуючий сигнал, що подається на сигнальний модуль аналогових виходів, після якого він здійснює керуючу дію на виконавчий механізм з необхідним устаткуванням (електропневматичні перетворювачі).

Всі двигуни трифазні з включенням через частотний перетворювач, та кнопочну станцію, що знаходяться безпосередньо поруч з об'єктом, та можливе вимкнення двигуна дистанційно з дисплейної мнемосхеми. Для зручності, робота всіх двигунів показується на дисплейній мнемосхемі, тому у випадку поломки чи непередбаченої зупинки оператор може вказати обслуговуючому персоналу на несправність того чи іншого двигуна і зупинити роботу апарату чи відділення якщо це необхідно та при відсутності резервних ліній.

Принципова схема системи автоматизації - це схема, що показує зв'язок і взаємодію окремих елементів, пристроїв автоматизації за допомогою умовних позначень, при цьому кожен елемент схеми виконує визначену функцію і не може бути поділений на частини, що мають самостійне функціональне призначення. Таким чином, принципові схеми визначають повний склад елементів системи автоматизації.

Схеми електричні принципові виконуються на стадії «Робоча документація». Розробляють такі схеми електричні:

1) схеми електричні принципові живлення;

2) схеми електричні принципові сигналізації і блокування;

3) схеми електричні принципові контролю і автоматизації;

4) схеми електричні принципові управління електродвигунами і виконуючими механізмами.

На основі цих схем розробляються: монтажні схеми щитів і пультів, схеми зовнішніх з'єднань, схеми електричні контролю і автоматизації, схеми електричні принципові сигналізації і блокування та ін. Вони використовуються при монтажі і наладці системи автоматизації, а також дають можливості для вивчення принципу дії системи автоматизації. Схеми електричні принципові виконуються, як правило, стосовно до окремих установок або ланок автоматизованої системи (наприклад, «Схема електрична принципова регулювання рівня», «Схема електрична принципова сигналізації роботи випарної установки»). При виконанні цих схем використовується розвернуте зображення елементів автоматизації. Ці схеми розглядаються на стадії проектування «Робоча документація» і служать для проектування живлення засобів контрою і автоматизації, розрахунку витрат електроенергії.

Проектування систем електроживлення здійснюється на основі ВСН 205-84/ММСС СССР "Инструкции по проектированию электроустановок систем автоматизации технологических процессов" та РМ4-4-85 «Системы автоматизации технологических процессов. Проектирование систем электропитания», а також нормативних вимог конкретних виробництв В загальному випадку на кресленнях таких схем повинна бути показана:

1) апаратура вмикання і вимикання джерел живлення і споживачів

електроенергії;

2) апаратура контролю напруги:

3) назва споживачів електроенергії;

4) загальні пояснення і примітки;

5) креслення, які відносяться до даної схеми;

6) перелік апаратури.

Схеми живлення можна суміщати з іншими схемами автоматизації проекту (наприклад сигналізації).

Для відображення стану окремих елементів об’єкта і сповіщення про порушення нормального ходу виробничих процесів на пунктах управління використовують різного роду світлові і звукові сигнали. Схеми електричні принципової сигналізації можна класифікувати таким чином:

І. По характеру (виду) сигналу: світлова, звукова, змішана сигналізації. Світлова сигналізація може виконуватись рівним світлом, мигаючим світлом, горіння ламп неповним розжарюванням.

ІІ. По роду струму: схеми на постійному струмі, схеми на змінному струмі.

ІІІ. По призначенню:

1) сигналізація стану - для сигналізації про стан технологічного устаткування («Відкрито»-«Закрито», «Увімкнено»-«Вимкнено»);

2) командна сигналізація – дозволяє передати різні вказівки (накази) з одного пункту керування в інший за допомогою світлових чи звукових сигналів;

3) сигналізація дії захисту і автоматики;

4) технологічна сигналізація – дає інформацію про стан таких технологічних параметрів, як температура, тиск, витрата, рівень. Буває двох видів:

а) попереджувальна сигналізація (сигналізація про ненормальні, але ще допустимі значення параметрів);

б) аварійна сигналізація (про недопустимі значення параметрів).

IV. По принципу дії:

1) схеми з індивідуальним зняттям звукового сигналу;

2) схеми з центральним зняттям звукового сигналу без повторності дії;

3) схеми з центральним зняттям звукового сигналу з повторністю дії.

В дипломному проекті багато механізмів приводяться в дію двигунами, тому важливим фактором є принципи керування і комутаційна апаратура, що управляє двигунами.

Всі двигуни трифазні з включенням через частотний перетворювач, та кнопочну станцію, що знаходяться безпосередньо поруч з об'єктом, та можливе вимкнення двигуна дистанційно з дисплейної мнемосхеми. Для зручності, робота всіх двигунів показується на дисплейній мнемосхемі, тому у випадку поломки чи непередбаченої зупинки оператор може вказати обслуговуючому персоналу на несправність того чи іншого двигуна і зупинити роботу апарату чи відділення якщо це необхідно та при відсутності резервних ліній.

Конфігурування МПК MODICON M340

Для управління об'єктом необхідно сконфігурувати МПК який забезпечує підключення:

Таблиця 3.1. Конфігурування МПК

Вимоги	Кількість або наявність
Живлення ПЛК (24 VDC або 24 VAC)	24
Кількість аналогових входів 4-20 mA	3
Кількість аналогових виходів 4-20 mA	3
Кількість дискретних входів	3
Кількість дискретних виходів	3

Вибір процесорного модуля

Кількість входів і виходів : 15. Враховуючи кількість каналів вводів/виводів, кількість пам’яті під програму користувача і наявність комунікацій обираємо процесорний модуль BMX P34 2010.

Вибір модулів вводу/виводу

8 ВА 4-20 мА – BMX AMI 800 – 2 шт.

8 АВ 4-20 мА – BMX AMO 0802 – 2 шт.

16 ДВ 24 VDC - BMX DDI 1602 – 1 шт.

Вибір шасі, додаткових модулів та аксесуарів для шасі

Загальна кількість модулів разом з просесором: 1 CPU + 1AI+1D I+1DO + 1 AO+1БЖ =6. Таким чином мені потрібне лише одне шасі на 12 місць (BMX XBP 12EX)

Таблиця 3.2. специфікація на замовлення контролера та комплектуючих

Модулі вводу/виводу		Характеристики
‘Найменування	Кількість	
1	2	3
BMX XBP 0800 Шасі	1	Шассі для встановлення блоку живлення, процесора та модулів розширення
BMX CPS 2000 Блок живлення	1	Напруга живлення100…240 VAC Загальна корисна потужність (*PPS*) 20 Вт Потужність на виході 3V3_BAC монтажного шасі 8,3 Вт (2,5 А) Потужність на виході 24V_BAC монтажного шасі 16,5 Вт (0,7 А) Максимальна сумарна потужність на

		виходах 3V3_BAC та 24V_BAC (*P3V3_24V*) 16,5 Вт Сумарна корисна потужність на споживання зовнішніми датчиками 24V_SENOSRS 10,8 Вт (0,45 А)
BMX P34 1000 Центральний процесор	1	Макс. кількість шасі: 2 дискретних вх+вих. 512 аналогових вх+вих 128 лічильних каналів 20 Об'єм RAM загальний розмір 2048 Кб Макс. кількість об'єктів: локалізовані внутрішні біти %Mi 16250 локалізовані внутр. Слова %MWi 32464
BMX AMI 0800 Модуль аналогових входів	1	Діапазон сигналу ±10В,0…10В,0…5В, …20мА,4…20 мА Характеристики каналів16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 5 мс Підключення20-контактна з'ємна колодка
BMX AMO 0801 Модуль аналогових виходів	1	Діапазон сигналу±10В,0…20мА,4…20 мА Характеристики каналів16-бітні, ізоляція між каналами Підключення20-конт. з'ємна кол.
BMX FTB 2010	3	20 контактна з'ємна клемна колодка з гвинтовими зажимами

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

Принципова схема регулювання представляє вимірювання значень технологічних параметрів, обробку сигналів та за заданим алгоритмом видання керуючої дії для зміни положення регулюючого органу за допомогою виконавчих механізмів з метою цілеспрямованого регулювання відповідного параметру згідно технологічного регламенту виробництва.

Всі вхідні сигнали від датчиків поступають на вхідні ПЗО (модулі аналогових входів) після чого програмно обробляються і поступають на вихідні ПЗО (модулі аналогових виходів) і виконавчі механізми та двигуни.

До вхідних ПЗО для контурів регулювання в даному випадку відносяться модуль аналогових входів по 4 каналів кожний AMI 410 призначений для перетворення уніфікованого сигналу 4-20 мА в цифровий сигнал контролера.

Вихідні ПЗО – AMO 802 – модуль аналогових виходів на 8 каналів. Аналоговий сигнал через клемну колодку поступає на сигнальний модуль аналогових входів, після чого оброблюється в центральному процесорі контролера Modicon M340, де за алгоритмом робочої програми формується керуючий сигнал, що подається на сигнальний модуль аналогових виходів, після якого він здійснює керуючу дію на виконавчий механізм з необхідним устаткуванням (електропневматичні перетворювачі).

Принципова схема регулювання представляє вимірювання значень технологічних параметрів, обробку сигналів та за заданим алгоритмом видання керуючої дії для зміни положення регулюючого органу за допомогою виконавчих механізмів з метою цілеспрямованого регулювання відповідного параметру згідно технологічного регламенту виробництва.

Всі вхідні сигнали від датчиків поступають на вхідні ПЗО (модулі аналогових входів) після чого програмно обробляються і поступають на вихідні ПЗО (модулі аналогових виходів) і виконавчі механізми та двигуни.

До вхідних ПЗО для контурів регулювання в даному випадку відносяться модуль аналогових входів по 4 каналів кожний AMI 410 призначений для перетворення уніфікованого сигналу 4-20 мА в цифровий сигнал контролера.

Вихідні ПЗО – AMO 802 – модуль аналогових виходів на 8 каналів.

Аналоговий сигнал через клемну колодку поступає на сигнальний модуль аналогових входів, після чого оброблюється в центральному процесорі

контролера Modicon M340, де за алгоритмом робочої програми формується керуючий сигнал, що подається на сигнальний модуль аналогових виходів, після якого він здійснює керуючу дію на виконавчий механізм з необхідним устаткуванням (електропневматичні перетворювачі).

Всі двигуни трифазні з включенням через частотний перетворювач, та кнопочну станцію, що знаходяться безпосередньо поруч з об'єктом, та можливе вимкнення двигуна дистанційно з дисплейної мнемосхеми. Для зручності, робота всіх двигунів показується на дисплейній мнемосхемі, тому у випадку поломки чи непередбаченої зупинки оператор може вказати обслуговуючому персоналу на несправність того чи іншого двигуна і зупинити роботу апарату чи відділення якщо це необхідно та при відсутності резервних ліній.

Принципова схема системи автоматизації - це схема, що показує зв'язок і взаємодію окремих елементів, пристроїв автоматизації за допомогою умовних позначень, при цьому кожен елемент схеми виконує визначену функцію і не може бути поділений на частини, що мають самостійне функціональне призначення. Таким чином, принципові схеми визначають повний склад елементів системи автоматизації.

Схеми електричні принципові виконуються на стадії «Робоча документація». Розробляють такі схеми електричні:

1) схеми електричні принципові живлення;

2) схеми електричні принципові сигналізації і блокування;

3) схеми електричні принципові контролю і автоматизації;

4) схеми електричні принципові управління електродвигунами і виконуючими механізмами.

На основі цих схем розробляються: монтажні схеми щитів і пультів, схеми зовнішніх з'єднань, схеми електричні контролю і автоматизації, схеми електричні принципові сигналізації і блокування та ін. Вони використовуються

при монтажі і наладці системи автоматизації, а також дають можливості для вивчення принципу дії системи автоматизації. Схеми електричні принципові виконуються, як правило, стосовно до окремих установок або ланок автоматизованої системи (наприклад, «Схема електрична принципова регулювання рівня», «Схема електрична принципова сигналізації роботи випарної установки»).

При виконанні цих схем використовується розвернуте зображення елементів автоматизації.

Ці схеми розглядаються на стадії проектування «Робоча документація» і служать для проектування живлення засобів контрою і автоматизації, розрахунку витрат електроенергії.

Проектування систем електроживлення здійснюється на основі ВСН 205-84/ММСС СССР "Инструкции по проектированию электроустановок систем автоматизации технологических процессов" та РМ4-4-85 «Системы автоматизации технологических процессов. Проектирование систем электропитания», а також нормативних вимог конкретних виробництв В загальному випадку на кресленнях таких схем повинна бути показана:

1) апаратура вмикання і вимикання джерел живлення і споживачів

електроенергії;

2) апаратура контролю напруги:

3) назва споживачів електроенергії;

4) загальні пояснення і примітки;

5) креслення, які відносяться до даної схеми;

6) перелік апаратури.

Схеми живлення можна суміщати з іншими схемами автоматизації проекту (наприклад сигналізації).

Для відображення стану окремих елементів об’єкта і сповіщення про порушення нормального ходу виробничих процесів на пунктах управління використовують різного роду світлові і звукові сигнали. Схеми електричні принципової сигналізації можна класифікувати таким чином:

І. По характеру (виду) сигналу: світлова, звукова, змішана сигналізації. Світлова сигналізація може виконуватись рівним світлом, мигаючим світлом, горіння ламп неповним розжарюванням.

ІІ. По роду струму: схеми на постійному струмі, схеми на змінному струмі.

ІІІ. По призначенню:

1) сигналізація стану - для сигналізації про стан технологічного устаткування («Відкрито»-«Закрито», «Увімкнено»-«Вимкнено»);

2) командна сигналізація – дозволяє передати різні вказівки (накази) з одного пункту керування в іншій за допомогою світлових чи звукових сигналів;

3) сигналізація дії захисту і автоматики;

4) технологічна сигналізація – дає інформацію про стан таких технологічних параметрів, як температура, тиск, витрата, рівень. Буває двох видів:

а) попереджувальна сигналізація (сигналізація про ненормальні, але ще допустимі значення параметрів);

б) аварійна сигналізація (про недопустимі значення параметрів).

IV. По принципу дії:

1) схеми з індивідуальним зняттям звукового сигналу;

2) схеми з центральним зняттям звукового сигналу без повторності дії;

3) схеми з центральним зняттям звукового сигналу з повторністю дії.

В дипломному проекті багато механізмів приводяться в дію двигунами, тому важливим фактором є принципи керування і комутаційна апаратура, що управляє двигунами.

Всі двигуни трифазні з включенням через частотний перетворювач, та кнопочну станцію, що знаходяться безпосередньо поруч з об’єктом, та можливе вимкнення двигуна дистанційно з дисплейної мнемосхеми. Для зручності, робота всіх двигунів показується на дисплейній мнемосхемі, тому у випадку поломки чи непередбаченої зупинки оператор може вказати обслуговуючому персоналу на несправність того чи іншого двигуна і зупинити роботу апарату чи відділення якщо це необхідно та при відсутності резервних ліній.

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру.

Схема автоматизації окремого контуру

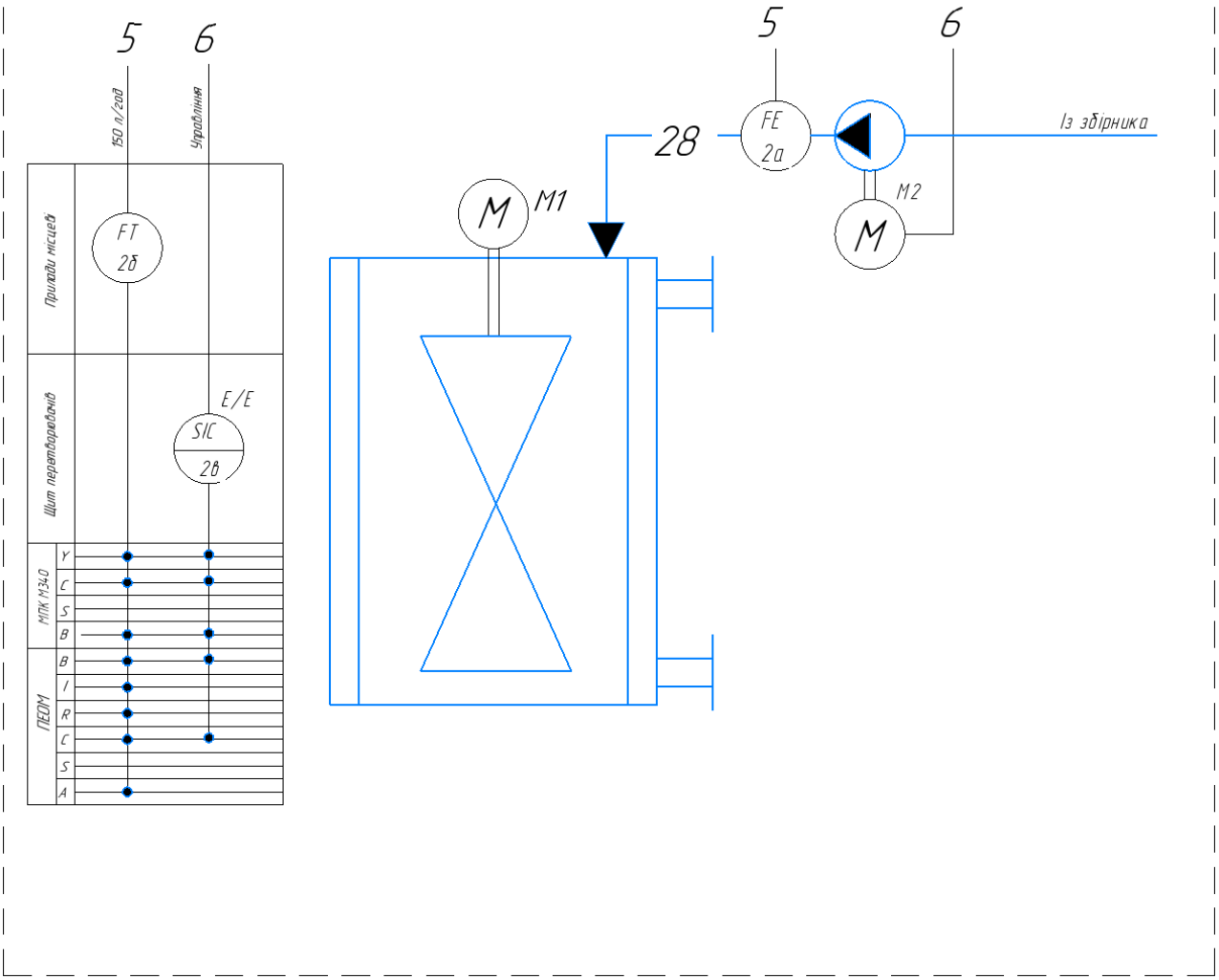


Рис. 3.1. Схема автоматизації контуру витрати закваски в збірник

Графічне зображення з’єднання між собою технічних засобів автоматизації

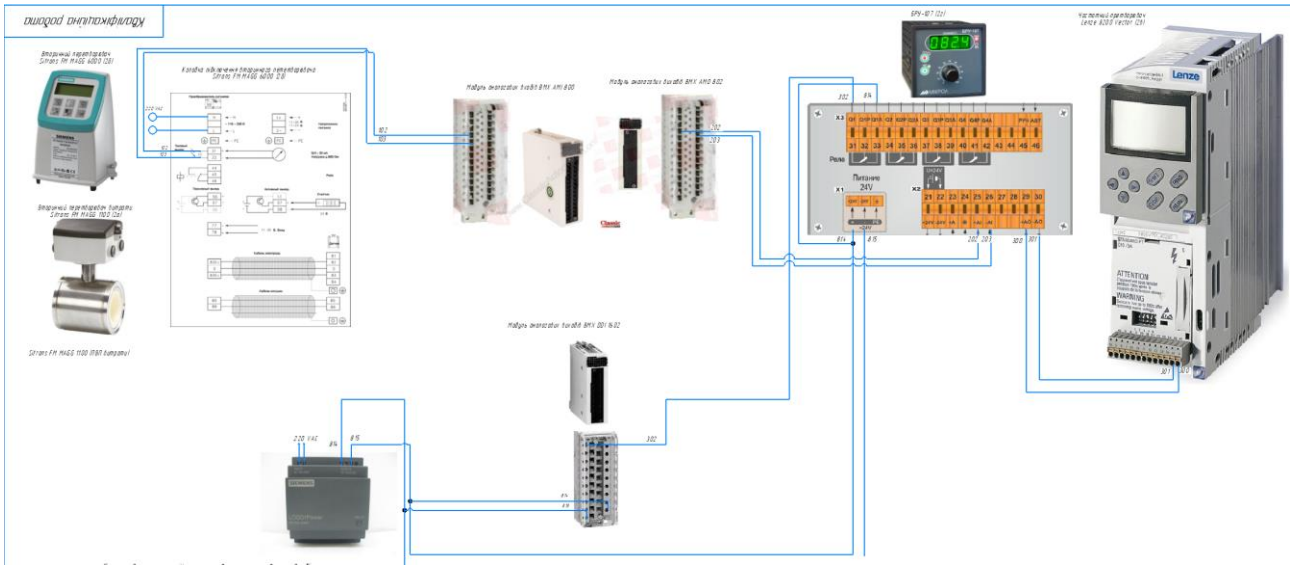


Рис. 3.2. Схема автоматизації контуру витрати закваски в збірник

Принципова схема з’єднання між собою технічних засобів автоматизації

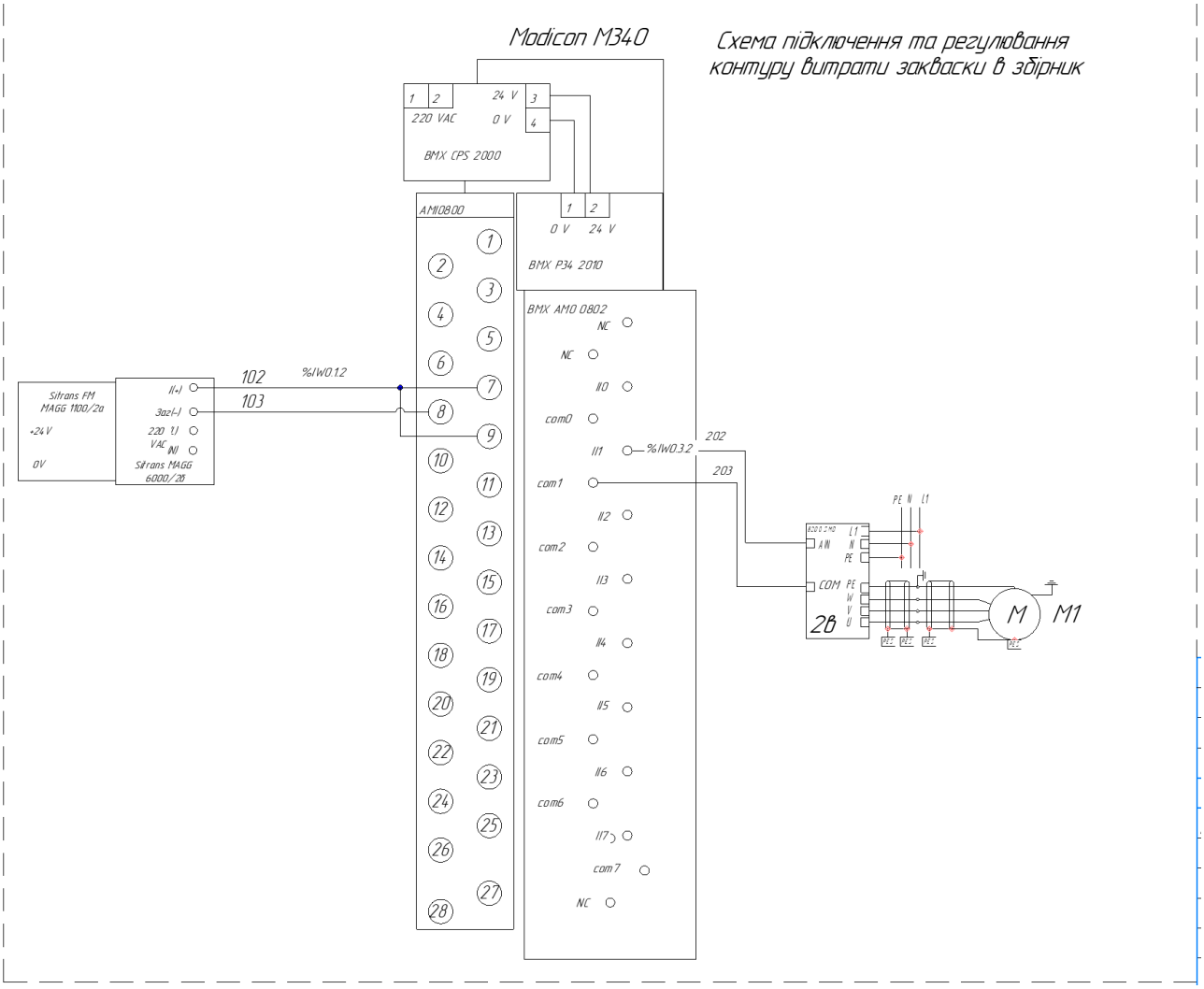


Рис. 3.3. Схема підключення та регулювання контуру витрати акваски в збірник

Опис схеми підключення

Контур регулювання температури сула на виході із підігрівача

Передбачено ручне та дистанційне управління контуром регулювання температури сусла на виході із підігрівача блоку ручного управління БРУ-107 (2г). Сигнал із датчика надходить на вхід БРУ і відображається на екрані. Вихід БРУ з’єднаний із модулем аналогових виходів МПК по каналу регулювання температури. Якщо режим роботи автоматичний, то управляючий сигнал 4-20 мА, через модуль аналогових виходів МПК надходить на вхід БРУ, на виході із БРУ-107 видається сигнал 4-20 мА модуль аналогових входів МПК,

аналогічний як і той що надійшов від датчика до БРУ. А далі сигнал обробляється в програмі, і видається управляючий сигнал з модуля аналогових виходів через електроперетворювач, далі на клапан пневматичний, який змінює ступінь відкриття регулюючого органу. У разі ручного режиму управління ручним за датчиком регулюється значення стумового сигналу на виході БРУ-10, таким чином інтенсивність роботи насосу, і таким чином процес проводиться інтенсивніше, або повільніше, в залежності яке значення температури, що ми встановили.

Блок ручного управління, завдання, індикації БРУ-10

Призначений для використання в системах промислової автоматизації виробничих процесів як:

- Функціональної станції ручного управління аналоговими або імпульсними виконавчими механізмами

- Блоку ручного задатчика аналогового сигналу

- Блоку ручного задатчика імпульсних сигналів "більше" - "менше"

- Цифрового індикатора двох технологічних параметрів

Галузь застосування:

- Індикатор двох фізичних величин

- Ручний аналоговий задатчик аналогових уніфікованих сигналів

- Ручний задатчик імпульсних сигналів типу більше-менше

- Станція ручного управління аналоговим виконавчим механізмом

- Станція ручного управління імпульсним виконавчим механізмом

- Перетворювач імпульсних сигналів більше-менше в вихідний уніфікований сигнал

- Перетворювач імпульсних ШІМ-сигналів у вихідний уніфікований сигнал

- Перетворювач (конвертор) вхідних аналогових уніфікованих сигналів в вихідний аналоговий уніфікований сигнал

Функціональні можливості

Шляхом зміни встановлюється один з семи режимів роботи приладу:

- Режим 0: Індикатор двох фізичних величин на цифровому і лінійному індикаторі. Ручний аналоговий задатчик аналогових уніфікованих сигналів (керований клавішами на передній панелі).

- Режим 1: Станція ручного управління аналоговим виконавчим механізмом з зовнішнім перемиканням керуючих ланцюгів.

- Режим 2: Станція ручного управління аналоговим виконавчим механізмом з внутрішнім перемиканням керуючих ланцюгів.

- Режим 3: Станція ручного управління імпульсним виконавчим механізмом з зовнішнім перемиканням керуючих ланцюгів з індикацією положення виконавчого механізму за допомогою внутрішнього інтегратора. Задатчик імпульсних сигналів типу більше-менше.

- Режим 4: Перетворювач імпульсних сигналів більше-менше від імпульсного регулятора у вихідний уніфікований сигнал.

- Режим 5: Перетворювач імпульсних ШІМ-сигналів від ШІМ-модулятора в вихідний уніфікований сигнал. Індикація ШІМ-сигналу на світлодіодному індикаторі "менше".

- Режим 6: Перетворювач (конвертор) вхідних аналогових уніфікованих сигналів в вихідний аналоговий уніфікований сигнал. Можливість масштабування і перетворення (пряма або зворотна) шкал. Наприклад, перетворення вхідного сигналу 0-100% 0-20мА в вихідний аналоговий сигнал 0-5мА - від 20% до 75% вхідного сигналу, але перетвореного в 0-100% вихідного сигналу.

- Режим 7: Задатчик аналогових і імпульсних сигналів. Індикатор двох фізичних величин.

- Режим 8: Задатчик аналогових і імпульсних сигналів (з захищеним режимом зміни аналогового сигналу). Індикатор двох фізичних величин.

- Режими роботи ручної-автомат, індикація режиму роботи

- статичне та динамічне балансування, забезпечення ненаголошеності перемикання

- Індикація фізичної величини (параметр, положення механізму) на цифровому індикаторі, сигналізація мінімального і максимального значення на світлодіодних індикаторах

- Індикація значення вихідного керуючого впливу на лінійному індикаторі

- Індикація сигналів більше-менше на світлодіодних індикаторах

- ретрансміссіі вхідного сигналу

- Програмна калібрування (виконувана користувачем) почала шкали і діапазону вимірювання двох аналогових входів і аналогового виходу

- Масштабування шкал Реальні показники можуть відрізнятися в довільних технологічних одиницях

- Програмування методу лінійної індикації: сегмент, гістограма

- Вхідний цифровий фільтр аналогових входів

- Програмована швидкість динамічного балансування

Складові вузли БРУ-7:

- 2 канали вимірювання аналогових величин.

- 2 задатчика - аналоговий і імпульсний.

Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів

В даному проекті для вимірювання температури використовується ПВП вимірювання температури pt100, із вторинним перетворювачем Sitrans TF2 (ТСМУ 274)

Вибір ПВП (первинного вимірювального перетворювача) та ВП (вторинного приладу). Принцип дії ПВП.

Останнім часом виготовляються мідні термометри типу ТСМУ з нормувальними перетворювачами, розміщеними у їхніх головках, а також аналогічні платинові ТСПУ, з уніфікованими вихідними сигналами (4-20 мА). Це, так звані, інтелектуальні датчики.

Конфігуруємий Sitrans TF2 (рис. 2 та 3) - це компактний вимірювальний перетворювач температури з цифровим дисплеєм та термометром опору Pt100. Призначення приладу - індикація та контроль температури, що вимірюється на технологічній лінії за місцем, а також дистанційна передача сигналу вимірювальної інформації на відстань.

Загальний огляд

Вимірювальний перетворювач температури SITRANS TF2 (рис.2) об’єднує три компоненти в одному приладі:

- термометр опору Pt100 в захисній трубці із нержавіючої сталі;
- корпус із нержавіючої сталі з високим класом захисту;
- вбудований та конфігуруємий за допомогою трьох клавіш мікропроцесорний вимірювальний перетворювач з рідинно-кришталевим дисплеєм (РКД). Випускаються осьова та радіальна конструкції TF2.

Переваги приладу

- висока точність вимірювання та індикація з дозволяючою властивістю 1/100 °С в усьому діапазоні вимірювання;
- конфігуруємі діпазони вимірювання в межах від -50 до +200°С; сигнализація (+/-) про перевищення заданого межового значення температури на РКД, а також за допомогою червоного світло діоду (рис.3).

Конструкція

Корпус SITRANS TF2 (рис.4) виготовлений із інструментальної сталі (Ø 80 мм) та оснащений захисним склом. В захисну трубу із інструментальної сталі з різьбовим з'єднанням вмонтований температурний датчик Pt100. За рахунок використовування інструментальної сталі при виготовлені захисних труб досягається висока хімічна стійкість, яка визначає високу степінь захисту температурного датчика від впливу вимірюваного за температурою середовища. У стандартному виконанні довжина захисної труби складає 170 мм або 260 мм. На зворотній стороні корпуса разташовані клеми для підключення живлення за рахунок струмового ланцюга (петлі) 4...20 мА. Підключення здійснюється через рознім в відповідності з EN 175301-803A.

Рис. 4.1. Зовнішній вигляд термометра опору Рис. 4.2 Дисплей термометра

На передній стороні корпуса знаходиться п’ятирозрядний дисплей під скляною кришкою. Під дисплеєм разташовані три клавіші конфігурування SITRANS TF2. Над дисплеєм розташовані один зелений та один червоний світлодіоди для індикації стану приладу.

Принцип роботи:

Вимірювальний перетворювач TF2 (рис.6) можна разділити на наступні функціональні блоки і окремі функції:

Вхід: RTD – термометр опору Pt100; Ік – стабілізоване джерело струму;

A/D – аналого-цифровий перетворювач.

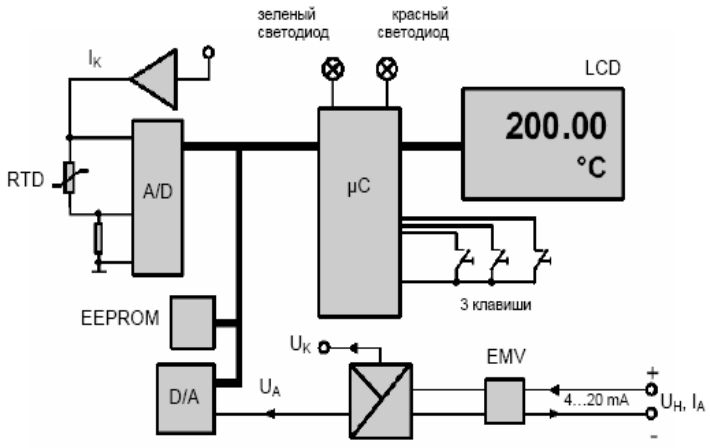


Рис. 4.3. Аналогово-цифровий перетворювач Sitrans

Вихід: D/A – цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП); U/I – перетворювач напруги в струм, який живиться від стабілізованого джерела каліброваної напруги Uк та перетворює напругу ЦАП в уніфікований вихідний сигнал по струму (4…20 мА);EMV – вихідний каскад з захисними компонентами, який об'єднує струм живлення з уніфікованим вихідним сигналом по струму; $U_{Н}$ –джерело живлення постійного стуму в межах +12 В - +36В;$I_{А}$ – уніфікований вихідний сигнал по струму (він же струм споживання).

Мікроконтролер:

EEPROM – перепрограмуємий запам'ятовуючий пристрій для всіх параметрів; μC – функції обчислення та контролю мікроконтролера.

Вихід: D/A – цифро-аналоговий перетворювач (ЦАП); U/I – перетворювач напруги в струм, який живиться від стабілізованого джерела напруги та перетворює напругу ЦАП в уніфікований вихідний сигнал по струму (4…20 мА); EMV – вихідний каскад з захисними компонентами, який об'єднує струм живлення з уніфікованим вихідним сигналом по струму; $U_{Н}$ –джерело живлення постійного стуму в межах +12 В - +36В; $I_{А}$ – уніфікований вихідний сигнал по струму (він же струм споживання).

Керування та індикації:3 клавіші – конфігурування параметрів перетворювача;

LCD – індикація вимірюваних величин з одиницями вимірювання (РКД);

Зелений світлодіод – індикація нормального режиму роботи;

Червоний світлодіод – індикація повідомлень про помилки та при виході параметру за встановлені межі.

Первинний вимірювальний перетворювач RTD (Pt100) (рис.4), що знаходиться в об'єкті, отримує живлення від стабілізованого джерела струму

$I_к$. Спад напруги на датчику відповідає вимірюваній температурі. Аналого-цифровий перетворювач (A/D) перетворює спад напруги у цифровий сигнал. В мікроконтролері (μC) відбувається лінеаризація сигналу у цифровій формі і відтворюється у цій формі у відповідності з необхідними даними (наприклад, вибраною одиницею вимірювання або необхідному діапазону), що запрограмовані заздалегідь та зберігаються в енергонезалежній постійній пам'яті EEPROM, яка дозволяє перепрограмування.

Основною перевагою перетворювача Sitrans TF2 є схема живлення в два проводи, в якій виконано об'єднання ланцюга живлення перетворювача з одночасним передаванням по ньому сигналу вимірювальної інформації - вихідного уніфікованого аналогового сигналу по струму в межах 4…20 мА, який відповідає значенню вимірюваної температури. Тобто, при налаштованому початковому значенні вимірюваної температури, схема перетворювача споживає струм 4 мА напругою постійного струмі в межах 12…30В. В кінці діапазону – перетворювач споживає струм 20 мА при тих же межах напруги живлення.

Для передавання інформації про значення вимірюваної температури немає необхідності в додаткових лініях зв'язку. Для отримання цієї інформації достатньо в ланцюг підведення живлення в два проводи, ввімкнути опір навантаження величиною $R_L \cong 500$ Ом (рис. 4) та отримати на ньому, на необхідній відстані від місця вимірювання, спад напруги, який маже бути використаний, наприклад, для перетворення в аналого-цифровому перетворювачі (АЦП) мікропроцесорного контролера системи керування технологічним процесом.

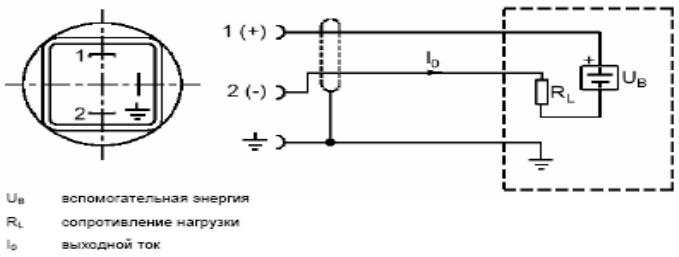


Рис. 4.4. Схема підключення TF2 до двопроводової лінії живлення.

Технічні характеристики TF2:

Вхід: вимірювана величина – температура в діапазоні від -50…+200°C.

Вихід: уніфікований сигнал 4…20 мА по дротам живлення.

Нижня (мінімум) - 3,6 мА та верхня межа стуму (максимум) - 23 мА.

Вихід захищений: від от невірного під'єднання джерела живлення за полярністю, від перевищення напруги живлення та від короткого замикання.

Максимальний опір навантаження: $U_н$ - 12V / 0,023A.

Характеристика перетворення – прямо пропорційна вимірюваній температурі.

Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК).

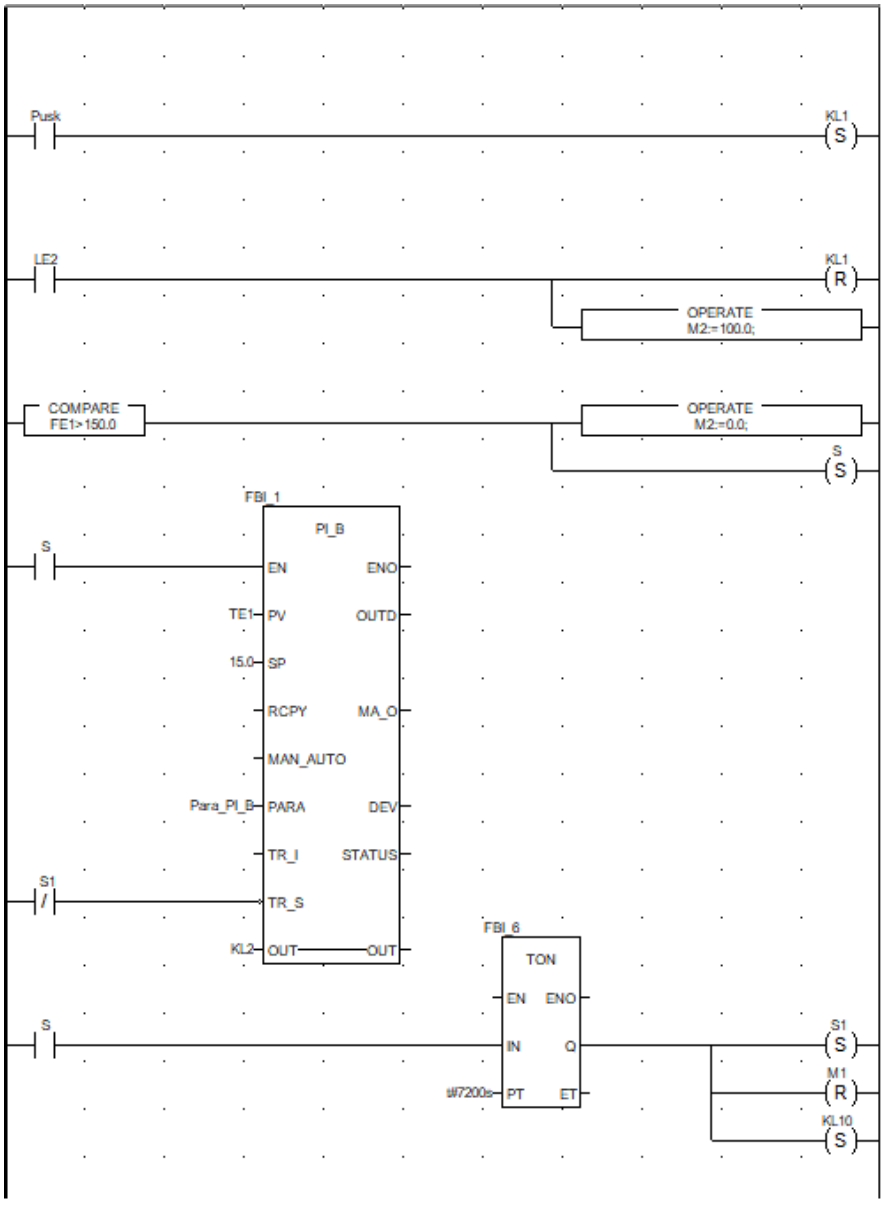


Рис. 5.1. Блок-схема алгоритму управління

					Кваліфікаційна робота		
	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Міненко П.В.			Розробка систем автоматизації процесу виготовлення ферментованого молока.	Літ.	Арк. 52 / Акрушів 4
Керівник		Клименко О.М.					
						НУХТ АК-4-1	
Секретар Е.К.		Проскурка Е.С.					
Зав кафедри		Смітюх Я.В.					

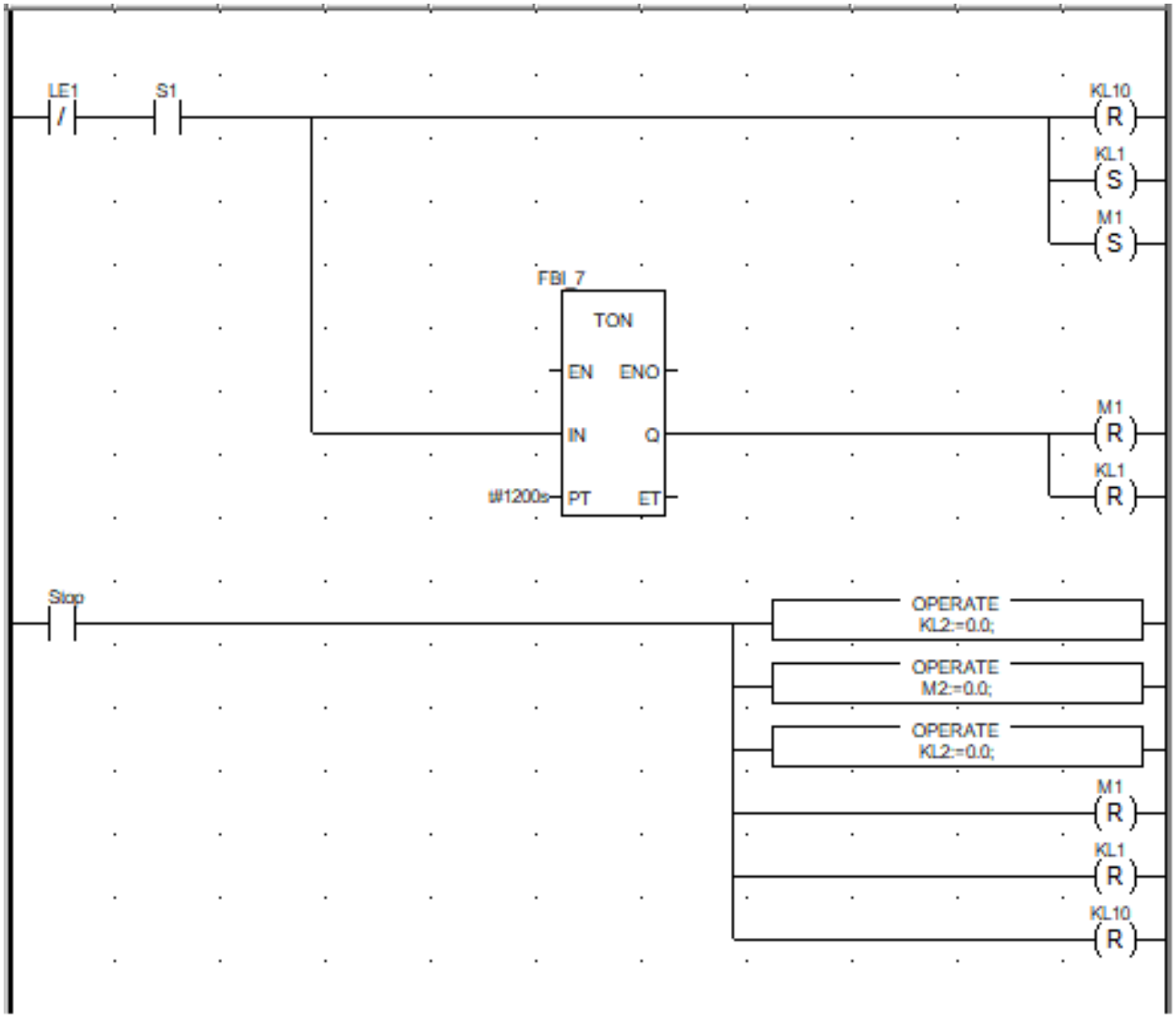


Рис. 5.1 Програма ПЛК

В середовищі Unity Pro створюються змінні яким присвоюється значення технологічних параметрів.

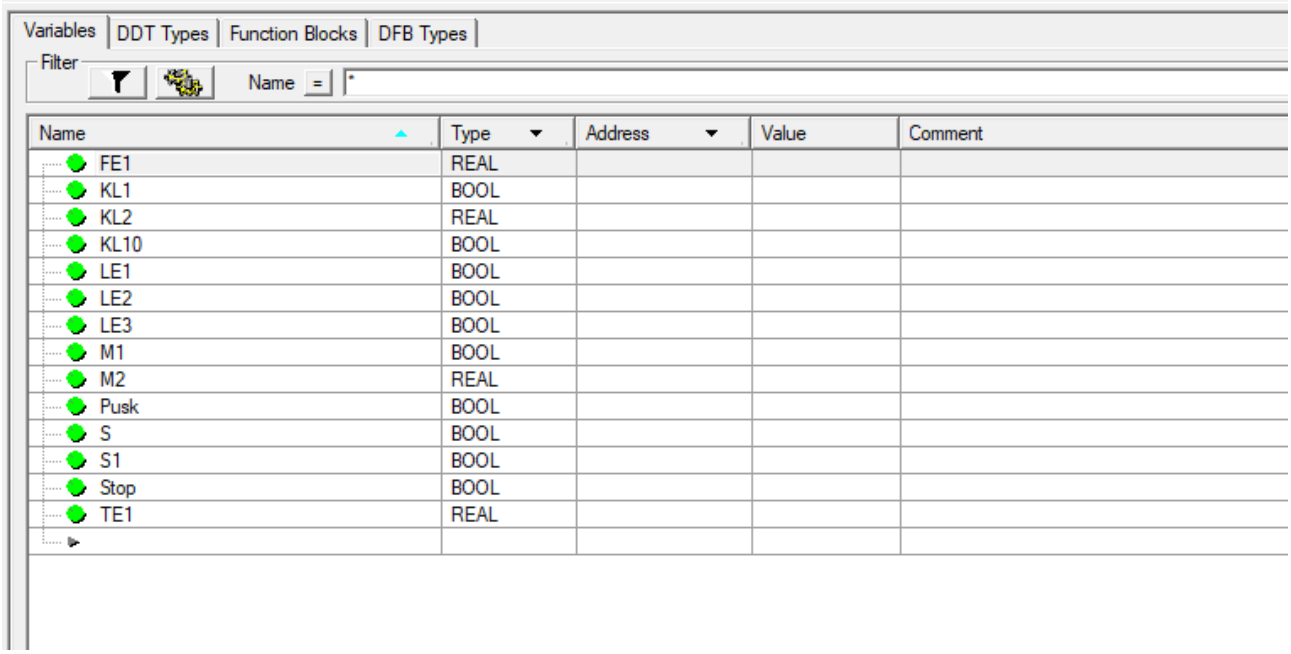


Рис 5.2. Анлогові та дискретні змінні

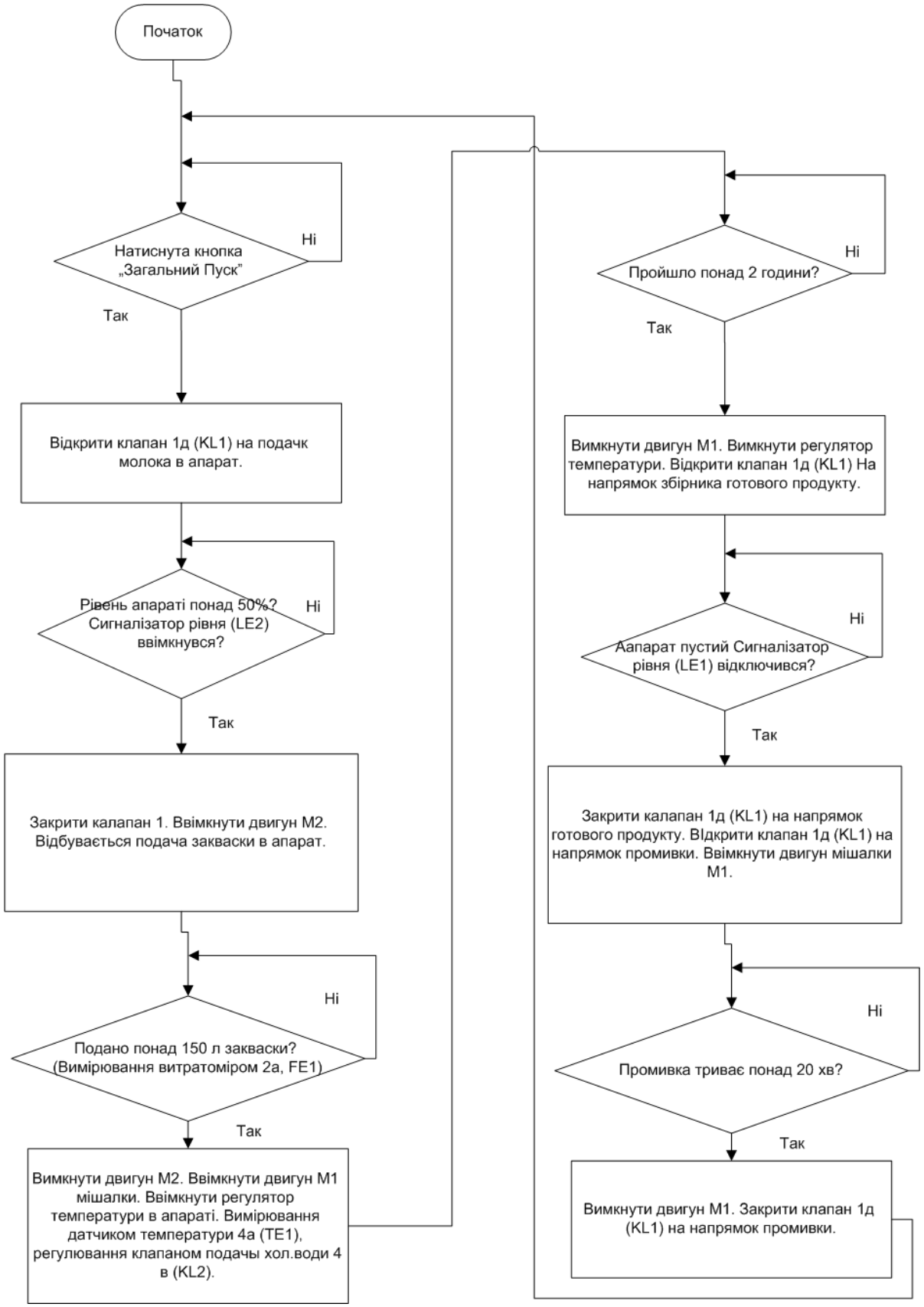


Рис. 5.3 Алгоритм роботи програми для ПЛК

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейса оператора технолога.

6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI.

За допомогою програмного забезпечення Vijeo Citect розробляємо SCADA-систему, яка дасть можливість оператору переглядати перебіг технологічного процесу та значення усіх технологічних параметрів. У вікні «Редактор проектів Citect» описуємо всі змінні, створюємо змінні для трендів, алармів та описуємо настройки до них. В меню «Теги»/«Змінні теги» описуємо всі змінні.

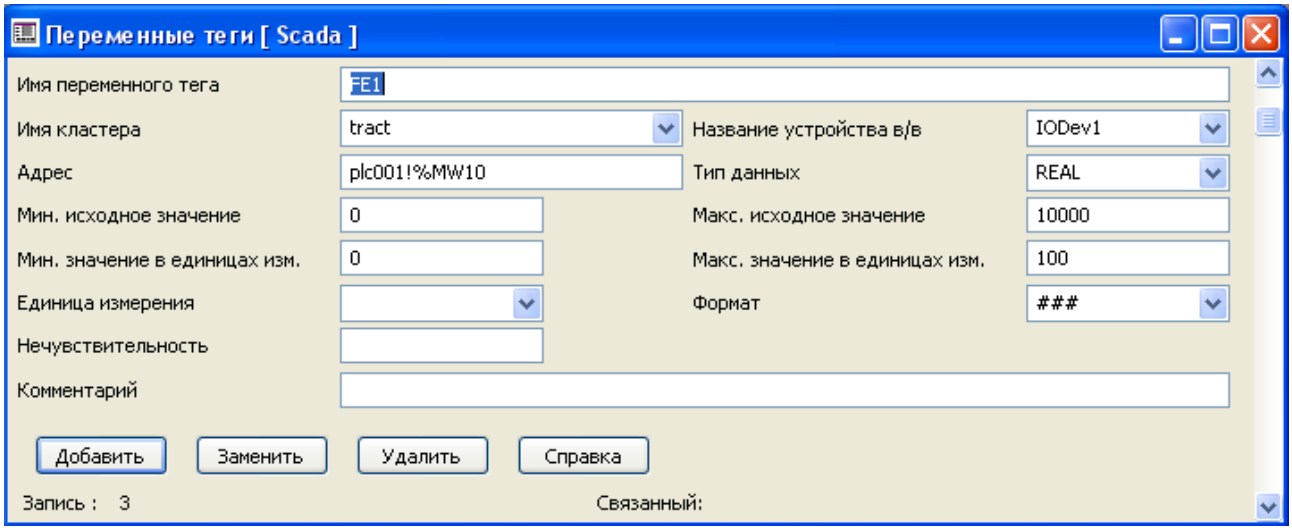


Рис. 6.1. Вікно опису змінної

Таблиця 6.1. Змінні та їх настройки

Ім'я змінного тега	Адреса	Мін. вихідне значення	Макс. вихідне значення	Мін. значення в одиницях виміру	Макс. значення в одиницях виміру	Тип даних
1	2	3	4	5	6	7
TE1	%IW0.1.0	0	10000	0	1000	REAL
QE1	%IW0.1.1	0	10000	0	100	INT
FE1	%IW0.1.2	0	10000	0	1000	REAL
LE1	%I0.2.0	0	10000	0	100	INT
LE2	%I0.2.0	0	10000	0	100	INT
LE3	%I0.2.0	0	10000	0	3000	INT
KL1	%QW0.3.0	0	10000	0	100	INT
SIC1	%QW0.3.1	0	10000	0	100	INT
SIC2	%QW0.3.2	0	10000	0	100	INT
KL1	%Q0.4.0	0	10000	0	100	INT
KL1.1	%Q0.4.1	0	10000	0	100	INT

В меню «Теги»/« Теги Тренда» описуємо всі змінні, що будуть використовуватись в трендах.

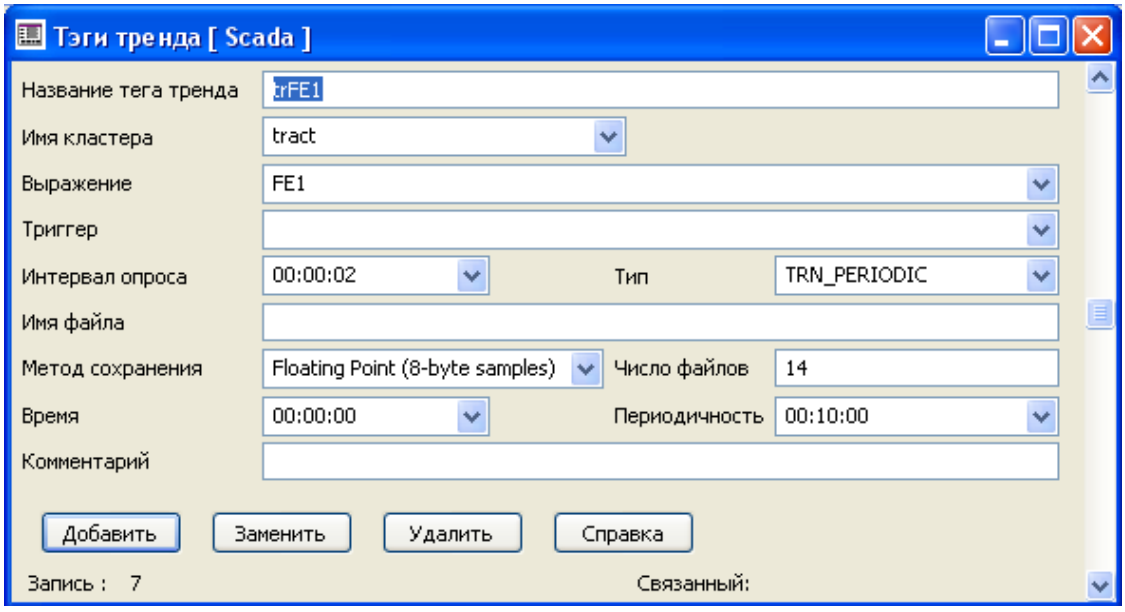


Рис.6.2. Вікно опису змінної для тренду

В меню «Аларми»/«Аналогові аларми» описуємо аналогові аларми.

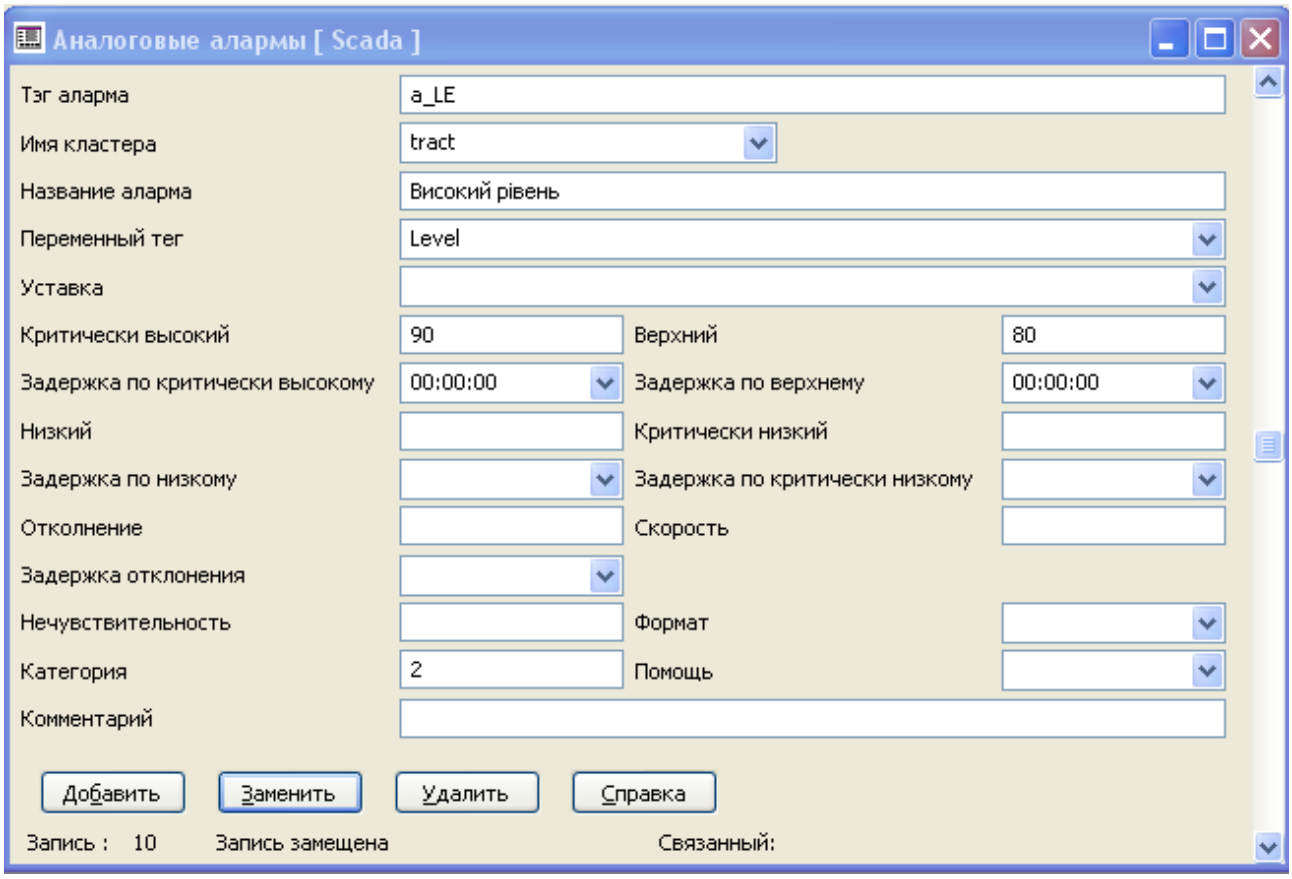


Рис.6.3. Вікно опису аналогового аларму

В меню «Аларми»/«Аналогові Аларми» описуємо аналогові аларми.

Таблиця 6.2. Аларми аналогові

Тег аларма	Ім’я аларма	Змінний тег	Критично низький	Критично високий
1	2	3	4	5
A_FE_1	Витрата закваски в апарат	FE1	-	180
A_TE	Температура в апараті	TE1	-	25
A_LE	Рівень в апараті	LE3	-	90

В меню «Аларми/Категорій алармів» описуємо як будуть відображатись аларми:

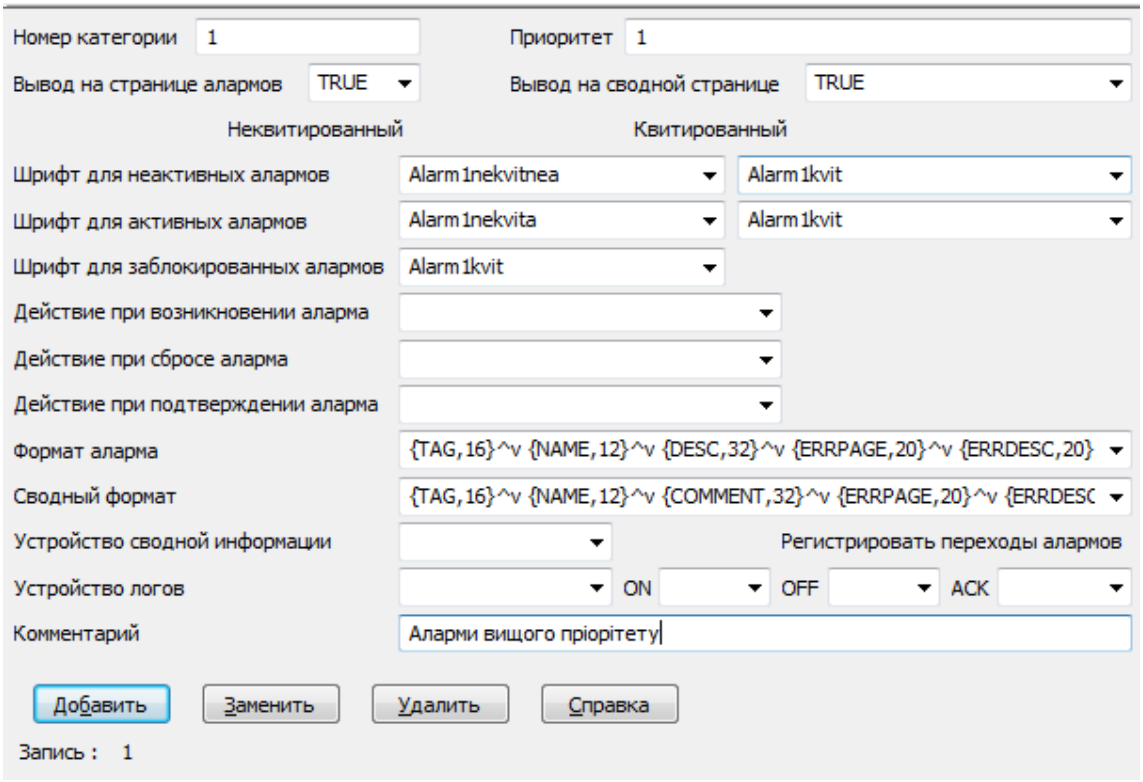


Рис.6.4. Вікно опису категорії алармів

В меню «Система»/«Користувачі» створюємо запис користувача.

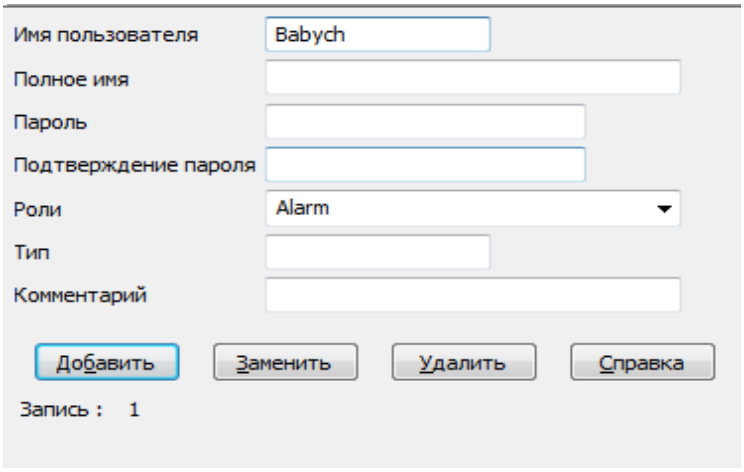


Рис.6.5. Вікно створення запису користувача

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Тут відображається дані з датчиків, відкриття чи закриття клапанів, кнопки запуску та зупинки, анімаційне відображення переходу на наступну стадію технологічного процесу. Оператор слідкує за перебігом технологічного

процесу з робочого місця оператора. В разі необхідності оператор може перейти до ручного, або автоматичного режиму управління. Для переходу в ручний чи автоматичний режим роботи оператор повинен натиснути на кнопку яка відповідає за той чи інший режим. Оператор може змінювати ступінь відкриття клапанів, оберти двигуна. Для того щоб на виробництві не сталася аварія І не порушився перебіг технологічного процесу на екрані оператор може спостерігати за значенням параметрів і як тільки це значення цього параметру перевищить максимальні допустимі значення то оператор побачить зміну кольору цього параметру. Якщо параметр буде більше ніж граничне значення то колір буде червоним, якщо ж нижче – то жовтим. Двигуни коли працюють мають зелений колір, якщо двигун вимкнений і готовий до роботи – білий.

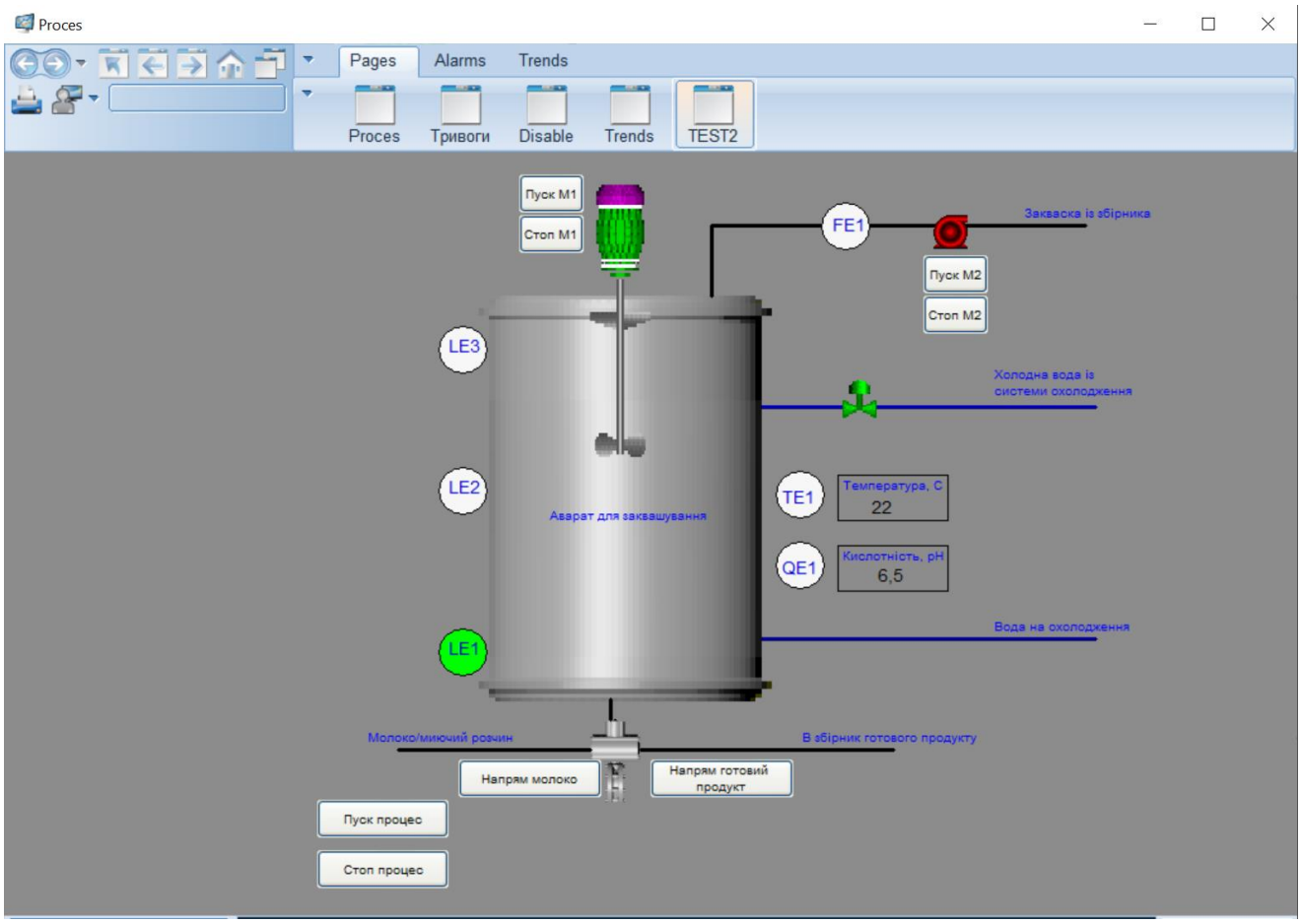


Рис.6.6. Мнемосхема відділення

На сторінці Alarm ми можемо налаштовувати, змінювати аларми, дивитися історію в вікнах алармових повідомлень:

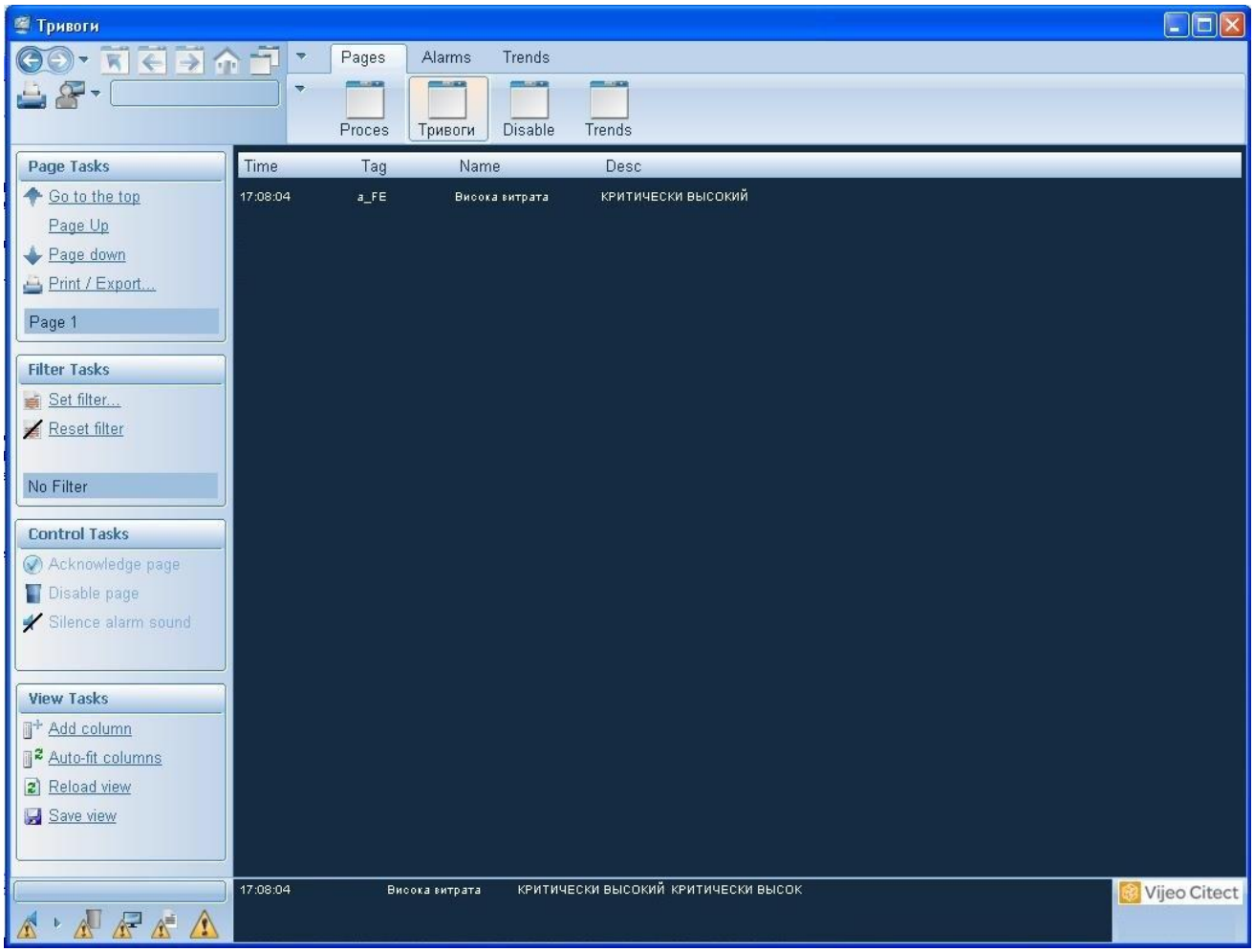


Рис.6.7. Вікно алармів

На сторінці Trend ми можемо спостерігати за графіком змінної та налаштовувати її: Можна подивитись архівні записи які зберігаються в пам’яті.

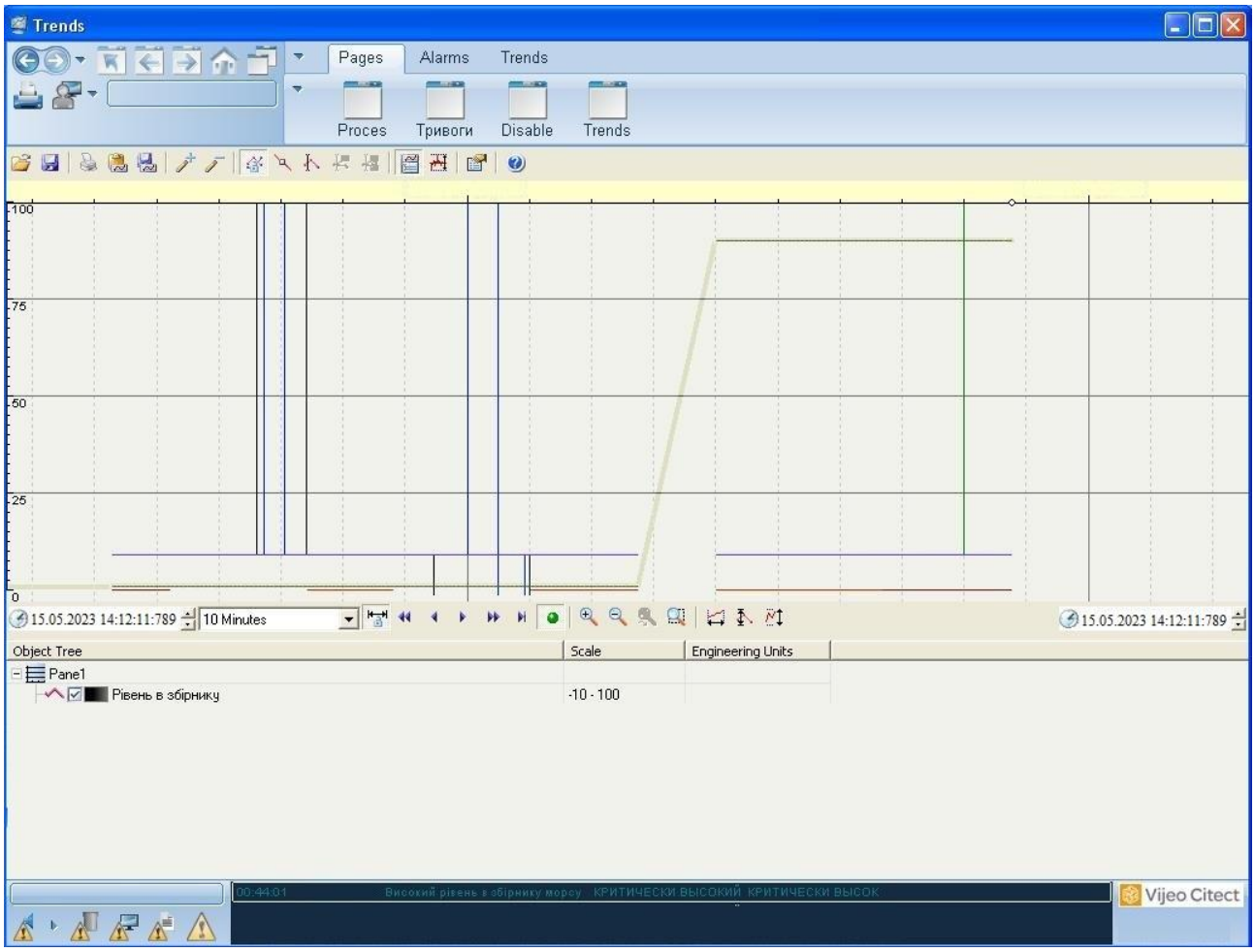


Рис.6.8. Вікно трендів

Розділ 7. Математичне моделювання систем автоматичного регулювання

1) Записуємо систему диференціальних рівнянь процесу регулювання температури в змішувачі:

$$\begin{cases} 30\dfrac{d\Delta x_1(t)}{dt} + \Delta x_1(t) = 0{,}6 * \Delta u_1(t) + 0{,}8 * \Delta z_1(t) \\ 40\dfrac{d\Delta x_2(t)}{dt} + \Delta x_2(t) = 0{,}8 * \Delta x_1(t) + 0{,}4 * K_{3-2}\Delta x_3(t) \\ 50\dfrac{d\Delta x_3(t)}{dt} + \Delta x_3(t) = 0{,}5\Delta U_3(t) + 0.8 * \Delta x_2(t), \end{cases}$$

2) Записуємо систему рівнянь в операторному вигляді:

$(30p+1)*\Delta X_1(p)=0{,}6*\Delta U_1(p)+0{,}8*Z_1(p);$

$(40p+1)*\Delta X_2(p)=0{,}4*X_3(p)+0{,}8*\Delta X_1(p);$

$(50p+1)*\Delta X_3(p)=0{,}5*U_3(p)+0.8*\Delta X_2(p);$

3) Визначаємо передаточні ф-ї

Визначимо передаточні функції для різних ємностей:

$$W_{1U}(p)=\frac{\Delta X_1(p)}{\Delta U_1(p)}=\frac{0{,}6}{30p+1};\ W_{1Z}(p)=\frac{\Delta X_1(p)}{\Delta Z_1(p)}=\frac{0{,}8}{30p+1};$$

$$W_{12}(p)=\frac{\Delta X_2(p)}{\Delta X_1(p)}=\frac{0{,}8}{40p+1};W_{32}(p)=\frac{\Delta X_2(p)}{\Delta X3(p)}=\frac{0{,}4}{40p+1};$$

$$W_{23}(p)=\frac{\Delta X_3(p)}{\Delta X_2(p)}=\frac{0{,}8}{50p+1},W_{3U}(p)=\frac{\Delta X_3(p)}{\Delta Z_3(p)}=\frac{0{,}5}{50p+1},$$

4) Складаємо структурну схему об’єкта

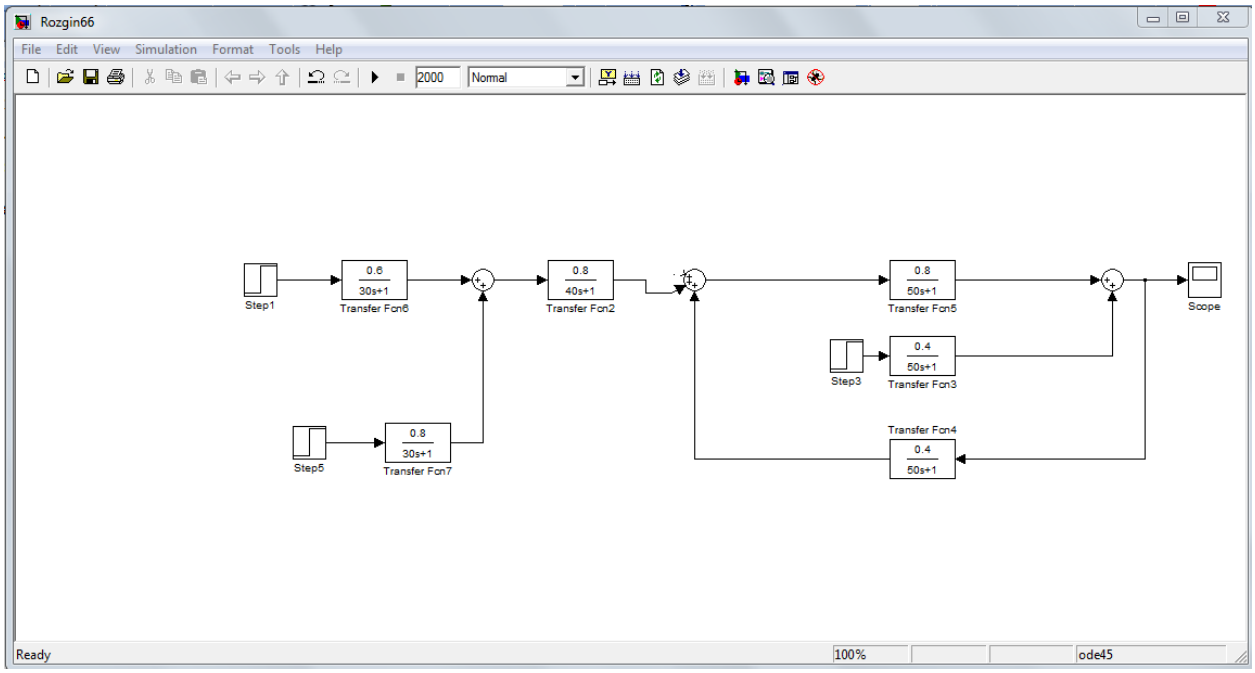


Рис. 7.1. Структурна схема в Матлабі

5) За виглядом структурної схеми визначаємо еквівалентні передаточні функції.

-за каналом управління U1:

$$W_{U1}^{екв}(p)=W_{1u}(p)\cdot W_{12}(p)\cdot\frac{W_{23}(p)}{1-W_{32}(p)\cdot W_{23}(p)};$$

$$W_{u1}^{екв}(p)=\frac{0,6}{30p+1}\cdot\frac{0,8}{40p+1}\cdot\frac{\frac{0,8}{50p+1}}{1-\frac{0,8}{50p+1}\cdot\frac{0,4}{40p+1}}=\frac{0,48}{(30p+1)\cdot(40p+1)}\cdot\frac{\frac{0,8}{50p+1}}{\frac{(40p+1)\cdot(50p+1)-0.32}{(40p+1)\cdot(50p+1)}}=$$

$$=\frac{0,384}{(30p+1)\cdot(2000p^2+90p+0,68)}=\frac{0,384}{60000p^3+4700p^2+110,4p+0,68};$$

-за каналом збурення Z1:

$$W_{Z1}^{екв}(p)=W_{1Z}(p)\cdot W_{23}(p)\cdot\frac{W_{12}(p)}{1-W_{12}(p)\cdot W_{21}(p)};$$

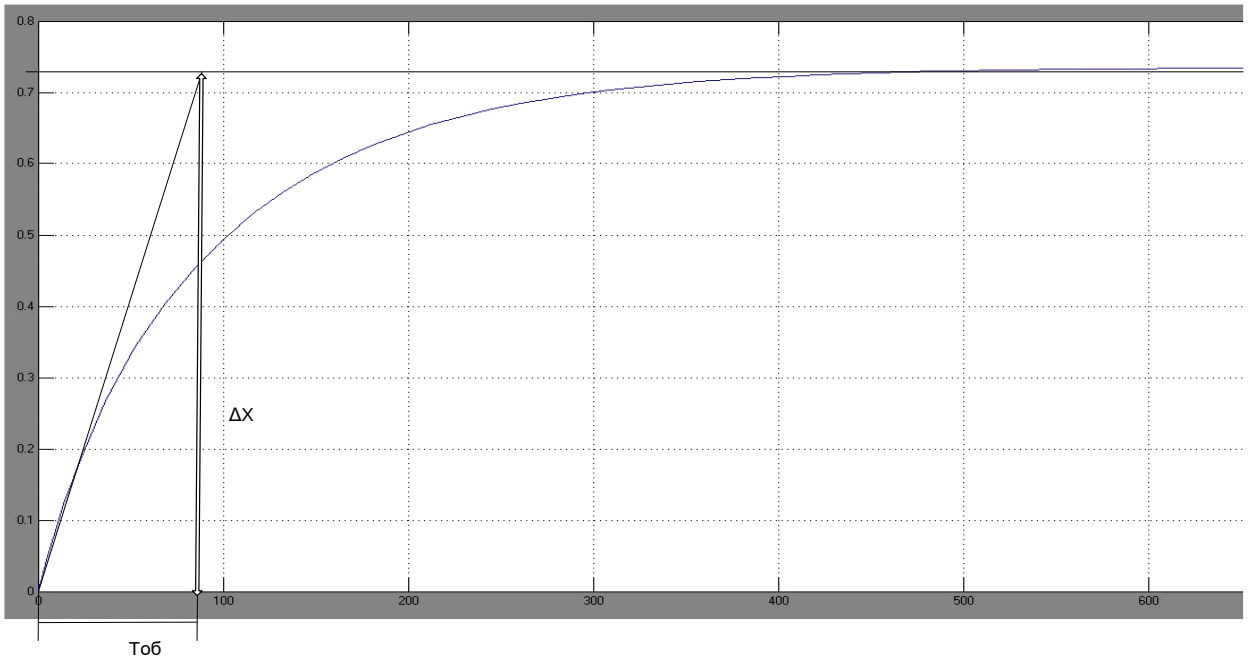
$$W_{Z1}^{екв}(p)=\frac{0,8}{30p+1}\cdot\frac{0,8}{40p+1}\cdot\frac{\frac{0,8}{50p+1}}{1-\frac{0,8}{50p+1}\cdot\frac{0,4}{40p+1}}=\frac{0,64}{(30p+1)\cdot(40p+1)}\cdot\frac{\frac{0,8}{50p+1}}{\frac{(40p+1)\cdot(50p+1)-0.32}{(40p+1)\cdot(50p+1)}}=$$

$$=\frac{0,512}{(30p+1)\cdot(2000p^2+90p+0,68)}=\frac{0,512}{60000p^3+4700p^2+110,4p+0,68};$$

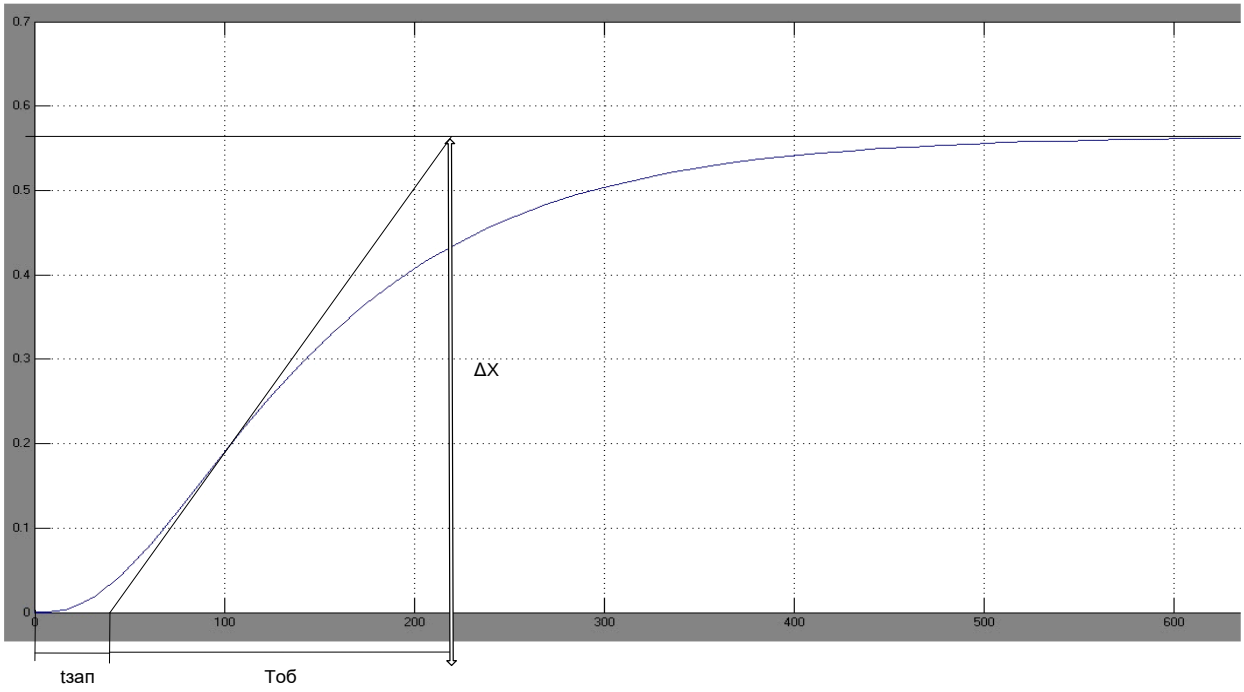
-за каналом управління U2:

$$W_{U3}^{екв}(p) = \frac{W_{3U}(p)}{W_{23}(p)} \cdot \frac{W_{23}(p)}{1 - W_{23}(p) \cdot W_{32}(p)} \cdot W_{23}(p);$$

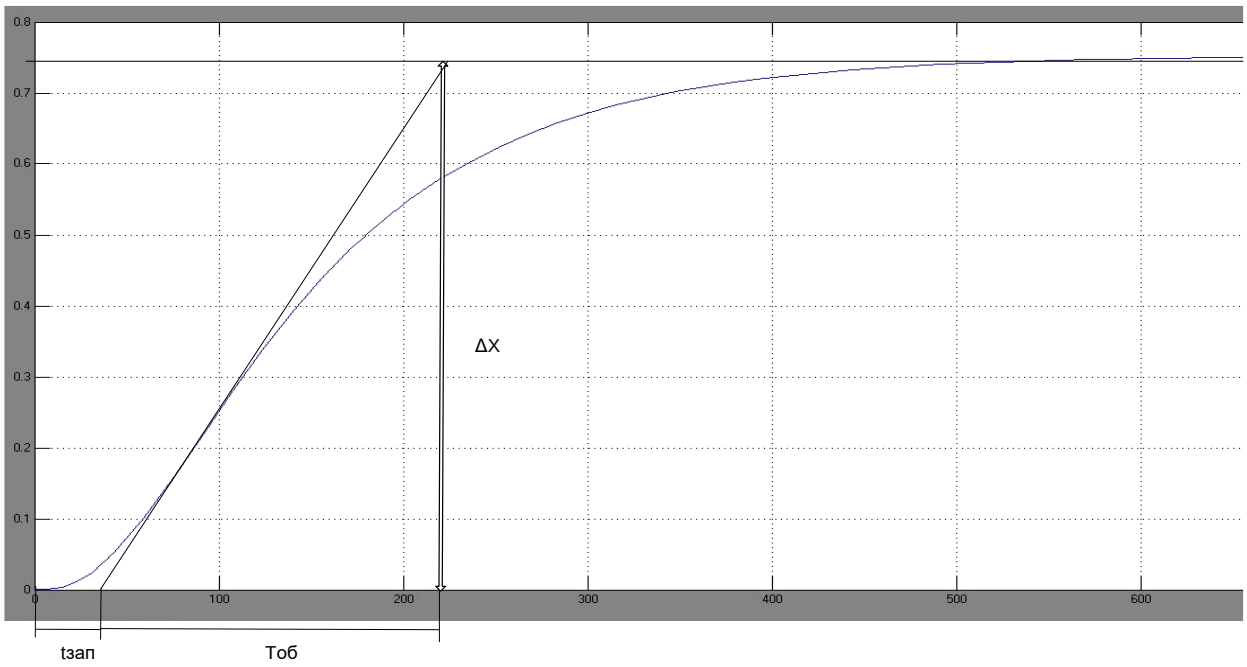
$$W_{U3}^{екв}(p) = \frac{0,4}{50p+1} \cdot \frac{1}{\frac{(40p+1)\cdot(50p+1) - 0.32}{(40p+1)\cdot(50p+1)}} = \frac{0,4(40p+1)}{2000p^2 + 90p + 0,68}$$



Крива розгону за каналом управління U3. Коб=0,72 (С).Тоб=0 (с).tзап=0 (с).



Крива розгону за каналом управління U1. Коб=0,56 (С). Тоб=170 (с).tзап=46 (с).



РКрива розгону за каналом збурення Z1. Коб==0,74 (С).Тоб=178 (с).tзап=38 (с).

Рис. 7.2 – 7.4. – Визначення частотних характеристик об’єкта за каналом U1.

$$W_{u1}^{екв}(p)=\frac{0,6}{30p+1}\cdot\frac{0,8}{40p+1}\cdot\frac{\frac{0,8}{50p+1}}{1-\frac{0,8}{50p+1}\cdot\frac{0,4}{40p+1}}=\frac{0,48}{(30p+1)\cdot(40p+1)}\cdot\frac{\frac{0,8}{50p+1}}{\frac{(40p+1)\cdot(50p+1)-0.32}{(40p+1)\cdot(50p+1)}}=$$

$$=\frac{0,384}{(30p+1)\cdot(2000p^2+90p+0,68)}=\frac{0,384}{60000p^3+4700p^2+110,4p+0,68};$$

ФЧХ за каналом управління U1

b=[0.384]	задаєм поліном чисельника передаточної функції
n=0:0.01:3;	Задаємо проміжок
a=[6000 4700 110.4 0.68]	задаєм поліном знаменника передаточної функції
[h,w]=freqs(b,a,n);	примусово задаємо діапазон частот від 0 до 2 з кроком 0,01
phi=angle(h);	ФЧХ
phi = unwrap(phi);	усуваємо розривів
plot(w, phi*180/pi)	відображаємо в градусах
grid on	відобразити лінії
title('ФЧХ по каналу U1')	введемо заголовок
xlabel('w'), ylabel('F(w)')	підпишемо осі

АФХ за каналом управління U1

w=0:0.0001:10;	задаємо діапазон частот від 0 до 10 з кроком 0,01
W=0.384./(60000.*(w.*j).^3+4700.*(w.*j).^2 + 110.4.*w.*j +0.68);	АФХ об'єкта, зробивши заміну p → w.*j (j – комплексна змінна;
plot(real(W),imagW))	будуємо графік АФХ в лінійному масштабі
grid on	Відображаємо лінії
title('АФХ по каналу U1')	введемо заголовок
xlabel('w'), ylabel('A')	підпишемо осі
gtext('Wpac(jw)')	Назва графіку

АЧХ за каналом управління U1

w=0:0.001:0.2;	задаємо діапазон частот від 0 до 0.5 з кроком 0,001
W=0.384./(60000.*(w.*j).^3+4700.*(w.*j).^2 + 110.4.*w.*j +0.68);	АФХ об'єкта, зробивши заміну p → w.*j (j – комплексна змінна)

A=imag(W);	виділимо уявну частину
B=real(W);	виділимо дійсну частину
AX=sqrt(A.^2+B.^2);	визначимо АЧХ
plot(w,AX)	побудуємо графік АЧХ
title('АЧХ по каналу U1')	введемо заголовок
xlabel('w'), ylabel('A(w)')	підпишемо осі
gtext('Wpac(jw)')	

ЛЧХ за каналом управління U1

w=0:0.001:10;	задаємо діапазон частот від 0 до 0,5 з кроком 0,001
W = tf([0.384],[60000 7400 110.4 0.68])	записуємо передаточну функцію об’єкта
bode(W,w)	побудуємо ЛЧХ об’єкта в заданому діапазоні частот

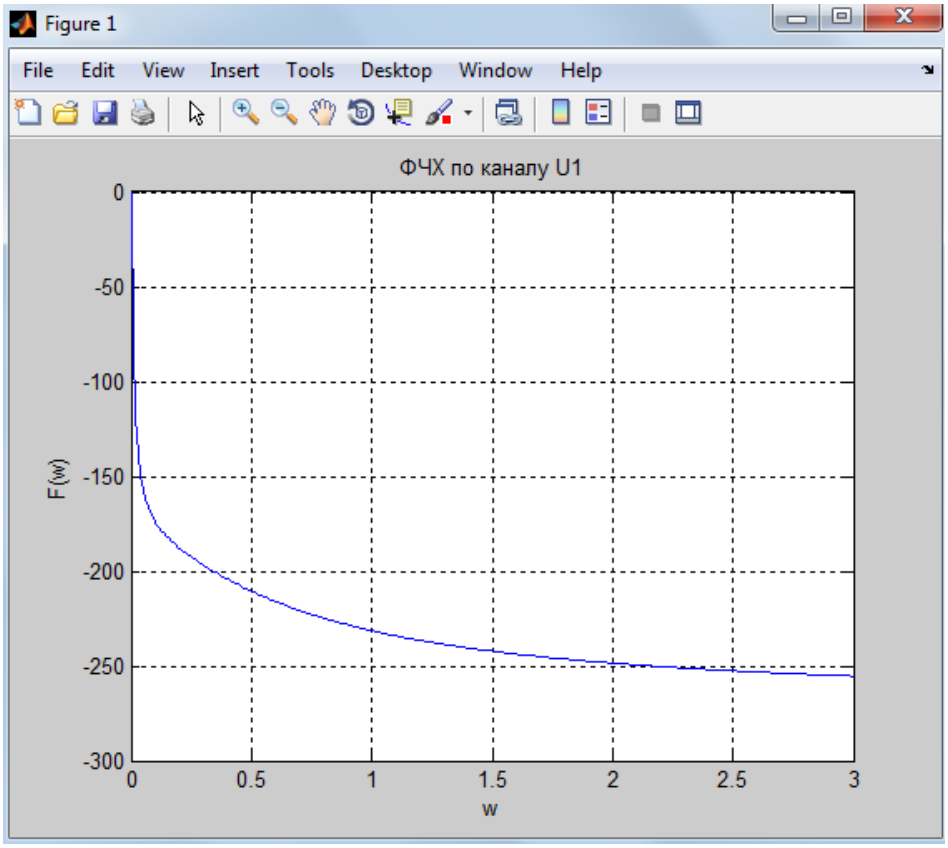


Рис. 7.5. – ФЧХ за каналом управління U1

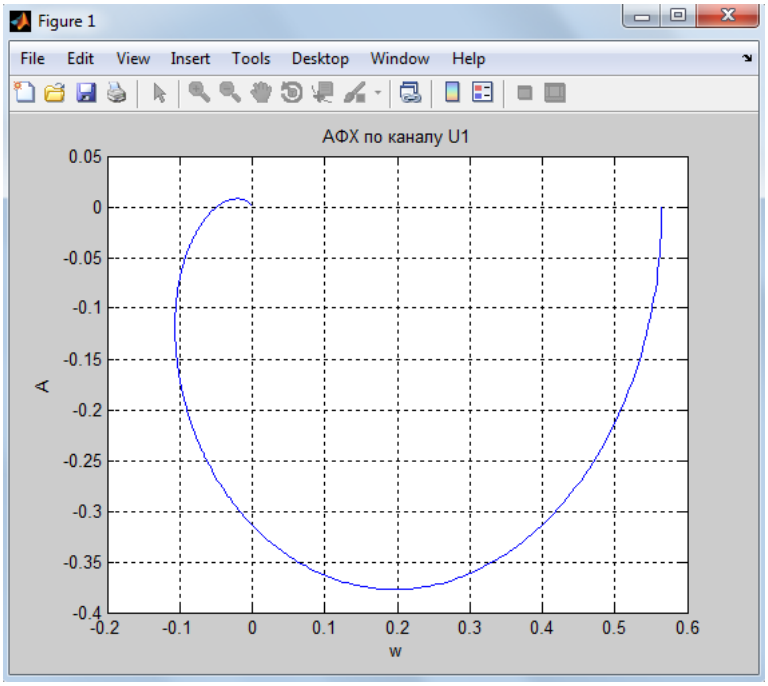


Рис. 7.6. – АФХ за каналом управління U1

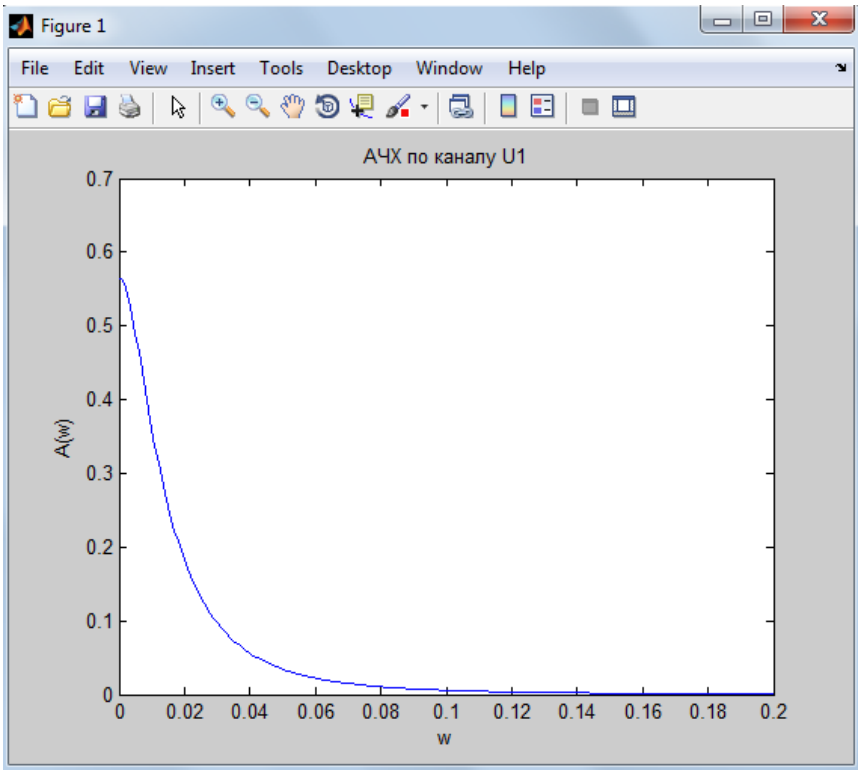


Рис. 7.7. – АЧХ за каналом управління U1

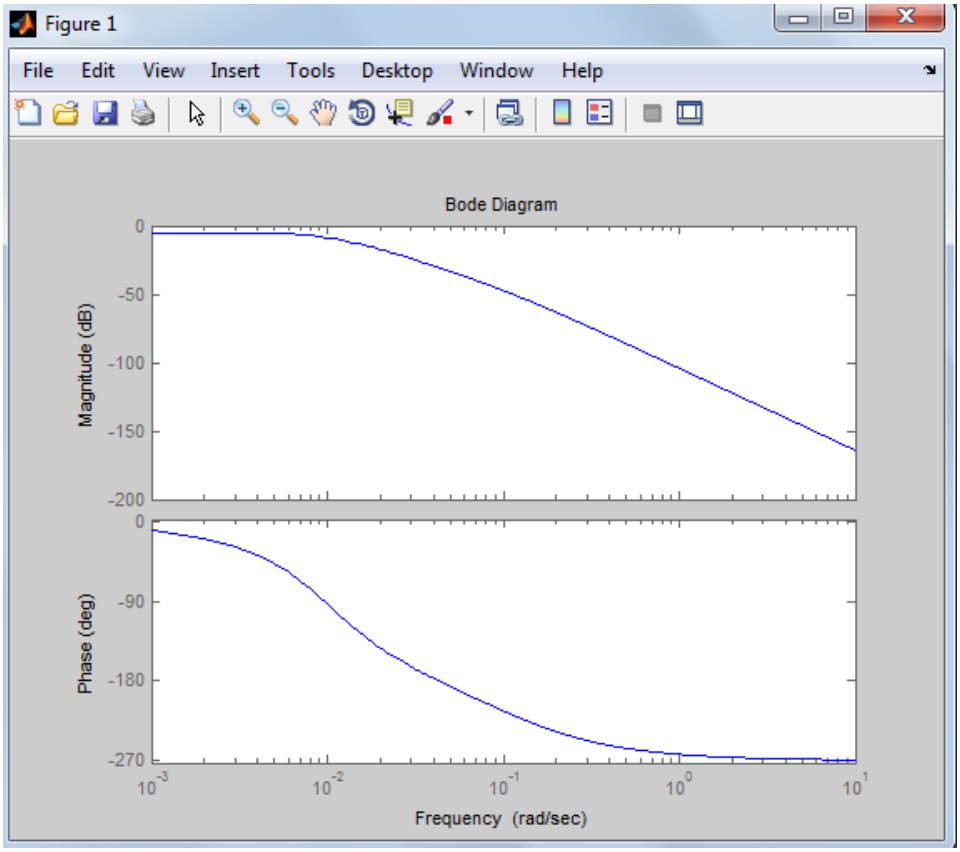


Рис. 7.8. – ЛЧХ за каналом управління U1

Визначення стійкості системи

У відповідності до критерія Гурвиця потрібно скласти визначник Гурвиця за характеристичним рівнянням замкненої системи $W_{зам}(p)$ за каналом управління із розрахованим у прикладі 3.1 коефіцієнтом передачі

$K_{p\min}$:

$$W_{зам}(p)=\frac{W_p(p)W_{U1}(p)}{1+W_p(p)W_{U1}(p)}=\frac{\frac{Kp*1,66}{1066,6p^3+373,3p^2+37,3p+1}}{1+\frac{Kp*1,66}{1066,6p^3+373,3p^2+37,3p+1}}$$

$$=\frac{Kp}{1066,6p^3+373,3p^2+37,3p+Kp+1}$$

Складаємо визначник Гурвиця:

$$\Delta_3=\begin{vmatrix}a_2 & a_0 & 0\\ a_3 & a_1 & 0\\ 0 & a_2 & a_0\end{vmatrix}.=\begin{vmatrix}373,3 & Kp+1 & 0\\ 1066,6 & 37,3 & 0\\ 0 & 373,3 & 19,04\end{vmatrix}$$

Звідси діагональний мінор 2 прирівнюємо до 0:

;

$$\Delta_2=373,3*37,3-(Kp+1)*1066,6=13924,09-20699,15=-6775,06<0;$$

Кр=12,05.

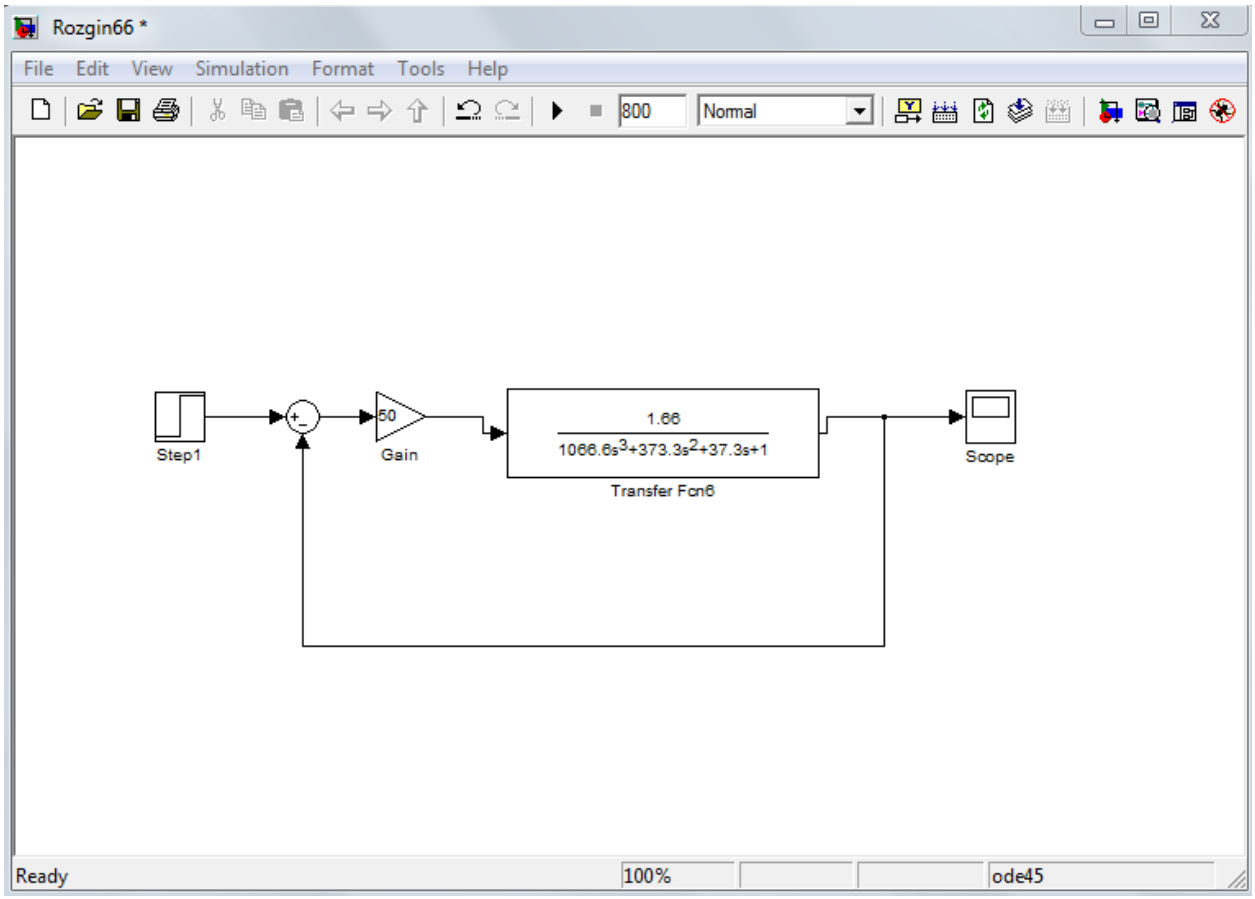


Рис. 7.9. – Стрктурна схема замкненої системи

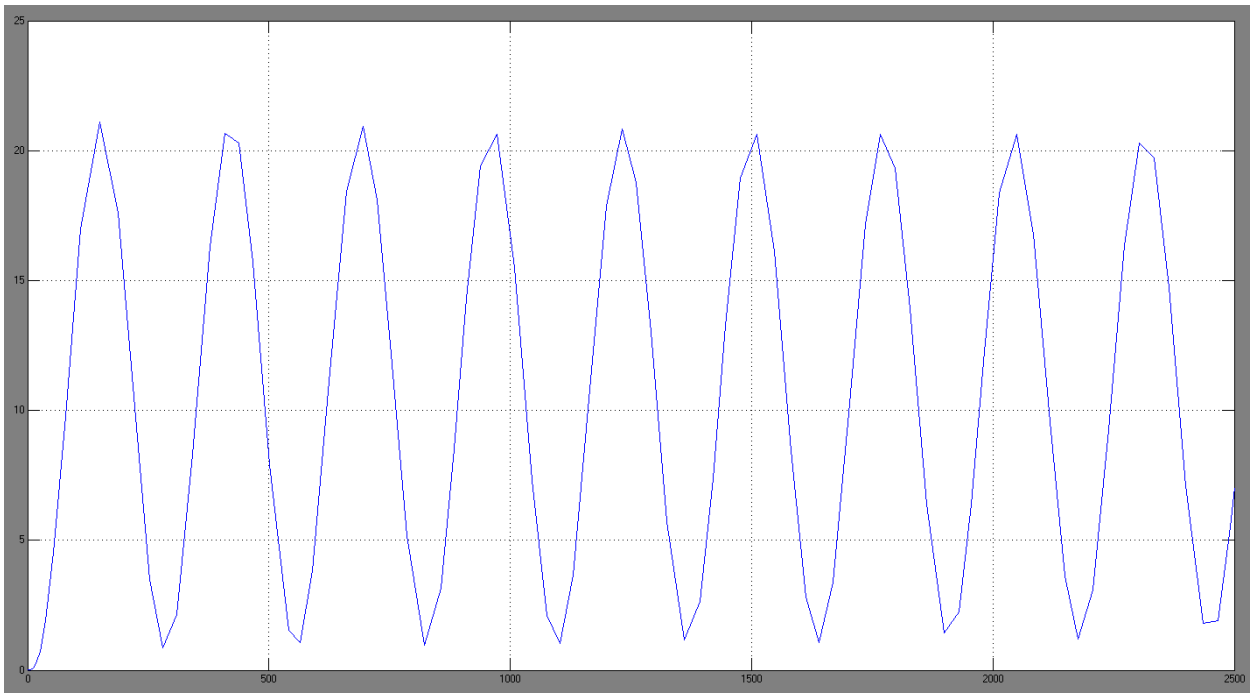


Рис. 7.10. – Перехідний процес АСР з П-регулятором на межі стійкості (Кп(крит.)=12,05)

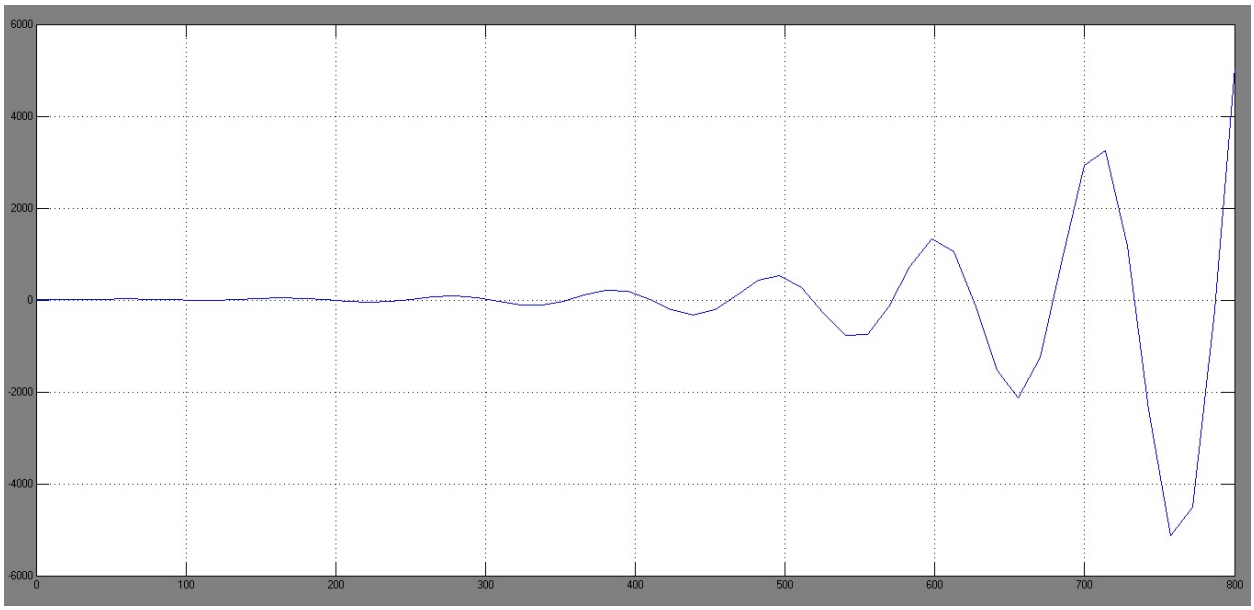


Рис. 7.11. – Перехідний процес АСР з П-регулятором на межі стійкості (Кп(крит.)=12,05)

Z=10. U=0.

Частотний критерій стійкості Михайлова

В середовищі Mathlab:

w=0:0.001:0.3

W1=tf([1066.6 373.3 37.3 13.05],[0 1])

nyquist(W1,w)

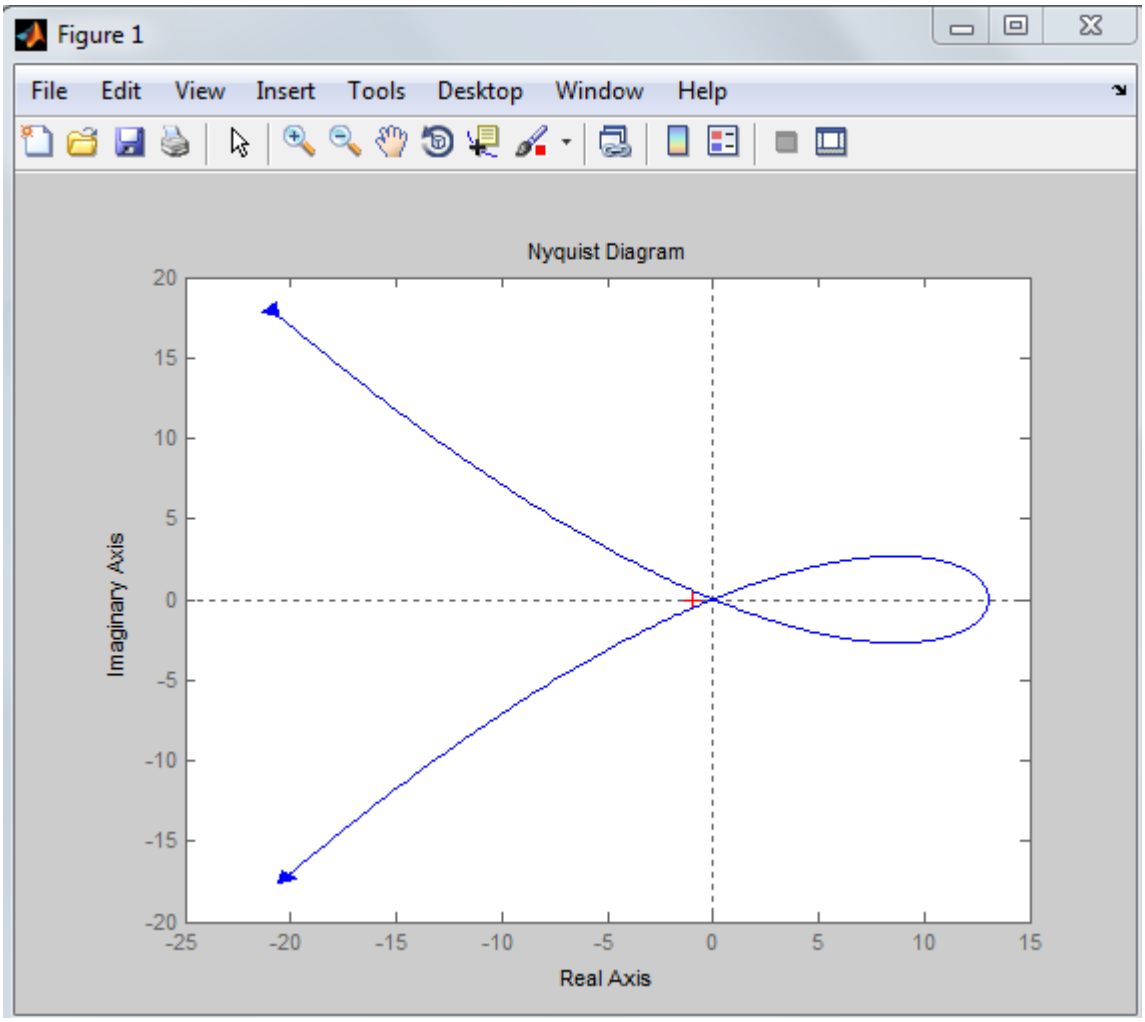


Рис. 7.12 – Годограф Михайлова.

Система на межі стійкості, оскільки годограф проходить через початок координат.

Частотний критерій стійкості Найквіста

$$W_{u1}^{екв}(p)=\frac{0,6}{30p+1}\cdot\frac{0,8}{40p+1}\cdot\frac{\frac{0,8}{50p+1}}{1-\frac{0,8}{50p+1}\cdot\frac{0,4}{40p+1}}=\frac{0,48}{(30p+1)\cdot(40p+1)}\cdot\frac{\frac{0,8}{50p+1}}{\frac{(40p+1)\cdot(50p+1)-0.32}{(40p+1)\cdot(50p+1)}}=$$

$$=\frac{0,384}{(30p+1)\cdot(2000p^2+90p+0,68)}=\frac{0,384}{60000p^3+4700p^2+110,4p+0,68};$$

```
w=0:0.001:0.5;
W = 0.384./(60000.*(w.*j).^3+4700.*(w.*j).^2 + 110.4.*w.*j +0.68)
A=imag(W);
B=real(W);
```

```
plot(B,A)
grid on
title('Nyquist')
xlabel('Re'), ylabel('Im')
```

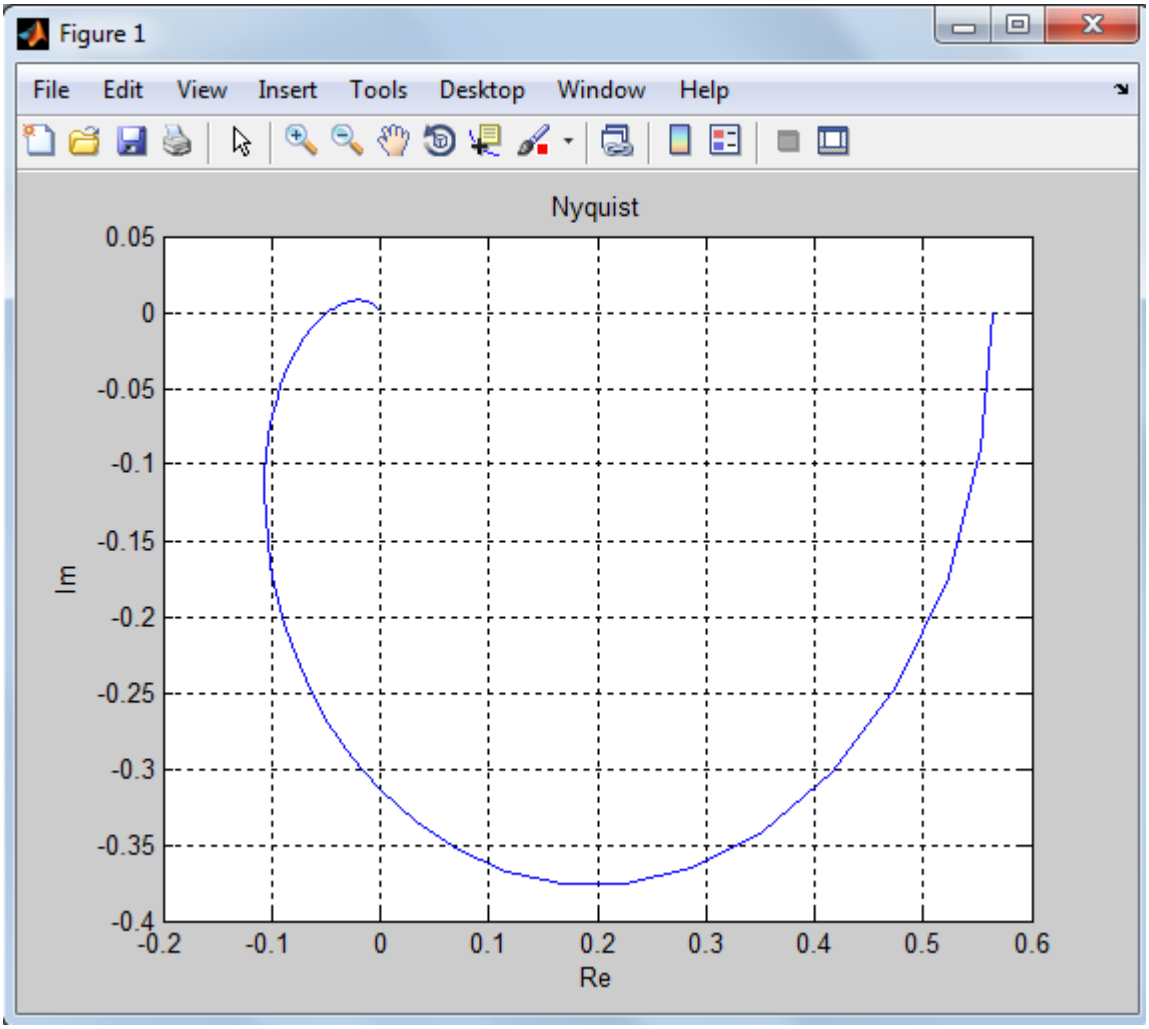


Рис. 7.13. – Годограф Найквіста.

Система є стійкою, оскільки годограф не огинає точку з координатами (-1; j0).

Висновки

Темою проекту є автоматизація процесу сквашування молока. Проект складається з двох частин: пояснювальної записки та графічної частини. Графічна частина виконана за допомого програми КОМПАС-3D

Робота складається з двох частин пояснювальної записки та графічної частини. У пояснювальній записці описано технологічний процес та будову основних апаратів, що використовуються у даному процесі. Після чого обґрунтувано вибір параметрів, які необхідно регулювати для нормального ведення технологічного процесу, та канали внесення регулюючих дій. Наступним пунктом обґрунтували засоби автоматизації, які доцільно використовувати у даному технологічному процесі. Перевагу надали мікропроцесорній техніці, що допомогло підвищити основні техніко-економічні показники та підвищити якість регулювання та якість кінцевого продукту – молока. Описали електричні схеми сигналізації та керування, які використовуються у процесі.

Графічну частину виконувалось за допомогою програми КОМПАС. Виконана функціональна схема автоматизації, на якій умовно зображено технологічне обладнання, комунікації, органи управління, прилади та засоби автоматизації, а також зв'язки між ними.

На принциповій електричній схемі, зображено схеми підключення двигунів та їх управління, схеми сигналізації та підведено живлення до використаних приладів.

У розробленій системі автоматизації використано мікропроцесорні засоби, які відрізняються високою швидкодією та надійністю. Тому це дозволило покращити основні технологічні показники, покращить умови праці, також сприяє безаварійній роботі устаткування, виключає випадки травматизму, попереджає забруднення атмосферного повітря і водойм промисловими відходами. Після впровадження автоматизації вдалося досягти поставленої задачі – підвищити ефективність та якість виробництва.

Список використаної літератури

1. «Технологические измерения и приборы в пищевой промишлености».- 2-е издание – М.:Агропроиздат, 1985. – 344 с.
2. . Широкова Л.А «Автоматизація производственных процес сов и АСУ ТП в пищевой промышленности» / Л.А. Широкова – М.:Агропромиздат, 1986. – 542с.
3. Клюев А.С Проектирование систем автоматизации технологических процес сов: Справочное пособие» /А.С Клюев, - М.:Энергоатомиздат, 1990. - 464 с.
4. . Жидецкий В.Ц. «Основи охорони праці»/ В.Ц. Жидецкий, В.С. Джигерей, О.В. Мельников - Львів: Авіша, 1999. – 348с.
5. Основи охорони праці: Метод. рекомендації до вивч. дисципліни, викон. контрол. роботи та розділу диплом. проекту для студентів освітньо-кваліфік. рівня «бакалавр» усіх напрямів підготовки енергетик. ф-ту та ф-ту автоматиз. і комп'ютер. систем ден. та заоч. форм навч. / Уклад.: А.М. Литвиненко, В.М. Фалес, О.В. Хіврич., А.О. Сірик – К.:НУХТ, 2013-39с.
6. Ельперін І.В. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. напр. 6.50202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3/ О.М Пупена., І.В Ельперін.. – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.
7. Vijeo Look. Версия 2.6. Руководство пользователя (пер. с анг.). Copyright © 2006 Schneider Automation.
8. Программное обеспечение систем автоматизации производства на базе Windows..Citect. Версия б. Руководство пользователя (пер. с анг.). Ci Technologies Pty. Limited. Australia, 2005.
9. Назаров Н.И Общая технология пищевых производств. – Н. И Назаров, М.: Легкая и пищевая промішленность. 1981. - 360 с.
10. Стабников В.Н Общая технология пищевых продуктов/ В.Н Стабников., Н.В Остапчук. К.: Вища школа 1980 р. – 340с.