



# 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 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

І.В.Ельперін

« 27 » квітня 2020 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Сірченку Вадиму Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи автоматизації станції дефекації цукрового заводу на базі ПЛК VIPA

керівник роботи Міркевич Роман Миколайович, к.т.н, ст.викл.

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «27» квітня 2020 р. № 270-кс

2. Строк подання здобувачем роботи « 11 » червня 2020 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. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне 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 27 квітня 2020 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Видача та затвердження завдання	Перед переддипломною практикою	
2	Розділ 1	Захист переддипломної практики	
3	Розділ 2	1 тиждень	
4	Розділ 3	2 тиждень	
5	Розділ 4 та 5	3 тиждень	
6	Розділ 6 та 7	4 тиждень	
7	Підготовка матеріалів до захисту	5 тиждень	
8	Захист кваліфікаційної роботи	6 тиждень	

Здобувач Сірченко В.С.

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник роботи Міркевич Р.М.

\_\_\_\_\_ (підпис)

## *Анотація*

Кваліфікаційна робота на тему: « Розробка системи автоматизації станції дефекації цукрового заводу на базі ПЛК Віра». Робота містить графічний матеріал та текстовий.

Текстова частина кваліфікаційної роботи зроблена згідно вимог та плану розробки. Графічна складається:

1. Схема автоматизації – 1 шт.
2. Схема підключення датчиків, виконавчих механізмів та регулюючих органів – 1 шт.
3. Креслення встановлення вимірювального засобу – 1 шт.

Відповідно до завдання сконфігуровано ПЛК (CPU115), замовна специфікація наведена в записці. Реалізація алгоритму роботи станції дефекації виконана в програмному засобі Step7. ЛМІ організовано в Zenon.

Комп'ютерне моделювання здійснено в Matlab останньої версії. Створена структурна схема автоматичної системи регулювання по кислотності. Методом Циглера-Ніколса знайдені оптимальні настройки регуляторів, отримали перехідні процеси з П-, ПІ-, та ПІД-регуляторами, провели порівняльний аналіз. З графіків видно, що найкраще справився із задачею ПІ та ПІД регулятори, тому що вони мають підходящу ступінь затухання, хоча ПІД-регулятор має велику динамічну похибку.

**Ключові слова:** дефекація, цукровий завод, система автоматизації, програмований логічний контролер, комп'ютерне моделювання, людино-машинний зв'язок.

## *Annotation*

Qualification work on the topic: "Development of the automation system of the defecation station of the sugar factory on the basis of PLC Vipa". The work contains graphic material and text.

The text part of the qualification work is made according to the requirements and development plan. The graphic consists of:

1. Automation scheme - 1.
2. Connection diagram of sensors, actuators and regulators - 1.
3. Drawing of installation of measuring instrument - 1.

The PLC (CPU115) is configured according to the task, the order specification is given in the note. The implementation of the algorithm of the defecation station is performed in the software Step7. LMI is organized in Zenon.

Computer simulation is performed in the latest version of Matlab. The structural scheme of automatic system of regulation on acidity is created. The Ziegler-Nichols method found the optimal settings of the regulators, obtained transients with P-, PI-, and PID-regulators, conducted a comparative analysis. The graphs show that the PI and PID controllers have coped best with the task, because they have a suitable degree of attenuation, although the PID controller has a large dynamic error.

**Keywords:** defecation, sugar factory, automation system, programmable logic controller, computer simulation, human-machine communication.

## Зміст

<b>Вступ</b> .....	7
<b>1. Опис об'єкта автоматизації</b> .....	9
<b>1.1. Аналіз технологічної ділянки як об'єкта автоматизації</b> .....	9
<b>1.2. Завдання на розробку системи автоматизації</b> .....	15
<b>2. Система автоматизації</b> .....	17
<b>2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, ВМ та РО</b> .....	17
<b>2.2. Схема автоматизації</b> .....	28
<b>2.3. Специфікація приладів та засобів автоматизації</b> .....	30
<b>3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК</b> .....	32
<b>3.1. Проектне компонування мікропроцесорних контролерів</b> .....	32
<b>3.2. Загальна схема підключення</b> .....	33
<b>3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів</b> .....	37
<b>4. Креслення встановлення технічного засобу</b> .....	40
<b>5. Опис програмного забезпечення для ПЛК</b> .....	43
<b>6. Розробка ЛМІ оператора-технолога</b> .....	48
<b>6.1. Переліки даних SCADA/НМІ</b> .....	48
<b>6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора</b> .....	49
<b>7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання</b> .....	52
<b>Висновок</b> .....	59
<b>Список використаних джерел</b> .....	60

					Кваліфікаційна робота	Стор.
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата		





# 1. Опис об'єкта автоматизації

## 1.1. Аналіз технологічної дільниці як об'єкта автоматизації

Очищення дифузійного соку від несахарів - одна з найважливіших стадій технологічної схеми отримання цукру. Результат роботи даного етапу впливає на решту показників роботи заводу, на кінцеві показники якості готової продукції, на відсоток перевитрат енергоресурсів. ГК «Техінсервіс» розробила технологічну схему і комплект устаткування, що відповідає основним вимогам типової схеми очищення дифузійного соку та сучасним тенденціям західноєвропейських сахаропроїзводящих країн.

Технологічне обоаднання defeкоcатурації розташоване за територією керуючого корпусу заводу, що дозволяє мінімізувати виробничі площі, скорочує витрати на монтаж технологічних трубопроводів, дозволяє нарощувати виробничу потужність заводу без будівництва додаткових приміщень. Апарати гарячої defeкації, I і II сатурації, defeкації перед II сатурацією і дозреватель соку II сатурації змонтовані єдиним комплексом зі збірниками (рис. 1). Дозування вапняного молока по споживачах - предdefeкацією, холодна (тепла) defeкації, гаряча основна defeкація і defeкація перед II сатурацією проводиться з замкнутого автоматичного контуру подачі вапняного молока з вапняного відділення зі скиданням невикористаного молока назад в вапняне відділення.

Використання новітніх засобів автоматизації, наочність і простота управління технологічним процесом очищення дозволяє легко міняти технологічний режим на кожній стадії очистки соку в залежності від якості сировини, що надходить на завод, дозволяє отримати очищений сік II сатурації високої чистоти, з низькими кольоровістю і вмістом солей кальцію при зниженні витрати вапна на очистку на 0,25-0,3% CaO в порівнянні з типовою схемою.

### Кваліфікаційна робота

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Сірченко В.С.			Розробка системи автоматизації станції defeкації цукрового заводу на базі ПЛК Vira 100	Лім.	Арк.	Аркушів
Керівник		Міркевич Р.М.						
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.						
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						
						ЗАК-2-2ск		

Схема забезпечує високу швидкість протікання хімічних процесів на попереднього і основного дефекації, освіта карбонату кальцію на I і II сатурації з високою питомою поверхнею сорбції та адсорбційну здатність. Згущена суспензія соку II сатурації, що отримується після основної і контрольної фільтрації, повертається до збірки дифузійного соку або подається безпосередньо в трубопровід дифузійного соку після мезголовушок перед збіркою. Далі сік підігрівається до температури 40-50 ° C або 50-55 ° C (55-60 ° C) і направляється на попередню дефекацію.

Процес преддефекації проводиться в прогресивному переддефекаторі системи Брігель-Мюллера з поверненням в зони мінімальної в'язкості і електропровідності на преддефекації згущення суспензії або нефільтрованого соку I сатурації (опція), і подщелачиванієм соку в останній камері вапняним молоком до рН 11,0-11,2. При відсутності приладів для автоматичного вимірювання в'язкості або електропровідності згущена суспензія з фільтрів-згущувачів соку I сатурації подається в другу-третю камери переддефекатора. Клапани для подачі згущення суспензії будуть відкриватися в міру забезпечення плавного наростання рН і лужності від камери до камери. Якщо в першій камері переддефекатора величина рН не досягає 8,5, то слід додати кількість введеної грязьовий суспензії соку I сатурації в другу або третю камери.

Кількість суспензії соку I сатурації додається в автоматичному режимі пропорційно кількості дифузійного соку, відкачуваного з дифузії. Загальний вміст твердої фази в соку, що відбирає з переддефекатора, і визначається титруванням соку за змішаним індикатором, має перебувати в межах 0,8-1,0% СаО. Додавання вапняного молока виробляється пропорційно масі дифузійного соку, відкачуваного з дифузійної установки, з корекцією по рН, визначеному лабораторією заводу в залежності від якісних параметрів буряка. Продувки переддефекатора проводяться автоматично за заданим інтервалом часу і направляються в апарат основний холодної (теплою) дефекації.

З огляду на високу розчинність Са (ОН) 2 при температурі 40-55 ° C, основну масу вапняного молока в залежності від якості буряка передбачено

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

подавати на холодний (теплий) дефекатор, що забезпечує високу швидкість хімічних процесів і повноту розкладання редукуючих речовин, отримання термостійкого соку і нізкоокрашених продуктів, а також високу швидкість хімічних процесів на I сатурації, освіта карбонату кальцію з великою питомою поверхнею сорбції та високу адсорбційну здатність.

Тривалість основної дефекації встановлюється в залежності від вмісту редукуючих речовин в дифузійному соку, температури проведення процесу і рівня соку в апараті. Час перебування соку в апараті можна регулювати регулятором рівня в межах 20-40 хв.

Оскільки обсяг апарату холодної (теплою) дефекації досить великий, він буде використовуватися для стабілізації потоку соку за рахунок можливих відхилень ритмічності переробки сировини. При значному перевищенні встановленого рівня в дефекатор надходить сигнал оператору дифузії про коригування годинний переробки буряка.

Далі з холодного дефекатора сік насосом направляється на підігрівник, гріється до температури 85-90 °С, потім проходить статичну мішалку, де змішується з заданою к-тю вапнякового молока, і надходить в гарячий дефекатор, куди вапняне молоко може подаватися в разі дуже високого вмісту амідів.

Апарат основний гарячої дефекації, розроблений ГК «Техінсервіс», працює без пристроями. Апарат складається із зовнішнього і внутрішнього циліндра. Зовнішній циліндр має нижню конічне днище, а внутрішній циліндр має верхню конічну частину для виходу соку з апарату. Сік після змішувача подається в дефекатор тангенціально в трьох точках у зовнішній циліндр. Завдяки такому підводу надходить сік утворює спіраль навколо внутрішнього циліндра, рух якої під дією сили тяжіння направлено вниз.

Починаючи від конусного днища сік змінює свій напрямок і піднімається вгору по внутрішньому циліндру, де швидкість висхідного потоку значно вище швидкості седиментації зважених часток. Важкі частки (пісок, перепав) осідають в конусі, звідки відводяться через продувну комунікацію в збірник нефільтрованого

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

соку I сатурації. Вихід соку здійснюється через конічну верхню частину внутрішнього циліндра або двох виходів, розташованих на різних висотах. Залежно від точки виходу соку тривалість перебування соку в дефекатор може змінюватися в межах від 6 до 20 хв. I і II сатурація здійснюється в апаратах, оснащених ерліфтом (циркуляційним стаканом), який забезпечує багаторазову внутрішню циркуляцію соку. Введення сатураційного газу і його розподіл здійснюється від колектора по трьом паралельно розташованим трубопроводах через шліци, які рівномірно розподілені по поперечному перерізі напрямної труби.

Щоб шліци для виходу газу не загоряли, вони очищаються спеціальним обертовим очисним пристроєм. Кожна розподільна труба оснащена очисним пристроєм, який приводиться в рух від електродвигуна.

Дефекований сік надходить тангенціально в циркуляційний стакан і змішується з піднімається сумішшю газу з соком. За рахунок Самоустановлювальні різниці по щільності соко-газової суміші в направляючої трубі і соком в зовнішньому кільці забезпечується 20-ти кратне перемішування соку в казані I сатурації. Кратність циркуляції соку в казані II сатурації близько 300%, і в залежності від витрат вапна на дефекацію перед II сатурацією, підвищується від 300 до 1000%.

Рівень соку в казані I сатурації становить 5-6 м, в котлі II сатурації -4-5 м. Петлі труб, які обмежують рівень заповнення в котлі II сатурації, слід розташовувати так, щоб рівень заповнення над газорозподільними трубами був приблизно на 500 мм нижче, ніж в котлі I сатурації.

Подача сатураційного газу регулюється автоматично залежно від рН виходить з котла соку на рівні значень: 11,0 - 11,2 для I сатурації і 9,0 - 9,2 для II сатурації в залежності від значення оптимальної лужності для соку II сатурації, яка визначається раз на п'ятиденку, а при зміні якісних параметрів сировини, і частіше.

Фільтрований сік I сатурації нагрівається до температури 90-95 ° C і направляється на дефекацію перед II сатурацією. Сюди подається 0,3-0,4% СаО до маси соку, що забезпечує додаткове розкладання амідів і редукуючих речовин, а в

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

процесі II сатурації утворився карбонат кальцію забезпечує адсорбцію до 30% розчинних солей кальцію і фарбувальних речовин. Апарат II сатурації оснащений також циркуляційним контуром, що складається з насоса і розпилювальних форсунок, що підвищує ступінь утилізації газу. В результаті часткової карбонізації вапна, що міститься в соку, що відбирає циркуляційним насосом з нижньої частини сатуратора і подається на форсунки (ступінь карбонізації 25-30%), утворюються углекальцієвіе сахарат з високою адсорбційною здатністю, що призводить до додаткової адсорбції барвників і солей кальцію. Високий заряд подвійного електричного шару, що утворюється карбонату кальцію при такому ступені карбонізації, сприятиме сорбції високомолекулярних сполук і речовин колоїдної дисперсності.

Сік II сатурації по петлевий комунікації надходить в дозреватель соку з внутрішнім циркуляційним контуром. Обсяг дозреватель забезпечує 15-хвилинне перебування соку. Сік надходить в дозреватель тангенціально у внутрішній циркуляційний контур, який являє собою трубопровід з верхнім розширником для збільшення циркуляційного потоку, У верхній частині циркуляційної труби розташована лопатева мішалка, напрямна надходить потік вниз апарату. Мішалка забезпечує 10-15 кратну циркуляцію соку в дозреватель. Як відомо, утворюється в процесі II сатурації карбонат кальцію в присутності сахарози і амінокислот, схильний давати пересичені розчини, процес кристалізації яких протікає дуже повільно навіть при високій температурі. Перед входом соку в апарат II сатурації до нього може додаватися до 40% згущення суспензії осаду соку II сатурації. Використання двох прийомів: введення свіжоутвореними карбонату кальцію, який діє як кристалічна запал, і інтенсивне перемішування соку за час дозрівання 15-20 хв дозволяє осадку  $\text{CaCO}_3$  максимально викристалізуватися і запобігти його пізнішу кристалізацію і тим самим інкрустацію в трубопроводах, насосах і на полотнах фільтраційного обладнання . У верхній частині дозреватель сік виходить з апарату і надходить до збірки перед фільтрацією соку II сатурації.

Система автоматичного управління забезпечує наступні вимірювання: • вимірювання рівня в збірниках і апаратах по потоку від збірки дифузійного соку

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

до збірника соку перед випарної станцією включно; • вимір необхідних витрат продуктів і вапняного молока; • вимірювання тиску сатураційного газу, вапняного молока; • вимірювання температури продуктів після останніх груп підігрівачів; • вимір рН преддефекованого соку, соків 1-й і 2-й сатурації; Система автоматичного управління забезпечує наступне регулювання: • рівня в збірнику дифузійного соку, зміною обертів насоса соку в переддефекатора; • температури дифузійного соку на преддефекацію, клапаном гріючого теплоносія на останню групу підігрівачів; • автоматичну продувку переддефекатора в 3-х точках, по заданому часу; • рівня в збірнику холодного дефекатора, зміною обертів насоса соку в гарячий дефекатор; • температури преддефекованого соку на гарячу дефекацію, клапаном гріючого теплоносія на останню групу підігрівачів; • автоматичну продувку гарячого дефекатора, по заданому часу; • рН соку 1-ї сатурації, клапаном подачі сатураційного газу; • автоматичну продувку 1-го сатуратора, по заданому часу; • рівня в збірнику нефільтрованого соку 1-ї сатурації, зміною обертів насоса соку 1-ї сатурації на фільтрацію; • температури соку 1-ї сатурації на фільтрацію, клапаном гріючого теплоносія на останню групу підігрівачів; • витрати суспензії 1-й сатурації, за допомогою зміни оборотів насоса суспензії 1-й сатурації на преддефекацію; • рівня в збірнику фільтрованого соку 1-ї сатурації, зміною обертів насоса соку на 2-ю сатурацію; • температури соку перед 2-й сатурацією, клапаном гріючого теплоносія на останню групу підігрівачів; • автоматичну продувку дефекатора і 2-го сатуратора, по заданому часу; • рН соку 2-й сатурації, клапаном подачі сатураційного газу; • автоматичну продувку дозреватель соку 2-й сатурації, по заданому часу; • рівня в збірнику соку 2-й сатурації, зміною обертів насоса соку 2-й сатурації на фільтрацію; • рівня та витрати в збірнику суспензії 2-й сатурації, зміною обертів насоса суспензії 2-й сатурації на збірник дифузійного соку; • рівня в збірнику фільтрованого соку 2-й сатурації, зміною обертів насоса соку на збірку перед ВС (на контрольну фільтрацію); • співвідношення сік-вапняне молоко в чотирьох точках, змінюючи ступінь відкриття клапанів (на переддефекатора, на холодний дефекатор, на гарячий дефекатор, на 2-ю сатурацію); • стабілізація тиску в колекторі вапняного

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

молока, зміною ступеня відкриття клапана повернення молока; • стабілізація тиску сатураційного газу в колекторі, зміною ступеня відкриття клапана газу в атмосферу; Система автоматичного управління забезпечує сигналізацію: - роботи приводів обладнання та насосів по потоку; - відхилення від норми найважливіших технологічних параметрів і аварійних зупинок устаткування і насосів. Опціонально система автоматичного управління забезпечує повернення соку 1-ї сатурації на преддефекацію (в разі незадовільної роботи станцій фільтрування соків); подачу згущення суспензії 2-ї сатурації в котли 1-й і 2-й сатурації в співвідношенні до відповідних витрат соків.

## 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Додаткові вимоги
1	Преддефекатор	Витрата соку	150 л/год	Контроль	Покази Архівація	Світлова сигналізація
		Витрата соку на повернення	30 л/год	Контроль	Покази Архівація	Світлова сигналізація
2	Дозатор вапняного молока	Витрата вапна	30 л/год	Контроль	Покази Архівація	Світлова сигналізація
3	Дефекатор	Співвідношення витрат сік-вапно	5:1	Контроль	Покази Архівація	Світлова сигналізація
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату вапна в дозатор
4	Збірник вапняного молока	Рівень	80%	Контроль	Покази Архівація	Світлова сигналізація
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату вапняного молока
5	Трубопровід подачі сатураційного газу	Тиск	0,12 МПа	Контроль	Покази Архівація	Світлова сигналізація
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі газу
6	Переливний ящик	Температура	80 С	Контроль	Покази Архівація	Світлова сигналізація

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

	після 1го сатуратора	Кислотність	11 рН	Контроль	Покази Архівація	Світлова сигналізація
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату сатурац.газу в 1й сатуратор
7	Переливний ящик після 2го сатуратора	Температура	80 С	Контроль	Покази Архівація	Світлова сигналізація
		Кислотність	10,5 рН	Контроль	Покази Архівація	Світлова сигналізація
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на витрату сатурац.газу в 2й сатуратор
8	Збірник соку після 1го сатуратор	Рівень	85%	Контроль	Покази Архівація	Світлова сигналізація
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі соку в 1й сатуратор
9	Збірник соку після 2го сатуратор	Рівень	85%	Контроль	Покази Архівація	Світлова сигналізація
				Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі соку в 2й сатуратор

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2. Система автоматизації

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

*Вимірювання температури в кваліфікаційній роботі* реалізовано на базі мікропроцесорного вимірювального перетворювача **Sitrans TF2**. Це прилад відноситься до термометрів опору, які працюють на контактних методах. Основа покладена на властивості провідників (металів) та напівпровідників змінювати свій електричний опір  $R$  в залежності від зміни їхньої температури  $t$ . Така властивість металів характеризується температурним коефіцієнтом  $\alpha$  опору (ТКО), який визначається як відношення приросту опору провідника, що виготовлений із цього металу, до приросту температури, що привела до його нагрівання і змінила його електричний опір, та опору провідника  $R$ . В загальному вигляді ТКО при малих приростах температури визначається залежністю:

$$\alpha = \frac{dR}{Rdt} \left( \frac{1}{^{\circ}\text{C}} \right).$$

Для провідників (металів) - ТКО додатний і їхній опір зростає з зростанням температури, а перетворювачі, які виготовлені із металевого дроту називають (в загальному) терморезисторами. У напівпровідників навпаки – ТКО від’ємний і їхній опір електричному струму падає із ростом температури, а перетворювачі, що виготовлені із напівпровідникових матеріалів, називають термісторами.

В первинному вимірювальному перетворювачі температури може використовуватись будь-який терморезистор або термістор, але в якості засобів вимірювання температури, тобто, засобів з нормованими метрологічними характеристиками (**НМХ**), використовують **термометри опору (ТО)**. **ТО** це терморезистор з **НМХ**, які виготовлені із чистих металів (міді, платини,

#### Кваліфікаційна робота

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Сірченко В.С.			Розробка системи автоматизації станції дефекації цукрового заводу на базі ПЛК Віра 100	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Міркевич Р.М.						
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.				ЗАК-2-2ск		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						

нікелю, вольфраму або заліза) і які відповідають наступним вимогам:

- мають монотонну без гістерезису характеристику перетворення  $R = f(t)$ ;
- мають високий питомий електричний опір, а метал ТО не вступає до взаємодії з вимірюваним середовищем;
- мають достатньо великий і незмінний в часі ТКО, який прийнято визначати для ТО в інтервалі температур від 0 до 100 °С по залежності:

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

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

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

#### **Переваги:**

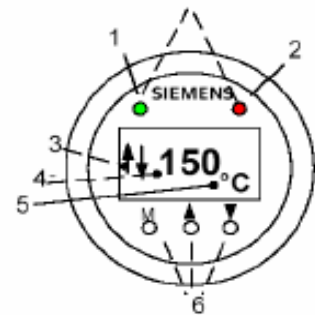
1. висока точність вимірювання та індикація з дозволяючою властивістю 1/100 °С в усьому діапазоні вимірювання;
2. конфігуруємі діпазони вимірювання в межах від -50 до +200°С; • сигналізація ( +/-) про перевищення заданого межового значення температури на РКД, а також за допомогою червоного світло діоду (рис.2.3).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

Корпус Sitrans TF2 (рис.2.1) виготовлений із інструментальної сталі ( $d=80$  мм) та оснащений захисним склом. В захисну трубу із інструментальної сталі з різьбовим з'єднанням вмонтований температурний датчик Pt100. За рахунок використання інструментальної сталі при виготовленні захисних труб досягається висока хімічна стійкість, яка визначає високу ступінь 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 розташовані клеми для підключення живлення за рахунок струмового ланцюга (петлі) 4...20 мА. Підключення здійснюється через рознім в відповідності з EN 175301-803A.



Рис. 2.1



- 1 Зелений світлодіод
- 2 Червоний світлодіод
- 3 Жидкокристаллический индикатор: выход за верхнее / нижнее предельное значение
- 4 Жидкокристаллический индикатор: отображаемое значение
- 5 Жидкокристаллический индикатор: единица измерения
- 6 Клавиши управления

Рис. 2.2

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

*Вимірювання витрати в кваліфікаційній роботі* відбувається за допомогою магніто-індукційних витратомірів фірми Siemens. Принцип дії всіх магніто-індукційних витратомірів ґрунтується 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

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Лист
		№ докум.	Підпис			

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  $\alpha$  між магнітною індукцією та напрямком швидкості:

$$U_m = B \cdot V \cdot L \cdot \sin \alpha \quad (2.1)$$

В індукційних витратомірах рухомим провідником є електропровідна рідина, витрати якої вимірюють. На рис.1а. 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.2.3,б та рис.1,в. В полі магніту розміщена немагнітна труба, по якій протікає вимірювана по витратам рідина з швидкістю  $V$ . Магнітна індукція  $B$  пронизує рідину вертикально відносно напрямку її потоку ( $\sin \alpha = \sin 90^\circ = 1$ ), і в рідині, як у рухомому провіднику, наводиться (індукується) електрорушійна сила  $U_m$ .

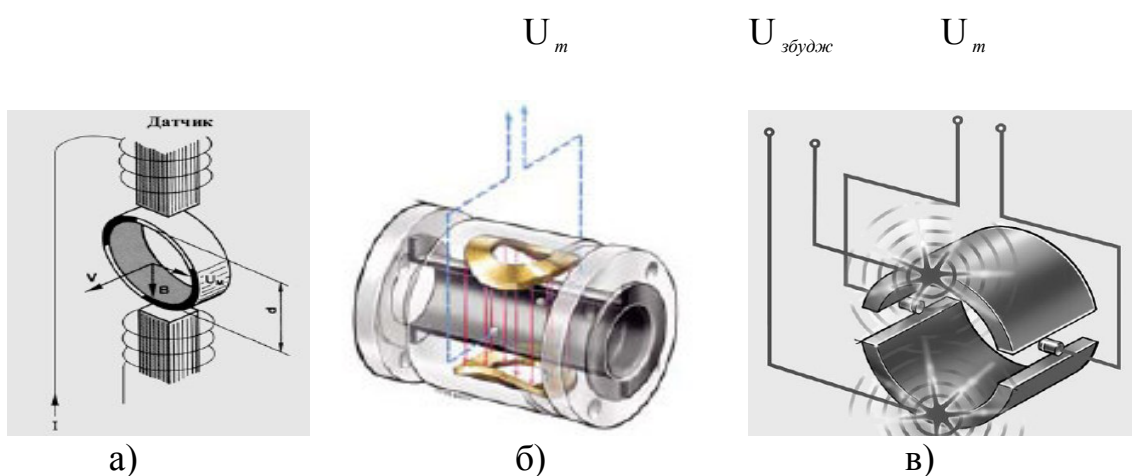


Рис.2.3 Узагальнена принципова схема універсального магніто-індукційного сенсора

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  $90^\circ$  (рис.

2.3,б та рис.2.3,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 матиме вигляд:

$$U_m = B \cdot V \cdot d, \quad (2.2)$$

де **B** – магнітна індукція, Тл; **V**- швидкість потоку, м/с; **d** – довжина рідинного провідника, що відповідає довжині провідника **L** по залежності (2.1) і дорівнює діаметру трубопроводу, м.

Витрати рідини у трубопроводі дорівнюють добутку площі перетину трубопроводу на швидкість потоку **V**:

$$F = S \cdot V. \quad (2.3)$$

У результаті спільного розв'язання рівнянь (2.2) та (2.3) отримуємо:

$$F = S \cdot \frac{U_m}{B \cdot d} = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \frac{U_m}{B \cdot d} = k \cdot U_m, \quad (2.4)$$

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 (2.4) і є мірою витрати, трансформаторну ЕРС, що наводиться електромагнітним полем перетворювача в рухомому рідинному провіднику. Трансформаторна ЕРС зсунута по фазі відносно корисного сигналу на  $90^\circ$  і компенсується за допомогою ланцюга, що складається із спеціального подільника напруги.

### **Призначення, склад та структурна схема Sitrans FM MAG6000**

Магніто-індукційний витратомір Sitrans FM MAG 6000 є керуємим мікропроцесорним вимірювальним перетворювачем з вбудованою текстовою індикацією режиму налаштування та роботи на 11-ти мовах. В залежності від

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Лист
		№ докум.	Підпис			

місця розташування витратоміра, він виконується в вигляді або компактного приладу (рис. 2.5а), або у вигляді двох блоків: сенсора MagFlo та вторинного вимірювального перетворювача Mag 6000 (мікропроцесорного блоку живлення та обробки, рис. 2.5б). Останній може бути розташований на відстані на щиті.

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 (5 мікросим/см) електропровідності в середовищі, витрати якого вимірюють.

Температура, тиск, в'язкість та густина рідини не впливають на результати вимірювань.



Рис.2.5а

Рис. 2.5б

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.

Основними сферами використання магніто-індукційних витратомірів є вода; стічні води; енергетична техніка; хімічні та фармацевтичні виробництва, харчові продукти. Завдяки модульності виконання фірма «Siemens» дає можливість використовувати її прилади для вирішення практично будь яких задач вимірювання витрати.

### Основні функції та технічні характеристики.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Лист
		№ докум.	Підпис			

#### **А) первинного вимірювального перетворювача витрати MAGFLO:**

- всі сенсори MagFlo забезпечені оригінальний блоком пам'яті SENSORPROM, в якому зберігаються дані калібрування вимірювального датчика та величини необхідних уставок, що виконані на заводі, і які зберігаються повздовж усього терміну його придатності до роботи;

- при введенні в експлуатацію витратомір відразу розпочинає вимірювання без попереднього його програмування;

- в пам'яті сенсору можуть зберігатись і спеціальні уставки користувача;

- при заміні вторинного вимірювального перетворювача MAG 6000, усі попередні уставки перезаписуються в новий MAG 6000, який відновлює процес вимірювання без перепрограмування.

#### **Б) вторинного вимірювального перетворювача MAG 6000:**

- MAG 6000 це потужні вторинні вимірювальні перетворювачі на базі мікропроцесорів, які легко монтуються та вводяться в експлуатацію, легко обслуговуються. Вони обробляють сигнали від первинних вимірювальних перетворювачів (датчиків) SITRANS F M MAGFLO типів: MAG 1100, MAG 1100 F, MAG 3100, MAG 3100 W та MAG 5100 W.

- максимальна похибка вимірювання для MAG 6000 складає - 0,25% от від верхньої межі вимірювання витрати, враховуючи похибку первинного вимірювального перетворювача.

#### **Додаткові функції:**

- проста інтеграція в інші системи за допомогою комунікаційної платформи USM II (вбудовані шинні модулі Plug & Play);

- USM II – це універсальний сигнальний модуль с "Plug & Play", який забезпечує простий доступ до вимірювання витрати і її інтеграції практично в усі системи і протоколи шин. Це гарантує просту модернізацію витратоміра в майбутні (по мірі нарощування системи) комунікаційні и шинні платформи.

- MAG 6000 забезпечений вбудованими функціями дозування.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

## **G переваги MAG 6000:**

- висока дозволяюча властивість в усьому динамічному діапазоні;
- цифрова обробка сигналу с багатьма можливостями;
- просте введення в експлуатацію через автоматичне зчитування зберігаємих в пам'яті SENSORPROM фірмових даних про налаштування сенсора;
- конфігуруєме користувачем меню керування та індикації, яке захищене паролем;
- індикація параметрів в 3-х рядочках по 20 символів в кожному на 11-ти мовах;
- індикація витрати в різних одиницях;
- наявність лічильників для прямого/зворотного потоку речовини і витрати-нетто, а також багато іншої інформації;
- уніфіковані функціональні виходи для керування процесом, які мають оптимальну конфігурацію з аналоговими, імпульсними/частотними та релейними виходами (контролюються стан процесу, напрямок протікання речовини, межові значення);
- розширена самодіагностика для визначення та запису помилок;
- керування процесом дозування;
- допуск для режиму комерційного обліку: PTB, OIML R75, R117, R49.
- MAG 6000 оснащений також додатковими модулями для HART, MODBUS RTU/RS485, PROFIBUS PA и DP, CAN-open, DeviceNet.

**Вимірювальний перетворювач MAG 6000** працює з наступними компонентами (рис. 2.6):

- пристрій керування та індикації
- HART-модем
- PC/ноутбук и ПО SIMATIC PDM через комунікацію с HART

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

- PC/ноутбук и ПО SIMATIC PDM через комунікацію с PROFIBUS PA

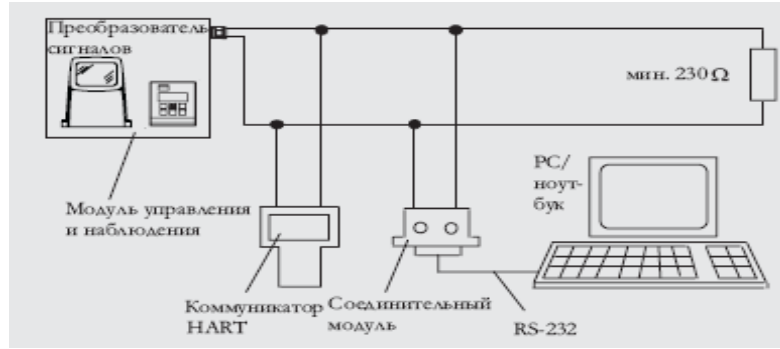


Рис. 2.6. Підключення витратоміра

Для вимірювання тиску подачі сатураційного газу обираємо компактний вимірювальний перетворювач надлишкового тиску Sitrans P серії ZD (з цифровою індикацією за місцем).

Принцип дії тензометричних перетворювачів ґрунтується на, так званому, тензоефекті - зміні активного опору провідника або напівпровідника за пружних деформацій (стиснення або розтягування). Самий поширений варіант використання тензоефекту - це розтягування дроту або стрічки з тензочутливого матеріалу. Такі провідникові перетворювачі, а вони роз розподіляються на дротяні та фольгові, використовують для вимірювання невеликих переміщень, деформацій, або інших механічних величин, що пов'язані з деформаціями, і перетворення останніх у зміну електричного опору. Для забезпечення передачі деформації на тензоперетворювач, його прикріплюють (приклеюють) до тих деталей, які деформуються.

Перетворювач **Sitrans P ZD** – це вимірювальний прилад зі здатністю до конфігурування, який встановлюється за місцем і використовується для вимірювання надлишкового та абсолютного тисків в різних областях промисловості (хімічній, харчовій, водо забезпеченні і ін.).

Структурна схема та зовнішній вигляд приладу та основні складові перетворювача Sitrans P серії ZD приведені на рис.4.

**Sitrans P ZD** надлишкового тиску складається із: вимірювальної комірки; плати електроніки, яка розміщена поряд в тому ж в корпусі, та вбудованого

цифрового індикатора. У деяких приладів Sitrans P, вимірювальна комірка і плата виготовляються, як єдине ціле.



Рис. 2.7. Зовнішній вид **Sitranс P ZD**

Вимірювальна комірка складається із розподільчої мембрани 1, що виготовлена із нержавіючої сталі, рідини заповнення (силіконове мастило), що передає зусилля, та безпосередньо вимірювальної мембрани, в якості якої використовується тонка керамічна плівка з нанесеними на неї тензорезисторами (тензомодуль - P). Розподільча мембрана 1 із нержавіючої сталі захищає перетворювач від дій агресивних середовищ. Вимірювальна комірка забезпечена також схемою температурної компенсації. Під дією цієї сили, що діє на розподільчу мембрану 1, вона прогинається і передає зусилля через силіконове масло на вимірювальну мембрану P, що теж прогинається. При цьому чотири встановлені на ній за мостовою схемою тензорезистори змінюють свою величину. Зміна опорів приводить до розбалансування мосту і появи напруги у вимірювальній діагоналі, яка підсилюється у вимірювальному підсилювачі та надходить на аналого-цифровий перетворювач (АЦП) **A/D** та перетворюється в цифрову форму.

## 2.2. Схема автоматизації

Схема автоматизації процесу дефекації зображена на кресленні 1.

Дифузійний сік насосом направляють в переддефекатор, в останню зону якого додають вапнякове молоко. Оброблений в переддефекаторі сік проходить в холодний дефекатор, далі через підігрівник надходить в дефекатор.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Лист
		№ докум.	Підпис			

Сік направляють на першу сатурацію діоксидом вуглецю, далі знову на підігрівник. На другу сатурацію сік з першої сатурації, що містить надлишок вапняку, КОН, NaOH та інші нецукри. Повторювану обробку соку діоксидом вуглецю проводять, щоб перевести залишені після першої сатурації гідрооксиди кальцію, калію, та вивести в осад кальцій, зв'язаний з кислотами. Після другої сатурації сік необхідно сульфитувати (обробленню діоксидом сірки).

Регулювання пропорції соку та вапнякового молока, витрату кожного з цих компонентів реалізовано витратоміром Sitrans FM MAGG 6000 (1a,1б), принцип роботи якого оснований на мравилі магнітної індукції. Сигнал обробляється згідно заданого співвідношення речовин в МПК та управління регулюючого органу Метран 8560 (1г) перетворенням у пневматичний сигнал через ЕПП-1211 (1в).

Також здійснюється регулювання рН після сатураторів через подачу сатураційного газу в апарати за допомогою контуру регулювання рН. Вимірювання проводяться з допомогою аналізатора кислотності ПП-10-1 (5a,6a), сигнал якого надходить на МПК, на виході сигнал надходить на електропневмоперетворювач ЕП-1211 (5б,6б), а з нього сигнал 20-100 кПа надходить на пневмоклапан Метран 8560 (5в,6в), змінюючи кількість газу, що подається в сатуратор.

Додатково здійснюється індикація витрати соку на повернення (2a). У збірнику вапняного молока та збірниках регулювання рівня проходить за допомогою радарного рівнеміра Sitrans LR200 (3a,7a,8a), сигнал надходить на контролер, на виході з МПК сигнал надходить на електро-пневмо перетворювач ЕП-1211 (3б,7б,8б), а з нього пневматичний сигнал 20-100 КПа на пневмоклапан Метран 8560 (3в,7в,8в), змінює кількість речовини, що подається в апарат.

Важливим параметром є тиск в трубопроводі подачі сатураційного газу. Вимірювання проходить за допомогою манометра Sitrans P ZD(4a), уніфікований сигнал 4-20 мА надходить на контролер, вихідний уніфікований

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Лист
		№ докум.	Підпис			

струмовий сигнал з МПК, надходить на електро-пневно перетворювач (4б), перетворювач пневматичним сигналом 20-100 КПа змінює положення РО клапана Метран 8560 (4в), який спускає необхідну кількість газу, вирівнюючи тиск у системі.

Насоси приводяться в дію електродвигунами за допомогою магнітні пускачів LC1D95M7 (KM1, KM2), передбачено місцеве та дистанційне керування.

### 2.3 Специфікація приладів та засобів автоматизації

№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка		Кількість	Примітка
1а, 1б, 2а	Витратомір, що працює за правилом магнітної індукції. DУ= 15..2000мм Т-ра вимір.серед-ща: -40 .. 180 ° С Тиск до 40 бар Вихід. сигнал, мА – 4...20; Кл. точності - 0,5	Sitrans FM MAG 6000	Шт.	3	Siemens
3а, 7а, 8а	Рівнемір. Частота випромінювання радіохвилі 44 ГГц.Клас точності-0,25. Межі вимірювань до 15 м. Зона нечутливості 0,3 м.	Sitrans LR200	Шт.	3	Siemens
4а	Манометр показувальний SitransP серії ZD.Верхня межа вимірювання – 1.6 МПа. Клас точності -0,1. Вихід. сигнал: 4...20 мА	Sitrans P ZD	Шт.	1	Siemens
5а, 6а	Аналізатор кислотності Клас точності – 0,5. Діапазон: 0...14 одиниць рН Т-ра сер-ща: 0-120 ° С Вхід. сигнал: 4-20 мА	БУВС	Шт.	1	Діліс
1г,3в- 8в	Пневматичний клапан. 0-100% ХРО DУ: 76,2-304,8 мм. Тиск 2 -5 МПа	Метран 8560	Шт.	7	Метран
1в,3б- 8б	Електрпневноперетворювач з 4-20мА/20-100 кПа. Пневмо живлення:140 кПа	ЕП-1211	Шт.	7	Промприбор
KM1- KM2	Магнітний пускач. 60А, по управлінню 220В. 1NO+1NC.	LC1D95 M7		12	SE

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Лист
		№ докум.	Підпис			

### 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

#### 3.1. Проектне компонування мікропроцесорних контролерів

##### Конфігурування МПК Віра 100

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

Таблиця 1. Перелік вхідних-вихідних сигналів в процесі

Вимоги	К-ть
Живлення для контролера 24 VDC /VAC	2
Входів 4-20 mA	11
Виходів 4-20 mA	7
Кількість дискретних входів	0
Кількість дискретних виходів	2

##### Вибір процесорного модуля

Кількість аналогових входів і виходів: 18. Дискретних виходів – 2  
Враховуючи кількість каналів ввідів/виводів, кількість пам'яті під програму користувача і наявність комунікацій обираємо процесорний модуль Віра CPU115.

##### Кваліфікаційна робота

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Сірченко В.С.			Розробка системи автоматизації станції дефекації цукрового заводу на базі ПЛК Віра 100	Лім.	Арк.	Аркушів
Керівник		Міркевич Р.М.						
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.				ЗАК-2-2ск		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						





інтерфейс MPI і додатково забезпечує підключення типу точка-точка через інтерфейс RS-232 та Green cable.

Модулі System 100V ідеально використовувати в системах автоматизації з обмеженою кількістю входів / виходів. Проте ЦПУ можна розширювати модулями входів / виходів з system 200V.

### **Характеристики**

Програма для цього виду контролера пишеться за допомогою STEP7 компанії Siemens або WinPLC7 компанії VIPA. Передбачена робота без додаткової карти пам'яті так як є всередині вже вмонтована робоча пам'ять та ОЗУ з резервним живленням від акумулятора.

Підтримка стандартних карт ММС об'ємом до 512 Мбайт для зберігання програм і даних

Вбудований інтерфейс MP2I

Світлодіодні індикатори стану

До 4 модулів розширення в складі одного ПЛК

Годинник реального часу

компактний дизайн

Фронтальні конектори включені в комплект

Монтаж на рейку DIN 35 мм

Термін гарантії 2 роки

### **Аналогові сигнальні модулі**

Аналогові входи підключені лише до вторинних вимірюваних перетворювачів, в нашому випадку з уніфікованим сигналом 4-20мА. Аналогові

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

модулі виходів преобразовує двійкового коду системи в сигнал датчиків управління. З модулями розширення EM 123, кількість входів / виходів систем CPU 114/115 збільшується. З'єднання з ЦПУ відбувається через роз'єм шини поставляються з модулем.

### Характеристики

До 6 аналогових і виходів на одному модулі розширення

Сумісні з сигнальними модулями System 200V

Світлодіодні індикатори стану

Гальванічна ізоляція від системної шини

Фронтальні з'єднувачі з пружинними клемми і маркувальні етикетки в комплекті поставки

Монтаж на 35 мм DIN-рейку

Термін гарантії 2 роки

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			





далі уніфікований пневматичний сигнал надходить на клапан Метран 8560 (5г), змінюючи кількість газу, що надходить в сатуратор.

В обраному контурі є можливість ручного/дистанційного управління параметру рН і це завдяки БРУ-107 (5д). В дистанційному режимі керуючий сигнал 4-20 мА, через модуль аналогових виходів надходить на вхід БРУ, а вже вихідного каналу БРУ-107 видається сигнал 4-20 мА модуль аналогових входів, аналогічний як і той що поданий від модуля аналогових виходів 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 задатчиком регулюється значення стумового сигналу на виході БРУ-10, таким чином змінюючи ступінь відкриття клапану, і таким чином процес проводиться інтенсивніше, або повільніше, в залежності яке значення вихідного виходу БРУ, що ми встановили.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Лист</i>
		<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>			

#### 4. Креслення встановлення технічного засобу

Встановлення радарного рівнеміра Sitrans LR200 зображено на кресленні 3. В даній роботі для вимірювання рівня радарний рівнемір Sitrans LR200 використовується для резервуарів та апаратів.

SITRANS LR 200 - 2-х проводний радар для вимірювання рівня рідин у відстійниках, резервуарах.

Дизайн SITRANS LR 200 дозволяє просте програмування за допомогою інфрачервоного ручного програматора. Навіть у Ех-зоні не потрібно відкривати корпус. Передбачено налаштування різними мовами.

Антену радарного рівнеміра виконана з спеціального матеріалу, гарантує високу стійкість і є герметичною. У інших приладів для перевірки сумісності необхідно враховувати кілька матеріалів, а також ущільнення між матеріалами. Антена має вбудований екран, який запобігає перешкоди від штуцерів.

Налаштування та програмування: для основних достатньо двох параметрів. Електроніка, яка знаходиться в рухомому корпусі, що є досить зручною опцією, коли потрібно підключати датчик чи подивитися значення по місцю.

Sitrans LR200 має технологію Sonic Intelligence® для сигналу, що забезпечує надійність. Установка рівнеміра зображена на рис.4.1. Розміри прилажу та його креслення зображено на рис.4.2.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Сірченко В.С.</i>			<i>Розробка системи автоматизації станції дефекації цукрового заводу на базі ПЛК VIPA</i>		
<i>Перевір.</i>		<i>Міркевич Р.М.</i>					
<i>Зав.кафедри.</i>		<i>Ельперін І.В.</i>					
<i>Секретар ЕК</i>		<i>Проскурка Е.С.</i>					
					<b>ЗАК-2-2ск</b>		

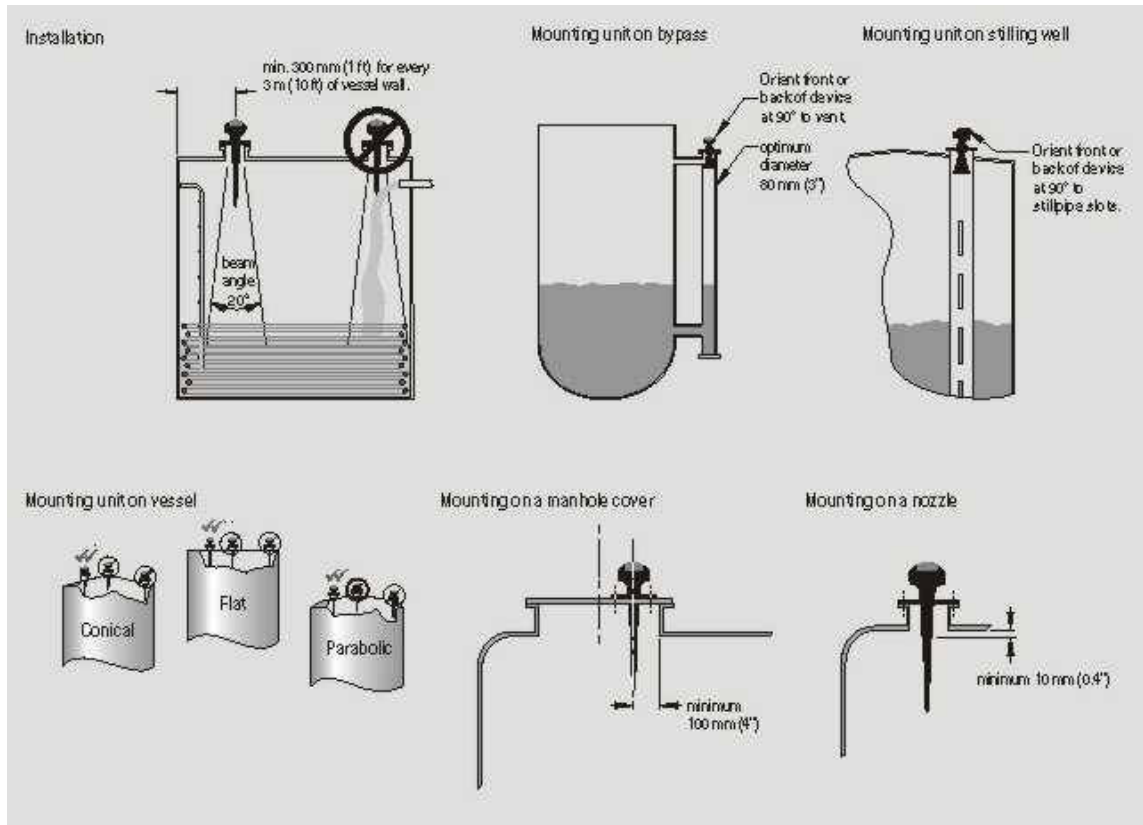


Рис.4.1. Установка SITRANS LR 200

Кваліфікаційна робота

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розробив		Сірченко В.С.			Розробка системи автоматизації станції дефекації цукрового заводу на базі ПЛК Віра 100	Лім.	Арк.	Аркушів
Керівник		Міркевич Р.М.						
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.				ЗАК-2-2ск		
Зав.кафедри		Ельперін І.В.						



## 5. Опис програмного забезпечення для ПЛК

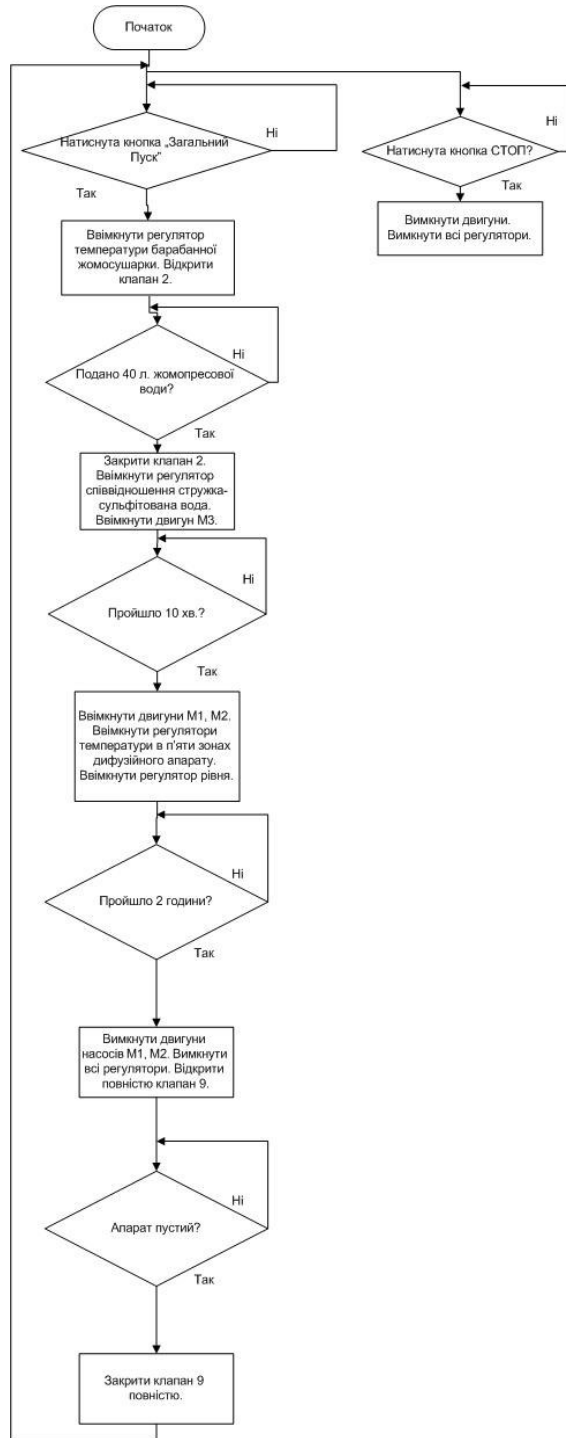


Рис.5.1. Алгоритм керуванням процесу дефекації

					Кваліфікаційна робота			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сірченко В.С.			Розробка системи автоматизації станції дефекації цукрового заводу на базі ПЛК VIPA	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Міркевич Р.М.						
Зав.кафедри.		Ельперін І.В.				ЗАК-2-2ск		
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.						



HW Config - SIMATIC 300 Station

Station Edit Insert PLC View Options Window Help

SIMATIC 300 Station (Configuration) -- Program\_korobenko

Find: [ ] Profile: Standard

Tree view:

- CPU-300
  - CPU 312
    - 6ES7 312-1AD10-0AB0
    - 6ES7 312-1AE13-0AB0
    - 6ES7 312-1AE14-0AB0
  - CPU 312 IFM
  - CPU 312C
  - CPU 313
  - CPU 313C
  - CPU 313C-2 DP
  - CPU 313C-2 PIP
  - CPU 314
  - CPU 314 IFM
  - CPU 314C-2 DP
  - CPU 314C-2 PN/DP
  - CPU 314C-2 PIP
  - CPU 315
  - CPU 315-2 DP
  - CPU 315-2 PN/DP
  - CPU 315F-2 DP
  - CPU 315F-2 PN/DP
  - CPU 316
  - CPU 316-2 DP
  - CPU 317-2
  - CPU 317-2 PN/DP
  - CPU 317F-2
  - CPU 317F-2 PN/DP

Table (0) UR:

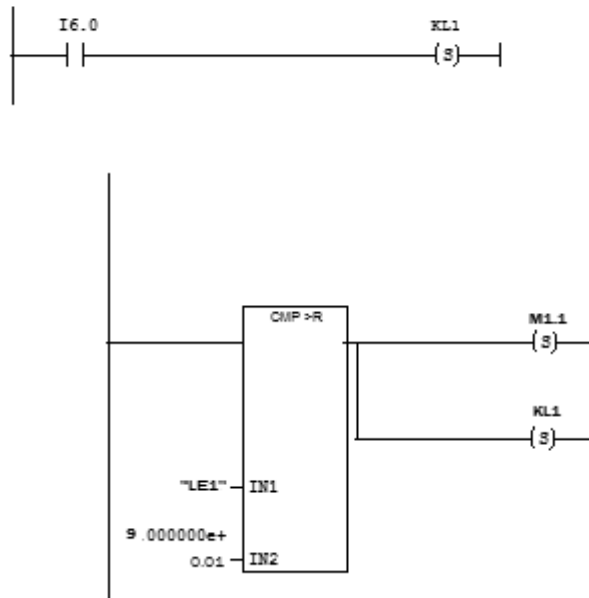
Slot	Module	Order number	Firmware	MPI address	I address	Q address	Comment
1	PS 307 10A	6ES7 307-1KA00-0AA0					
2	CPU 312	6ES7 312-1AD10-0AB0	V2.0	2			
3							
4	AI4x0/4 to 20mA, Ex	6ES7 331-7RD00-0AB0			256...263		
5	AI4x0/4 to 20mA, Ex	6ES7 331-7RD00-0AB0			272...279		
6	DI16xDC48-125V	6ES7 321-1CH80-0AA0			8...9		
7	AO4x0/4 to 20mA, Ex	6ES7 332-5RD00-0AB0				304...311	
8	AO4x0/4 to 20mA, Ex	6ES7 332-5RD00-0AB0				320...327	
9	AO4x0/4 to 20mA, Ex	6ES7 332-5RD00-0AB0				336...343	

Press F1 to get Help.

OB1 : "Main Program Sweep (Cycle)"

Comment:

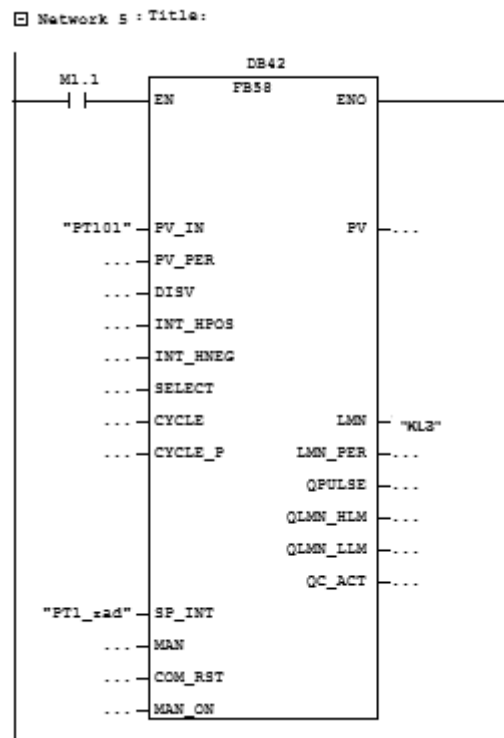
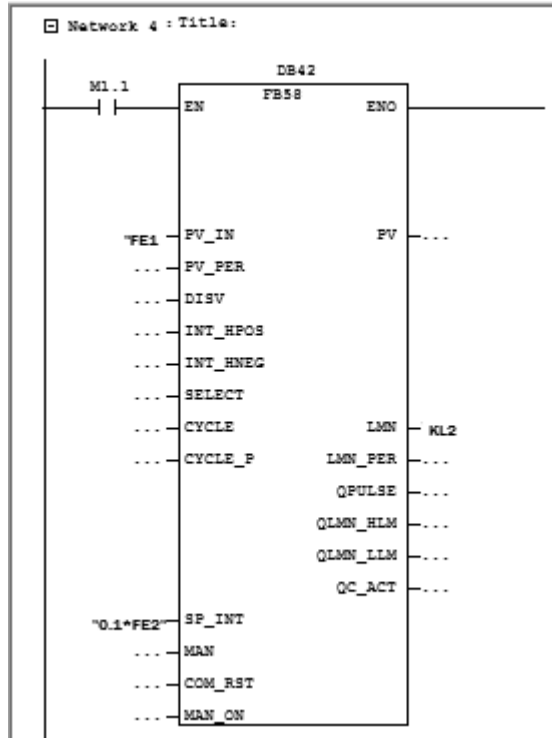
Network 1 : Title:



	№ докум.	Підпис	

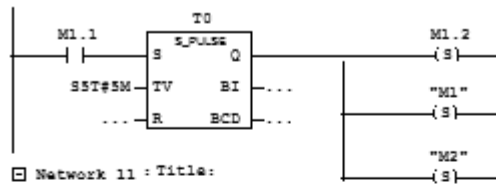
Кваліфікаційна робота

Лист

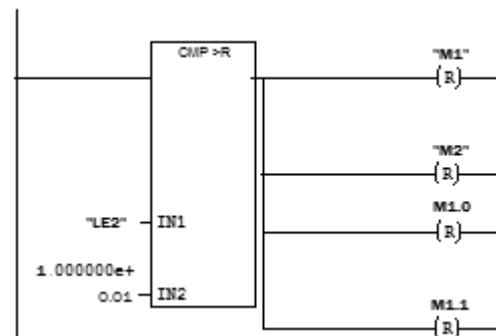
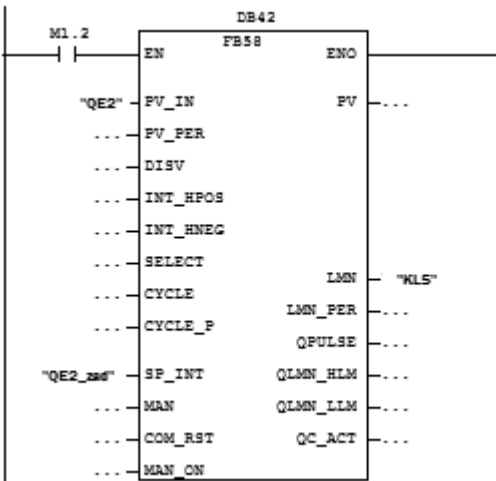
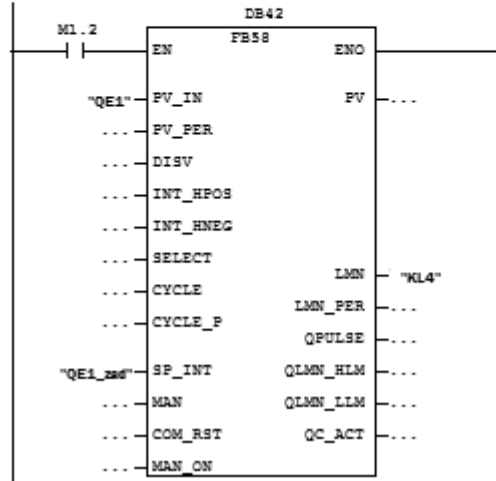


Network 6 : Title:

□ Network 10 : Title:



□ Network 11 : Title:



		№ докум.	Підпис	

Кваліфікаційна робота

Лист

## 6. Розробка ЛМІ оператора-технолога

### 6.1. Переліки даних SCADA/HMI

Zenon – програмний засіб, в якому в кваліфікаційній роботі створюємо SCADA-систему, що дозволяє проводити дистанційне керування процесом чи відділенням, в онлайн режимі спостерігати за зміною технологічних параметрів, зупиняти чи запускати елементи обладнання.

У вікні «Редактор проектів» описуємо всі змінні, створюємо змінні для трендів, алармів налаштовуємо їх.

Таблиця 7. Змінні та їх налаштування

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
FE1	%IW0.2.0	0	10000	0	150	INT
FE2	%IW0.2.1	0	10000	0	150	INT
FE3	%IW0.2.2	0	10000	0	150	INT
TE1	%IW0.2.3	0	10000	0	150	INT
TE2	%IW0.2.4	0	10000	0	3	INT
TE3	%IW0.2.5	0	10000	0	3	INT
TE4	%IW0.2.6	0	10000	0	3	INT
TE5	%IW0.2.7	0	10000	0	100	INT
FE4	%IW0.3.0	0	10000	0	100	INT
TE6	%IW0.3.1	0	10000	0	100	INT
TE7	%IW0.3.2	0	10000	0	100	INT
QE1	%IW0.3.3	0	10000	0	100	INT
KL1	%QW0.5.0	0	10000	0	100	INT
KL2	%QW0.5.1	0	10000	0	100	INT
KL3	%QW0.5.2	0	10000	0	100	INT
KL4	%QW0.5.3	0	10000	0	100	INT
M1	%QW0.6.0	0	10000	0	650	INT
M2	%QW0.6.1	0	10000	0	650	INT
M3	%QW0.6.2	0	10000	0	650	INT
M4	%QW0.6.3	0	10000	0	650	INT

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Сірченко В.С.			Розробка системи автоматизації станції defeкації цукрового заводу на базі ПЛК VIPA	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Міркевич Р.М.						
Зав.кафедри.		Ельперін І.В.				ЗАК-2-2ск		
Секретар ЕК		Проскурка Е.С.						



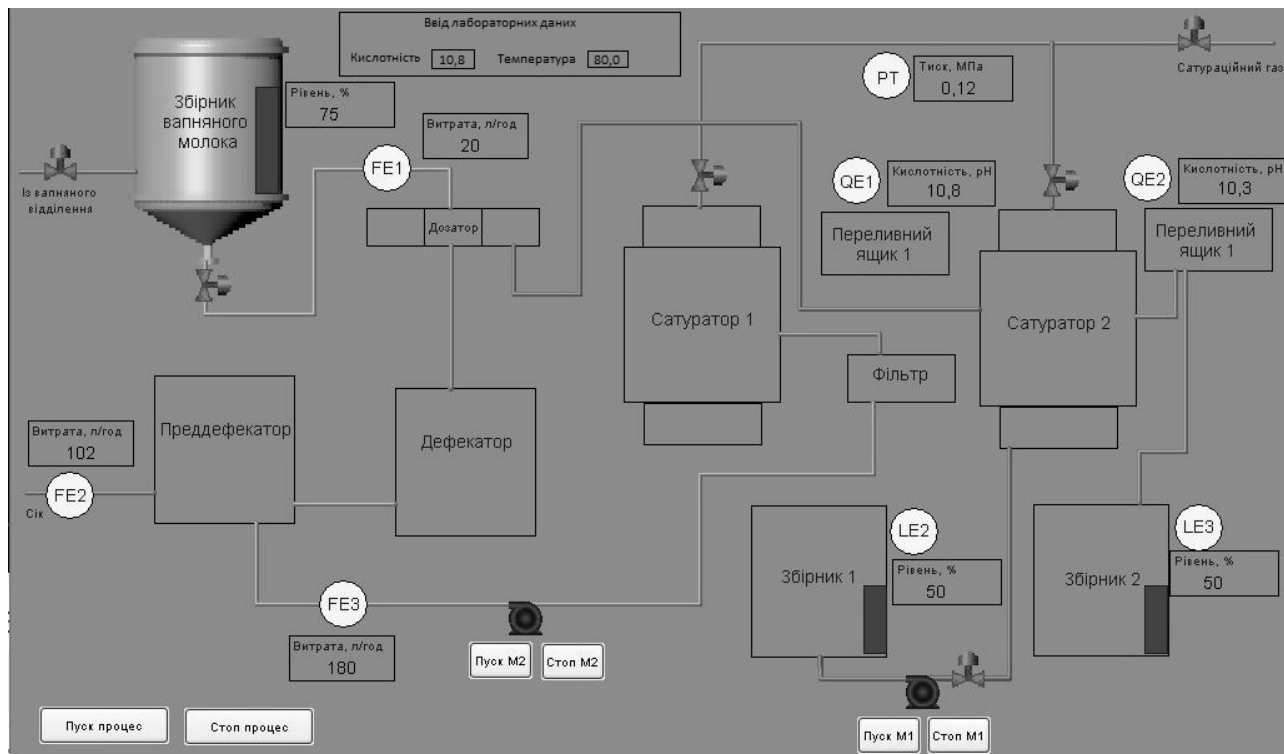


Рис.6.1. Мнемосхема відділення

Завдяки Alarm оператор отримує повідомлення про несправність чи непередбачувану зміну того чи іншого параметру, відхилення від регламенту. Саме тому це дає можливість вчасно реагувати, приймаючи дії по передбаченню чи усуненню аварій на виробництві. Alarm можна налаштовувати, доповнювати аларми, проглядати архів повідомлень, відслідковуючи причини та наслідки вже відбувшися подій.

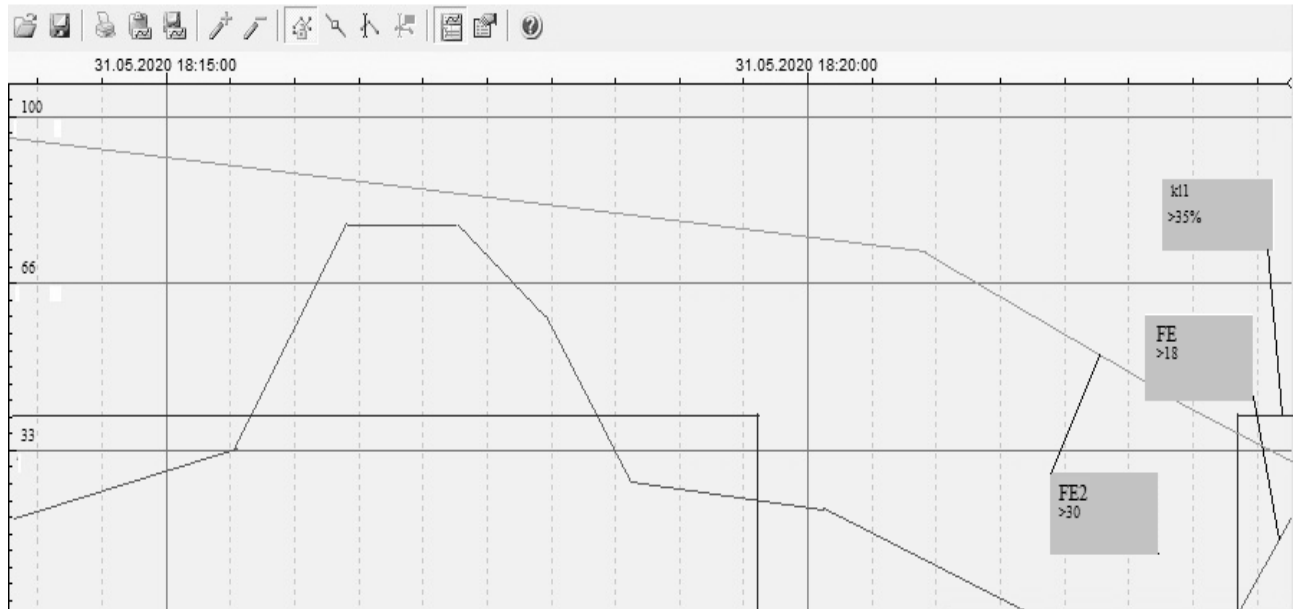
Time	Tag	Name	Desc
12:46:27	LE1	Рівень в збірнику вапняного молока	КРИТИЧЕСКИ ВЫСОКИЙ
12:46:27	QE1	Кислотність в переливному ящику 1	КРИТИЧЕСКИ ВЫСОКИЙ

Рис.6.2. Вікно алармів

На сторінці Trend відображається зміна параметра в часі. Кожен параметр окремим кольором. Архівування зміни параметрів відбувається кожні 5с.

										Лист
		№ докум.	Підпис							

Кваліфікаційна робота



*Рис.6.3. Вікно трендів*

## 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

В даному дипломному проєкті було взято математичну модель сатуратора 1, як об'єкта регулювання кислотності. Кислотність повинна бути на рівні 11 од. рН. Диференціальне рівняння апарату для регулювання кислотності:

$$20 [ d(\Delta q)/dq ] + \Delta t = 2 * \Delta Q_{\Gamma} + 0,1 * \Delta W1 + 0,8 * \Delta Q$$

де  $\Delta q$  – зміна температури всередині барабана ,рН;  $\Delta Q_{\Gamma}$  – зміна витрати сатураційного газу в апарат;  $\Delta W1$  – кількість сконденсованого газу за одиницю часу.  $\Delta Q$  – проміжна передаточна ф-я.

Керувальним впливом у нас буде зміна витрати газу, збуренням буде газу, що сконденсувався за одиницю часу.

Запишемо рівняння в операторному вигляді:

$$(20p+1) * \Delta X_1(p) = 2 * \Delta U_1(p) + 0,1 * Z_1(p) + 0,8 * \Delta W12(p);$$

Визначимо передаточні функції для різних ємностей:

$$W_{1U}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{2}{20p+1}; W_{1Z}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta Z_1(p)} = \frac{0,1}{20p+1}; W_{12}(p) = \frac{\Delta X_1(p)}{\Delta U_1(p)} = \frac{0,8}{20p+1};$$

Рис.7.1 Складаємо структурну схему об'єкта

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Розроб.		Сірченко В.С.			Розробка системи автоматизації станції дефекації цукрового заводу на базі ПЛК VІРА	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Міркевич Р.М.						
Зав.кафедри.		Ельперін І.В.				<b>ЗАК-2-2ск</b>		
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.						





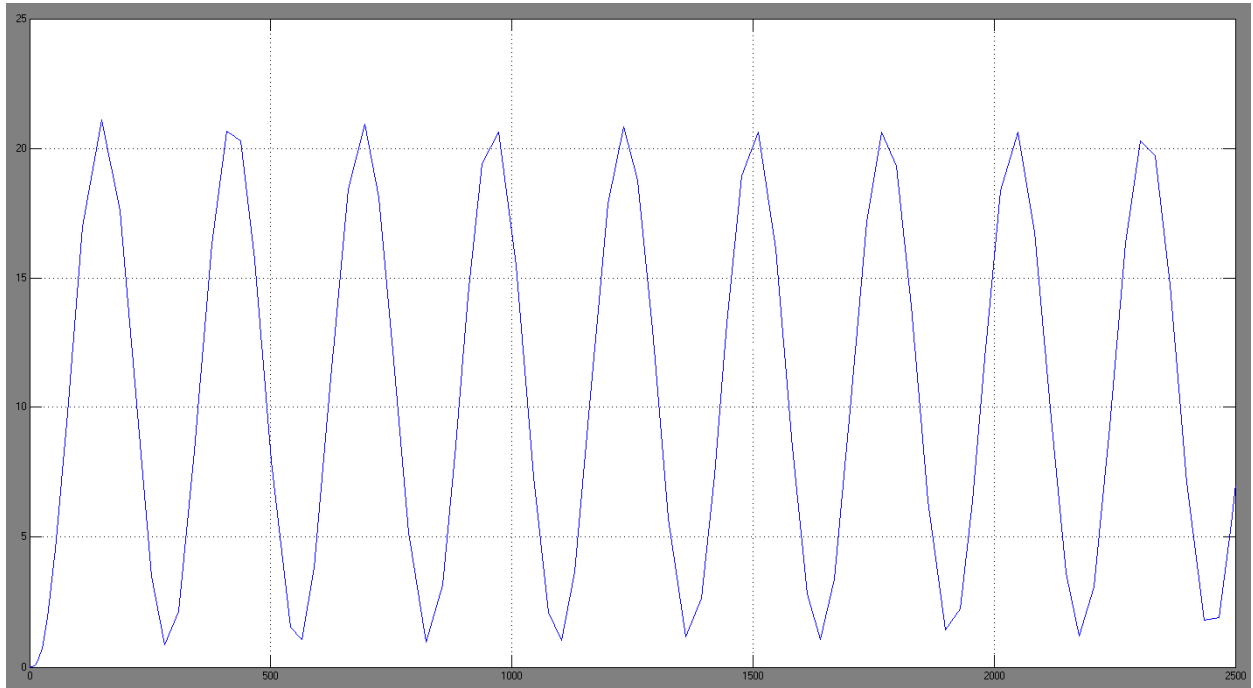


Рис.7.3. Перехідний процес АСР з П-регулятором на межі стійкості  
( $K_{п(крит.)}=0,0375$ )

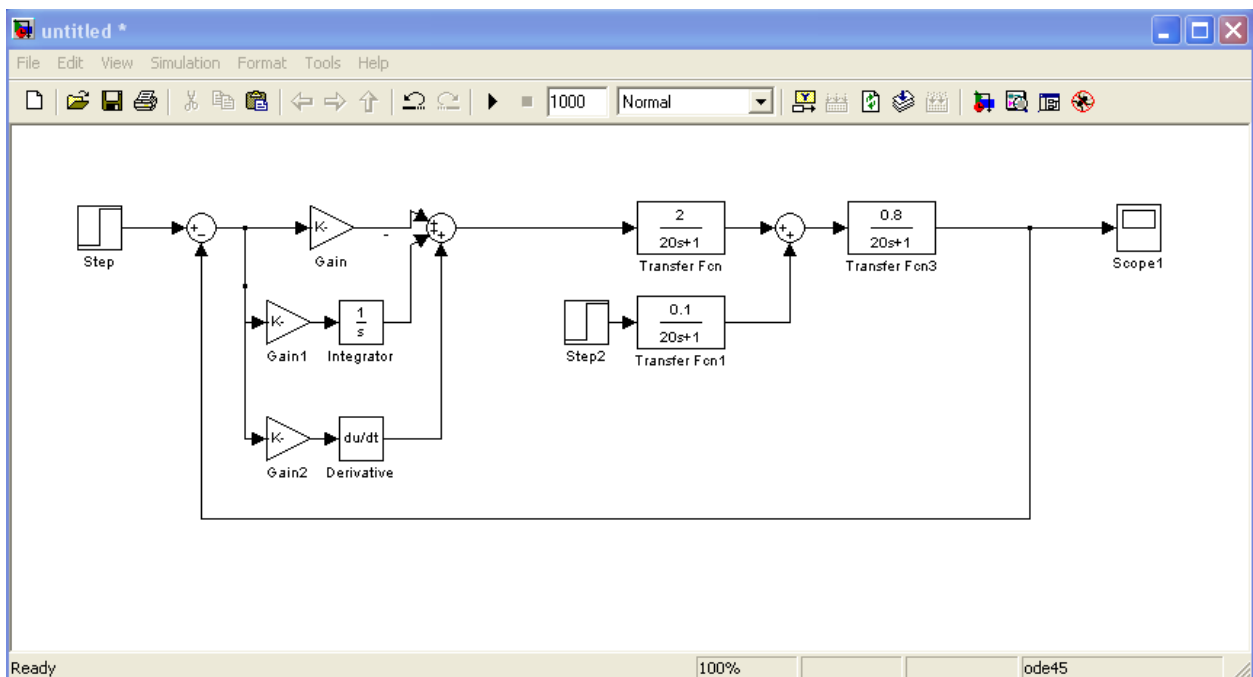


Рис.7.4. Структурна схема АСР з ПІД-регулятором

	№ докум.	Підпис	

Кваліфікаційна робота

Лист

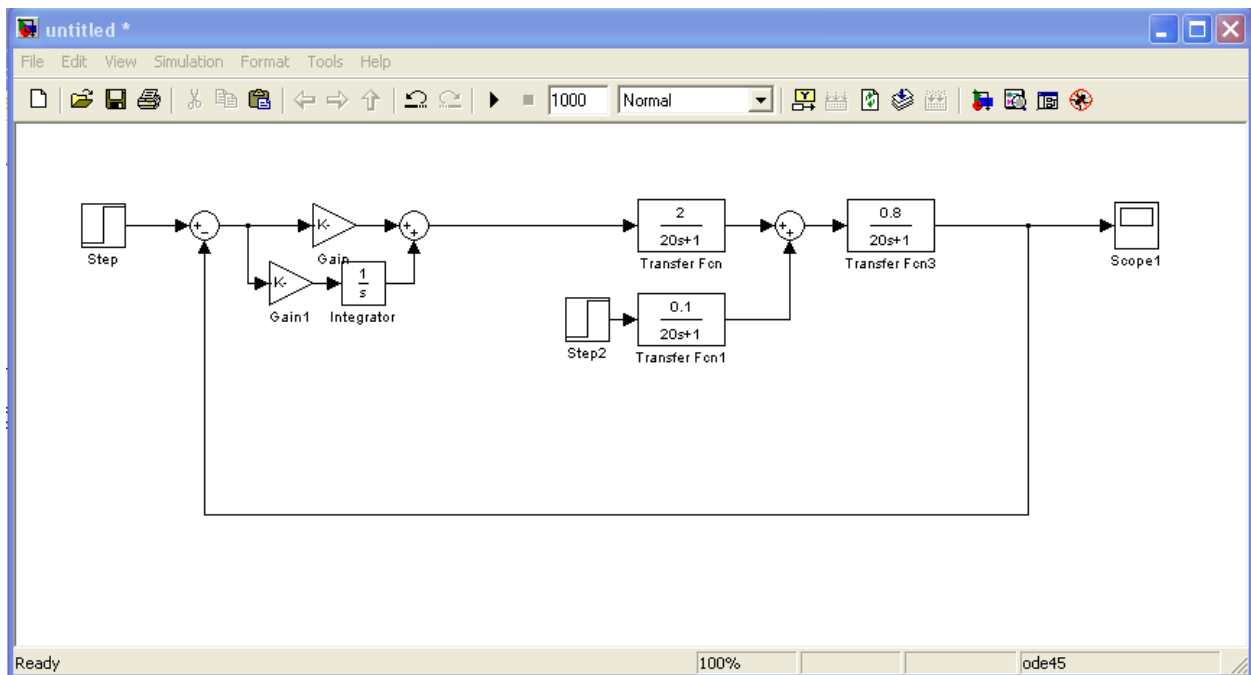


Рис.7.5. Структурна схема АСР з ПІ-регулятором

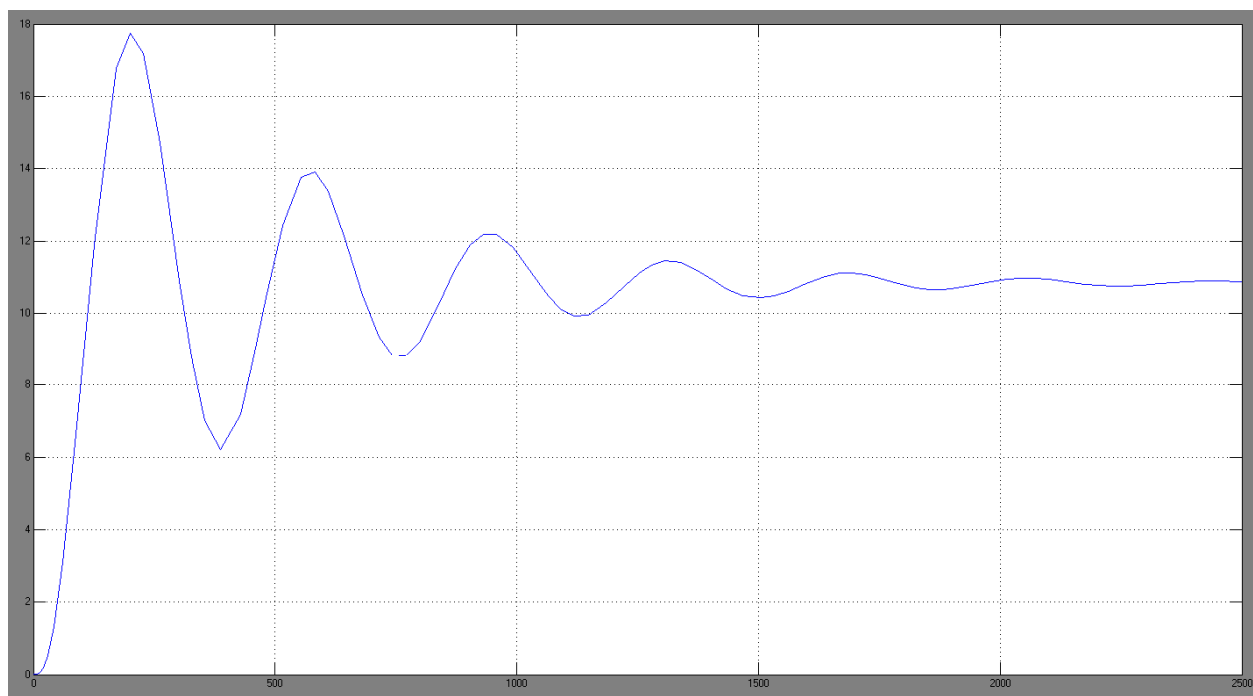


Рис.7.6. Перехідний процес з ПІ-регулятором (оптимальні настройки)

$$\psi = (A1 - A3) / A1 = (7,8 - 3,9) / 7,8 = 0,5; \quad A1 = X1_{\max} = 7,8 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad \Delta X_{cm} = 0,15 \text{ } ^\circ\text{C};$$

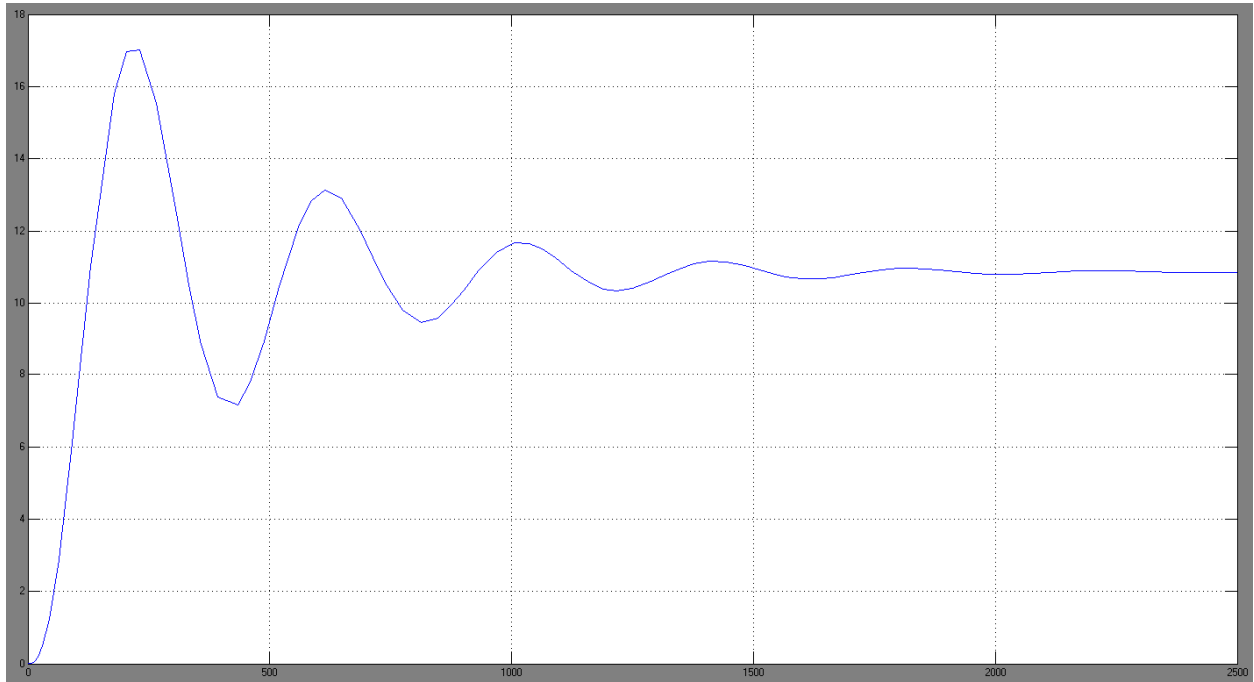


Рис.7.7. Перехідний процес з ПІ-регулятором (оптимальні настройки)

$$\psi = (A1 - A3) / A1 = (7 - 3) / 7 = 0,57; \quad A1 = X1_{\max} = 7 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad \Delta X_{\text{ст}} = 0 \text{ } ^\circ\text{C};$$

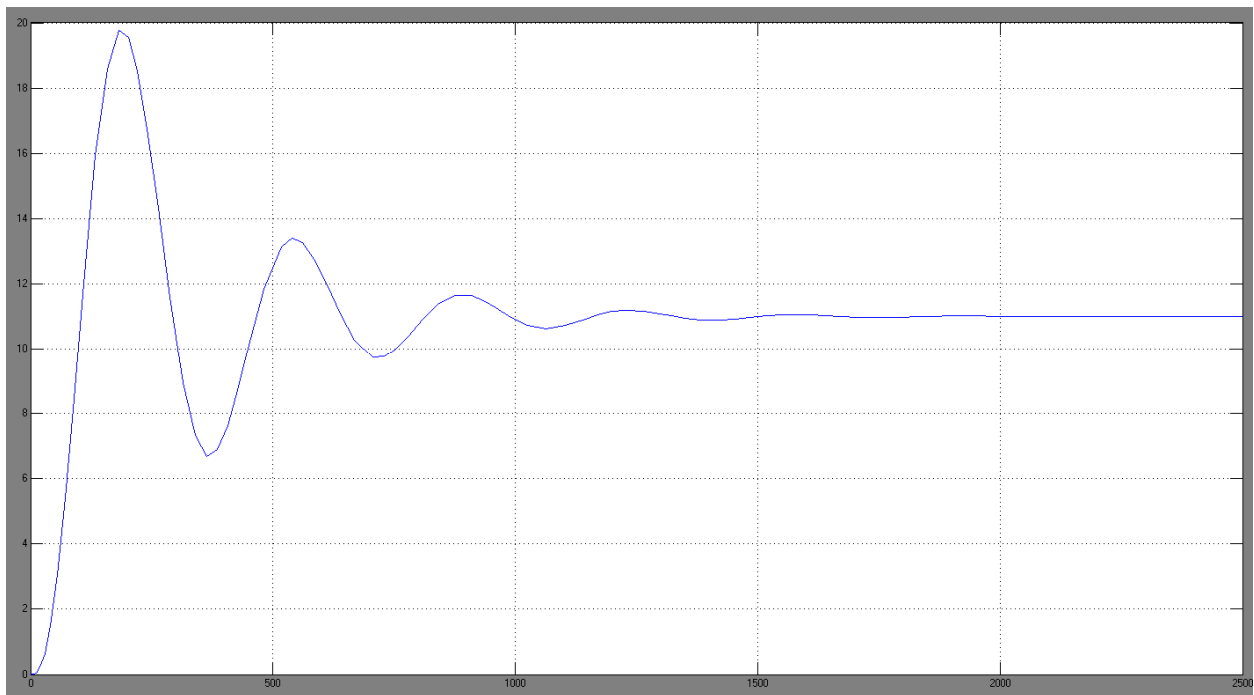


Рис. 7.8. Перехідний процес АСР з ПІД-регулятором.

$$\psi = (A1 - A3) / A1 = (9,8 - 3,4) / 9,8 = 0,65; \quad A1 = X1_{\max} = 9,8 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad \Delta X_{\text{ст}} = 0 \text{ } ^\circ\text{C};$$

	№ докум.	Підпис	

Кваліфікаційна робота

Лист

## Висновки

В кваліфікаційній роботі розроблена технічна документація системи автоматизації процесу сатурації цукрового виробництва.

Головною метою розробки системи автоматизації є економічна доцільність, ефективність і отримання додаткового прибутку від впровадженню проекту. Внаслідок впровадження даної системи автоматизації підвищиться якість кінцевого продукту, а також обсяг виробництва, суттєво зменшаться витрати на електроенергію, а також на обслуговування лінії виробництва. Всі ці фактори дають можливість отримання додаткового прибутку.

Система розроблена із використанням сучасних МПК, а саме із використанням програмованого контролера Vira 100, що має суттєві переваги перед численними локальними системами, а також забезпечує оптимальне ведення виробництва цукру. Завдяки таким системам регулювання температури, рівня, контролю технологічних параметрів контролер забезпечує високу кінцеву якість продукту, компенсує збурення, що мають негативний вплив на процес виробництва.

Технічні рішення описані в пояснювальній записці, показані в графічній частині.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Лист
		№ докум.	Підпис			

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Сапронов, А.Р. Технология сахарного производства / А.Р. Сапронов. – М.: Колос, 1999. – 256 с.
2. Волошин, З.С. Автоматизация свеклосахарного производства / З.С. Волошин, Л.П.Макаренко . – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 340 с.
3. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 “Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології” денної та заочної форм навчання : / уклад. І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. – НУХТ, 2020. – 73 с.
4. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник – Київ: видавництво Ліра-К., НУХТ, 2014. 456 с.
5. О.М Пупена., І.В Ельперін. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro. Навчальний посібник – К.: НУХТ, 2013. – 233 с.
6. Ладанюк А.П. Основи системного аналізу: навчальний посібник / А.П. Ладанюк – Вінниця: Нова книга, 2004. – 176 с.
7. Ладанюк А.П. Системний аналіз складних систем управління: навчальний посібник. / А. П. Ладанюк, Я. В. Смітюх, Л. О. Власенко, Н. А. Заєць, І. В. Ельперін – К.: НУХТ, 2013. – 274 с.
8. Катренко А. В. Системний аналіз об’єктів та процесів комп’ютеризації: навч. посібник./ А. В. Катренко – Львів: Новий світ-2000, 2003. – 424 с.
9. Бабіченко А.К. Промислові засоби автоматизації / А.К.Бабіченко. – Харків.: НТУ «ХП», 2001. – 470 с.
- 10.Дорф Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.
- 11.Дейнеко Л. В. Розвиток харчової промисловості України в умовах ринкових перетворень / Л. В. Дейнеко. – К. : Знання, 1999. – 331 с
- 12.Пупена О.М., Ельперін І.В., Луцька Н.М., Ладанюк А.П. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник. – К.:Вид.-во "Ліра-К", 2011. - 552 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Лист
		№ докум.	Підпис			

13. Трегуб В. Г., Ладанюк А. П., Плужников Л. Н. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматизации в пищевой промышленности: Учебник для вузов. – М.: Агропромиздат, 1991. – 352 с.
14. Трегуб В. Г., Ладанюк А. П. Проектирование, монтаж и эксплуатация систем автоматизации пищевых производств. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1982. – 352 с.
15. Трегуб В. Г. Проектування, монтаж та експлуатація систем автоматизації: Навч. посібник – К.: НМК ВО, 1990. – 80 с.
16. Основи проектування систем автоматизації з елементами САПР: Метод. вказівки до практичних занять для студ. напряму 0925 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч./ Уклад.: В.Г. Трегуб. – К.: НУХТ, 2008. – 67 с.
17. Кулаков М.В. Технологические измерения и приборы для химических производств: Учебник для вузов по специальности "Автоматизация и комплексная механизация химико-технологических процессов". – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 424 с., ил.
18. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / Нестеров А. Л.: – СПб. Издательство: ДЕАН. 2006. –
19. Нестеров А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 2. / Нестеров А. Л.: - СПб. Издательство: ДЕАН. 2009. –
20. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике. Под ред. А.В.Калиниченко: М.: "Инфа-Инженерия", 2008. – 576 с.
21. Дж. Фрайден. Современные датчики. Справочник. Москва: Техносфера, 2005. – 592 с.
22. Монтаж средств измерений и автоматизации: Справ. / Под ред. А. С. Клюева. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 728 с.
23. Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / Под ред. А. С. Клюева. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1990. – 464 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Лист
		№ докум.	Підпис			

24. Основи проектування систем автоматизації з елементами САПР: Метод. вказівки до практичних занять для студ. напряму 0925 "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології" ден. та заоч. форм навч./ Уклад.: В.Г. Трегуб. – К.: НУХТ, 2008. – 67 с.
25. Проектування комп'ютерно-інтегрованих систем: Метод. вказівки до викон. курс. проекту для студ. спец. 7.05020202 «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва» ден. та заоч. форм навч./ Уклад.: О.М. Пупена К.: НУХТ, 2011. 45 с.
26. Людино-машинні інтерфейси: Метод. вказівки до виконан. курсової роботи для студ. напряму 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» ден. та заоч. форм навч. / Уклад.: В.М. Кушков. – К.: НУХТ, 2010. – 15 с.
27. Контролери та їх програмне забезпечення: Метод. вказівки до виконання курс. проекту для студ. спец. 6.092500 “Автоматизоване управління технологічними процесами” і “Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси і виробництва” ден. та заоч. форм навчання /Уклад.: І.В. Ельперін, О.М. Пупена, М.Д. Місюра, С.М. Швед - К.: НУХТ, 2008.- 36 с.
28. Автоматизация производственных процессов и АСУТП в пищевой промышленности. Л.А. Широков, В. И. Михайлов, Р.З. Фельдман и др; под ред. Л.А. Широков. - М: Агропромиздат, 1986.-311 с.
29. Автоматизация технологических процессов пищевых производств. Учебник для ВУЗов. Под редакцией Е. Б. Каприна – 2-е изд. 1989.
30. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Емельянов А. И. Капник О. В. Справочное пособие. 3-е издание Энергоиздат 1983.
31. Автоматизация производственных процессов и АСУТП в пищевой промышленности. Л.А. Широков, В. И. Михайлов, Р.З. Фельдман и др; под ред. Л.А. Широков. - М: Агропромиздат, 1986.-311 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Лист
		№ докум.	Підпис			