

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

Інститут (факультет) Автоматизації і комп'ютерних систем
Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Форсюк А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Ельперін І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

«__» _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

на тему: Розробка системи автоматизації вакуум-апарату періодичної дії на цукровому заводі на базі ОВЕН ПЛК154

Виконав: здобувач 2 курсу, групи 2ск

Пономаренко Максим Михайлович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Міркевич Роман Миколайович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

_____ (підпис)

_____ (підпис)

Рецензент Харкянен Олена Валеріївна
(прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній роботі немає запозичень із праць інших авторів без відповідних посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2020р.

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

« ____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

ПОНОМАРЕНКУ МАКСИМУ МИХАЙЛОВИЧУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації вакуум-апарату періодичної дії на цукровому заводі на базі ОВЕН ПЛК154*

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

(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 Пономаренко М.М.

_____ (підпис)

Керівник роботи Міркевич Р.М.

_____ (підпис)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота на тему: «Розробка системи автоматизації вакуум-апарату періодичної дії на цукровому заводі на базі ОВЕН ПЛК154» складається з 3-х креслень та текстової записки.

Систему автоматизовано за рахунок укомплектування промисловим логічним контролером ПЛК154 від Овен, що сумлінно виконує процес контролю, регулювання та керування технологічним процесом. Таким чином досягається оптимальна робота апарату, при цьому покращується якість виготовленої продукції та зменшується час уварювання утфелю.

В результаті автоматизації покращуються техніко-економічні показники, знижуються експлуатаційні витрати на заробітну плату за рахунок вивільнення персоналу, зменшуються витрати пари та інших енергоресурсів, усувається можливість простою обладнання..

В роботі розроблена документація на систему автоматизації, яка складається з характеристики об'єкту автоматизації, обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів та регулюючих органів, специфікації засобів автоматизації, опису спеціального програмного забезпечення для ПЛК, реалізації людинно-машинного інтерфейсу в середовищі Zenon, комп'ютерного моделювання в програмному засобі Matlab.

Ключові слова: вакуум-апарат періодичної дії, кристалізація, цукрове виробництво, система атоматизації, моделювання АСР, людино-машинний інтерфейс, SCADA програма, закони регулювання.

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

ANNOTATION

Qualification work on the topic: "Development of a system of automation of a vacuum device of periodic action at a sugar factory on the basis of ARIES PLC154" consists of 3 drawings and a text note.

The system is automated by staffing the industrial logic controller PLC154 from Aries, which faithfully performs the process of control, regulation and management of the technological process. In this way, the optimal operation of the device is achieved, while improving the quality of manufactured products and reducing the cooking time of the masecuite.

As a result of automation, technical and economic indicators are improved, operating costs for wages are reduced due to the release of staff, costs of steam and other energy resources are reduced, the possibility of equipment downtime is eliminated.

The paper develops documentation for the automation system, which consists of the characteristics of the object of automation, justification of the choice of technical means for measurement, actuators and regulators, specifications of automation, description of special software for PLC, implementation of human-machine interface in Zenon, computer simulation in Matlab software.

Keywords: vacuum apparatus of periodic action, crystallization, sugar production, atomization system, ACP modeling, human-machine interface, SCADA program, laws of regulation.

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

ЗМІСТ

	Стор.
Вступ.....	7
1. ОПИС ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	9
1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	10
1.2 Розробка завдання на систему автоматизації.....	14
2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	15
2.1 Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	15
2.2 Схема автоматизації.....	21
2.3 Специфікація засобів автоматизації.....	22
3. СХЕМА ПІДКЛЮЧЕННЯ ДАТЧИКІВ ТА ВМ ДО ПЛК.....	24
3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера.....	24
3.2. Загальна схема підключення.....	28
4. КРЕСЛЕННЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ.....	29
5. ОПИС СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОНТРОЛЕРА	33
6. РОЗРОБКА ЛЮДИНО-МАШИННОГО ІНТЕРФЕЙСУ ОПЕРАТОРА ТЕХНОЛОГА.....	40
6.1 Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/НМІ.....	40
6.2 Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора.....	43
7. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ АСР.....	46
ВИСНОВОК.....	55
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	56

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

Вступ

Вітчизняний перебіг розвитку харчової промисловості характеризується концентрацією виробництва, систематичним збільшенням потужностей машин, агрегатів, автоматичних ліній, механізацією і автоматизацією технологічних процесів, підйом виробництва праці та збільшенням якості харчових продуктів. Це передбачає забезпечення сучасних харчових виробництв необхідними технологічними засобами, які мають контролювати і вимірювати 10-ки, 100, а іноді і 1000 фізичних величин, які характеризують будь який процес. Такі масові виміри можна організувати тільки при їх автоматизації. Під час розробки автоматизованих систем контролю харчових виробництв важливе значення має правильний вибір їх структури і методів реалізації.

Сучасний випуск технічних засобів автоматизації і контролю дозволяє здійснити автоматичний контроль більшості параметрів, які характеризують хід технологічних процесів. В харчовій промисловості, яка включає до свого складу більш ніж тридцяти самостійних галузей, обширно використовується контрольно-вимірювальні прилади загального призначення для безперервного автоматичного контролю і регулювання технологічних процесів і окремих параметрів: темп-ри, тиску, рівня витрати, густини і т д.

Цукрова промисловість досі залишається ваговою частиною серед галузей харчової промисловості України.

Сировиною для отримання цукру є буряк, цукор сирець, але провідною сировиною є все таки цукровий буряк. Автоматизація цукрової промисловості забезпечує якісну і ефективну діяльність технологічних ділянок тільки у випадку всеохоплюючого підходу до вирішення цієї задачі. Для того, щоб приступити до розв'язку поставленої задачі потрібно підготувати до автоматизації технологічне обладнання, технологію і обрати необхідні засоби автоматизації для основних і допоміжних процесів.

Процес кристалізації цукру є різновидом процесів масової кристалізації з розчину, яка відбувається при виникненні і рості великої кількості

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

кристалів. Основна кристалізація цукру відбувається в утфельному вакуум-апараті, в нашій кваліфікаційній роботі він є однофункціональним чотирьох стадійним апаратом періодичної дії головного виробництва з підживленням і змінним об'ємом робочого середовища.

Основний процес у вакуум-апараті надалі ВА протікає при створенні і зростанні нової фази у цукровому розчині, пересичення якого підтримують за рахунок випаровування частини розчинника (води) під вакуумом. Процес кристалізації цукру є одним з найбільш складних технологічних процесів, які проводять в харчовій промисловості в апаратах періодичної дії.

Моделювання і оптимальне керування періодичних процесів є актуальною темою для задач автоматизації, а у випадку процесів в утфельних вакуум-апаратах цей сенс набуває особливої уваги, оскільки процес є кінцевим у виробництві цукру і від нього в значній мірі залежить якість готового продукту.

Автоматизована система з використанням найсучасніших підходів потребує постійного вдосконалення. Мета моделювання цього процесу полягає у вивченні поведінки в різних ситуаціях, а також знаходження ефективної та оптимальної роботи процесу кристалізації на виробництві. Оптимізація процесу кристалізації проводиться для знаходження оптимальних режимів, для підвищення ефективності роботи утфельних ВА, а саме збільшення виходу кристалічного цукру та зменшення час його варіння.

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

Розділ 1

ОПИС ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

Найважливішим показниками сучасного науково-технічного прогресу є значна інтенсифікація технологічних процесів, зростання потужності та продуктивності техноагрегатів і тісно пов'язаний з ними розвиток технічних засобів та техніки управління.[23]

Сучасні автоматизовані системи керування технологічними процесами потребують значної кількості і різноманітності засобів вимірювання, що забезпечують покази вимірювальної інформації у формі, яка є зручною для дистанційної передачі, зберігання, подальшого перетворення, обробки та її відображення. Вимірювання сприяють новим науково-технічним відкриттям та впровадженню їх у виробництво, забезпечують об'єктивний контроль за технологічними процесами, надійністю роботи обладнання, економічністю виробництва.

Енергетику, металургію, хімічну і харчову галузі промисловості не можна собі уявити без сучасних засобів вимірювання. Особливо важливе значення має контроль за технологічними процесами для рішення проблеми якості продукції і ефективності виробництва. В харчовій промисловості, що включає в себе більш, як 30 самостійних галузей, широко використовуються контрольно-вимірювальні прилади загального призначення для безперервного автоматичного контролю і регулювання технологічних процесів та окремих параметрів таких як температура, тиск, рівень, витрата тощо.[10]

В останні роки особливого значення набули прилади автоматичного контролю показників якості вихідної сировини, напівпродуктів і готової продукції в усіх харчових галузях, оскільки до якості продукції ставляться високі вимоги. Все більше при управлінні технологічними процесами застосовують сигнали вимірювальної інформації щодо якісного складу.

Кваліфікаційна робота

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Арк.	Аркушів
Розробив		Пономаренко М.М.			<i>Розробка системи автоматизації вакуум-апарату періодичної дії на цукровому заводі на базі ОВЕН ПЛК154</i>		
Керівник		Міркевич Р.М.					
Зав.кафедри		Ельперін І.В.					
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.					
					ЗАК-2-2ск		

1.1. Аналіз технологічної ділянки як об'єкта автоматизації

1. Перед набором апарату перевіряють повноту очищення поверхні нагрівання, герметичність перекриття вентилів: парового на пропарюючому трубопроводі і повітряного, а також шибера для спуску утфеля.

2. При включенні апарату відкривають повітряні вентиля для створення розрідження: спочатку малий повітряний вентиль попереднього розрідження, а після досягнення розрідження 0,04 МПа (0,4 кгс / кв. См) - основний повітряний вентиль.

Відкривши малий повітряний вентиль, відкривають вентиля на складальному колекторі у апарату.

3. Для скорочення неактивного часу пуск пари в парову камеру здійснюють, відкриваючи вентиль на один оборот після заповнення апарату на 1/3 висоти парової камери.

Завдяки такому прийому камера попередньо прогривається і звільняється від залишків конденсату попереднього циклу уварювання. Набирають таку кількість сиропу, щоб після згущення до масової частки сухих речовин 82 - 83% він в змозі кипіння покривав всю поверхню нагріву апарату.[1, 2]

Щоб уникнути пошкодження поверхні нагріву повільно відкривають паровий вентиль після наповнення апарату сиропом, але повністю, щоб забезпечити максимальний приплив пара. Тривалість набору сиропу до покриття ним поверхні нагрівання не повинна перевищувати 6 хв.

4. Згущення сиропу до заведення кристалів. Згущення сиропу проводять при можливо більш високому розрідженні в вакуум-апараті. При згущуванні сиропу до стану готовності для заведення кристалів ("до проби") судять за зовнішніми ознаками: рухливості уварювалася сиропу, форми

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

і інтенсивності підйому бульбашок пара, швидкості стікання бризок сиропу по зоровому склу, пробі "на волосся". Зміст сухих речовин в такому сиропі становить 82 - 83% при температурі 73 - 75 ° С.

Ступінь перенасичення сиропу і готовність його для заведення кристалів визначають також за показаннями шкали Кондуктоміри - відповідно до раніше встановленої відміткою для цього етапу уварювання утфелю.[3]

Тривалість згущення сиропу "до проби" не повинна перевищувати 20 - 30 хв.

5. Заведення кристалів цукру:

а) Кристали цукру в пересиченому цукровому розчині заводять за допомогою цукрової пудри. Для цієї мети застосовують тонкоподрібнену цукрову пудру, просіяну через густе сито з числом ниток 67 на 1 см.

б) Для заведення кристалів в сиропі нормальної якості з масовою часткою сухих речовин 82% в вакуум-апарат місткістю близько 40 т вводять зазвичай 50 г пудри, щоб отримати кристали цукру середнього розміру (3000 кристалів в 1 г) або нижче середнього (5000 кристалів в 1 г).

в) Пудру вводять в апарат через пробний кран.

Для створення рівномірних кристалів у всій масі згущеного сиропу рекомендується одночасно з пудрою вводити в апарат підкачуванням невелику кількість сиропу.

г) Через 2/3 хв. після введення пудри, з апарату відбирають на скло пробу сиропу для спостереження за кількістю утворення центрів кристалізації.

Якщо кристалів випало занадто мало, це означає, що пудра введена раніше необхідного часу, тобто при дуже низькому коефіцієнті пересичення. В цьому випадку розчиняють утворені кристали підкачкою сиропу і після додаткового згущення вдруге вводять пудру.

Якщо кристалів випало занадто багато, значить пудру додали пізно, і

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

коефіцієнт перенасичення сиропу був занадто високий. Заведені кристали також слід повністю розчинити введенням в апарат додаткової кількості сиропу. Якщо концентрація сиропу висока, то вводять фільтрований сульфатований сік.

д) Після заведення кристалів подальше створення кристалізаційних центрів припиняють, а вже утворені кристали закріплюють. Для цієї мети в апарат вводять дві-три закріпні підкачки сиропу, якими знижують коефіцієнт перенасичення.

Необхідно, однак, уникати надмірно великих підкачок сиропу, так як при цьому можна частково або навіть повністю розчинити незміцнілі кристали цукру.

Після закріплення кристалів двома-трьома підкачками подальше їх нарощування проводять при температурі 76 - 78 ° С.[1, 3]

е) При уварюванні утфелю I кристалізації з сиропу погіршеної якості і особливо сиропу, отриманого з зіпсованою буряка, доцільно для інтенсифікації процесу кристалізації і усунення ціноутворення застосовувати поверхнево-активні речовини - ПАР.

6. Нарощування кристалів цукру:

а) Для успішного росту кристалів забезпечують: необхідний приплив сиропу в апарат, певний ступінь пересичення міжкристального розчину.

б) На початку процесу нарощування кристалів підтримують низькі коефіцієнти перенасичення, так як міжкристальний розчин в цей час має високу доброякісність і, якщо підтримувати пересичення високим, можливе утворення нових центрів кристалізації.

У міру зниження доброякісності міжкристального розчину уварювання утфелю, пересичення його може бути підвищено без побоювання утворення нових кристалів.

Кристали нарощують при повністю включеній поверхні нагрівання.

в) Нарощування кристалів зазвичай ведуть при періодичних підкачках

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

сиропу. У разі безперервної підкачки її здійснюють, користуючись встановленими на обхідному трубопроводі малим вентилям або за допомогою автоматичної системи управління.

г) За правильним ростом кристалів стежать, час від часу відбираючи проби утфелю на скло.

Поява кристалічної "муки" можна виявити по помутнінні плівки міжкристального розчину на склі. "Муку" розчиняють збільшеною підкачкою сиропу.

д) Коли доброякісність міжкристального розчину при роботі за двохкристалізаційною схемою знизиться до доброякісності другого відтоку утфеля I кристалізації, подачу сиропу припиняють, і в апарат вводять весь другий відтік, отриманий при центрифугуванні утфелю попереднього циклу уварювання. Це зазвичай відбувається, коли апарат вже заповнений утфелем на 3/4 свого об'єму.

Другий відтік вводять в апарат нерозбавленим, попередньо розігрітим в збірнику до 85 ° С, щоб розчинити кристали цукру що в ньому містяться.

Для кращого змішування відтоку з утфелю і щоб уникнути перекидань на конденсатор, відтік додають в апарат повільними підкачки.

7. Остаточне згущення утфелю

Після того, як в вакуум-апарат набрана остання порція відтоку, приступають до завершального етапу процесу уварювання утфелю.

Необхідне виснаження міжкристального розчину при уварюванні утфелю I кристалізації є одним з найбільш істотних умов зниження вмісту цукру в мелясі. Доброякісність міжкристального розчину повинна бути на 12 - 13% нижче, ніж доброякісність вихідного продукту.

8. Спуск утфелю і пропарювання вакуум-апарату:

а) Після закінчення процесу уварювання закривають всі парові вентиля і вентиль на трубопроводі до конденсатора і відкривають вентиль для набору повітря в апарат. Утфель швидко спускають в мішалку.

б) Після спуску утфеля приступають до пропарюванню вакуум-апарату. Пар в апарат вводять по барботері. Утвореним конденсатом розчиняється утфель що залишився в апараті, який стікає в утфелемішалки.

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

В таблиці 1 наведено основні технологічні параметри процесу уварювання утфелю.[2]

Таблиця 1.1 – Технологічні параметри процесу

Параметр	Величина
1.Масова частка сухих речовин у готовому утфелі,%	92,0 - 92,5
2. Розрідження в апараті, МПа (кгс / кв. см) (таке глибоке розрідження може бути досягнуто при наявності роздільних конденсаторів для вакуум-апаратів I і II, III кристалізації)	0,085 (0,85)
3. Температура кипіння утфеля, °С	72 - 78
4. Надмірний тиск пари, що гріє, МПа (Кгс / кв. См)	0,07 - 0,1 (0,7 - 1,0)
5. Ефект кристалізації, од.	12 - 13

1.2 Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1.2 – Завдання на систему автоматизації

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії
1	Вакуум-апарат	Температура	72 - 78°С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапани
		Рівень	95 %	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапани
		Вміст сухих речовин	92-92,5 %	Регулювання	Відображення, реєстрація	Вплив на клапани
		Розрідження	0,085 МПа	Регулювання	Відображення, реєстрація	Вплив на клапани
		Тиск в паровій камері	0,07 - 0,1 МПа	Регулювання	Відображення, реєстрація	Вплив на клапани
2	Збірник сиропу	Рівень	95 %	Управління	Захист від переповнення	Вплив на клапани
3	Збірник БП-I пр.	Рівень	95 %	Управління	Захист від переповнення	Вплив на клапани
4	Утфелемішалка	Рівень	95 %	Управління	Захист від переповнення	Вплив на клапани
5	Мішалка	Швидкість	0-4	Управління	Відображення, реєстрація	Вплив на частотний перетворювач

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

Розділ 2

СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ

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

Вимірювання розрідження у вакуум-апараті, а також тиску в трубопроводі подачі пари реалізовано за допомогою датчика тиску РС-28 компанії Aplisens, який призначений для вимірювання розрідження, а також надлишкового та абсолютного тиску газу, пари та рідини.[22]

- Межі вимірювань тиску: від -0,1 до 100 МПа;
- Мінімальна ширина діапазона 2,5 кПа;
- Вихідний сигнал: (4÷20) мА або (0÷10) В;
- Іскробезпечне виконання 0ExiaІСТ6Х.

Залита силіконовим компаундом електронна схема розміщена в корпусі зі ступенем захисту IP 65. Невелика маса перетворювача дозволяє монтаж його безпосередньо на об'єкті (технологічному обладнанні або трубопроводі).

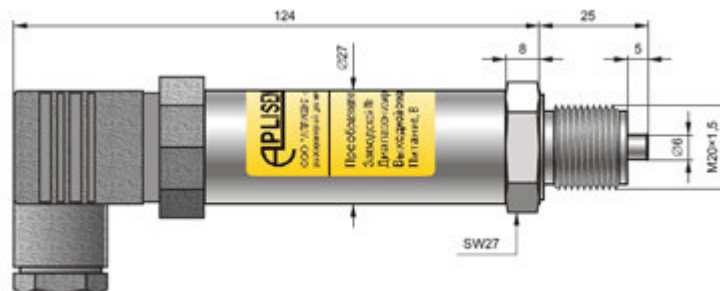


Рис.2.1. Датчик тиску РС-28

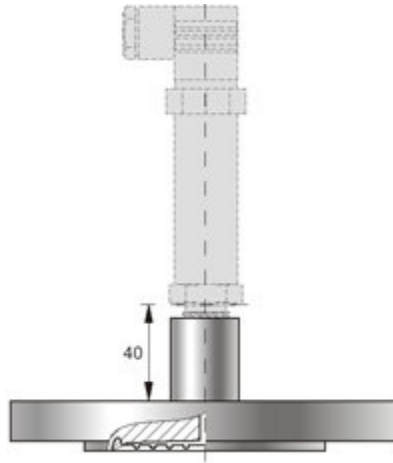
У разі вимірювань тиску пари або інших гарячих середовищ використовується сильфонна або імпульсна трубка. Застосування спеціального манометричного вентиля перед перетворювачем полегшує монтаж і заміну перетворювача на працюючому обладнанні.

Для густих середовищ (сироп, утфель) використовується такий же датчик РС-28,

Кваліфікаційна робота

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Арк.	Аркушів
Розробив		Пономаренко М.М.			ЗАК-2-2ск		
Керівник		Міркевич Р.М.					
Зав.кафедри		Ельперін І.В.					
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.					
<i>Розробка системи автоматизації вакуум-апарату періодичної дії на цукровому заводі на базі ОВЕН ПЛК154</i>							

але з роздільною мембраною типу SP діаметром 50 або 80 мм.



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

Для вимірювання рівня у вакуум-апараті використовуються інтелектуальні дифманометри з мембранними роздільниками **APR-2200 Aplisens**, які підключаються по протоколу HART, мають межі вимірювання, що доволіно налаштовуються і набір додаткових налаштувань. Довжина з'єднувальних трубок між перетворювачем і мембранами вказується при замовленні.

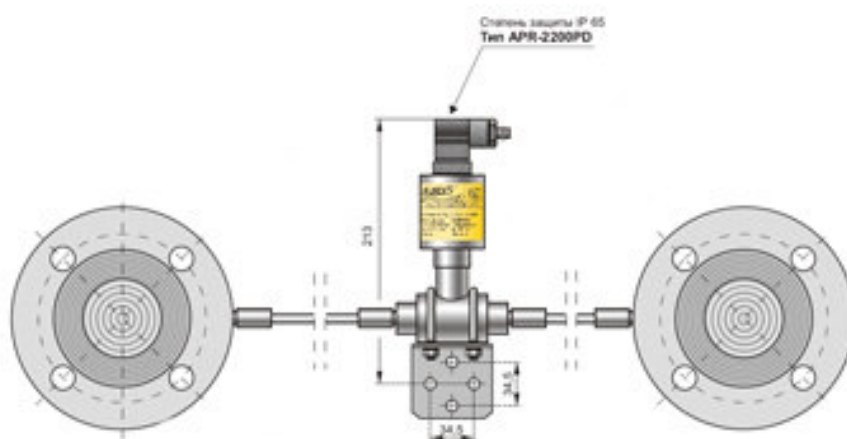


Рис. 2.2. Інтелектуальні дифманометри APR-2200 компанії Aplisens

Перетворювач APR-2200 призначений для вимірювання різниці тисків газу, пари та рідини там, де необхідне застосування мембранних сепараторів, а точки відбору імпульсів тиску можуть бути віддалені один від одного на кілька метрів. Типовим застосуванням є: гідростатичні вимірювання рівня в закритих резервуарах, щільності і межі фаз.

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

Переваги:

- Різноманітне використання;
- Можливість конфігурації початку і кінця діапазону вимірювань (також шляхом заданого тиску);
- Вихідний сигнал 4 ... 20 мА, 0 ... 20 мА, 0 ... 5 мА + протокол HART;
- Основна приведена похибка $\pm 0,1\%$, цифрова компенсація додаткових похибок.
- Вибухобезпечне виконання 0ExiaIICT4 / T5 / T6 X, 1ExdIICT5 / T6 X;
- Комплект приймача тиску конструктивно зібраний методом зварювання, що гарантує довготривалу герметичність блоку в цілому.

Для вимірювання температури в апараті ми використовуємо платинові термометри опору з вмонтованими в корпус платами перетворення "опір/струм" з вихідним сигналом 4-20 мА.

Схема з'єднання з вимірювальною апаратурою - двопровідна, яка не потребує окремого живлення датчика.

Термоперетворювачі використовуються погрузного типу, монтуються на технологічному обладнанні і трубопроводах для вимірювання температури рідких, газоподібних і сипучих середовищ.

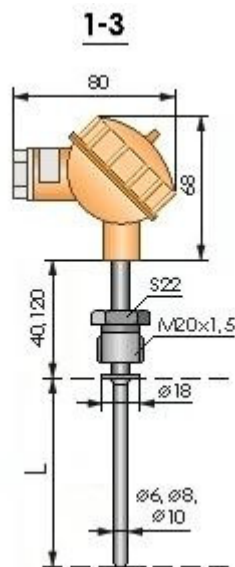


Рис.2.3. Термометри опору ТСП-1-3-Pt100-В-2-400-6-M20x1,5-120-Д-(-50..250)

Основним виробником і постачальником термоперетворювачів опору є ПАТ "Тера". Термоперетворювачі опору відповідають вимогам ДСТУ ГОСТ 6651:2014.[23]

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

Принцип роботи термометра опору. Для вимірювання температури використовується однозначна залежність електричного опору від температури. Опір датчика вимірюється електронною схемою і за відомою залежністю $R(T)$ перетворюється в сигнал постійного струму (4..20мА), величина якого прямо пропорційна вимірюваній температурі.[7]



Рис.2.4. Вбудований перетворювач 4-20 мА і RS485 для типів головок Д

Призначення: для перетворення аналогових сигналів термоопорів і термопар в уніфіковані аналогові сигнали 4-20 мА або в цифровий сигнал по інтерфейсу RS485. Перетворювачі призначені для установки в склопластикову головку (тип Д) датчика.

Функціональні можливості:

перетворення:

- термоопір - струм 4-20 мА;

- термоопір - RS485;

- термопара - струм 4-20 мА;

1-канальні знімні моделі для термоперетворювачів опору і термопар

2-канальні незнімні моделі 4-20 мА для термоперетворювачів опору будь-який діапазон температури під замовлення

настройка "таблетки" з урахуванням опору проводів від чутливого елемента до головки термоперетворювача опору (при поставці без датчика - настройка по НСХ ГОСТ).

Для визначення вмісту сухих речовин (%СР) у вакуум-апараті використовуються НВЧ-аналізатори LB-565 фірми Berthold. [6, 12]

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



Вторинний перетворювач



Зонд для безпосереднього вимірювання вмісту СР

Рис.2.5. Комплект НВЧ-аналізатора для визначення %СР

НВЧ-аналізатор складається з зонда, який безпосередньо контактує з досліджуваним середовищем і перетворювача, який має безліч функцій: генерує НВЧ-сигнал на зонд, знімає відгук, перераховує і видає результати вимірювань на різні інтерфейси, відображає на дисплеї результати або меню налаштування.

Мікрохвильовий зонд встановлюється в кишені парової камери або в днищі вакуум-апарату в місці інтенсивної циркуляції утфелю. Перетворювач, якщо він не виконаний в одному корпусі зі зондом, встановлюється поблизу від зонда. Довжина штатних з'єднувальних кабелів невелика - одиниці метрів.



Рис.2.6. Приклад монтажного виконання LB-565

Мікрохвильовий зонд існує в декількох основних варіантах: звичайному, з промивкою і проточному.

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



Рис.2.7. Існуючі варіанти зондів

Переваги та недоліки НВЧ-аналізаторів:

НВЧ-аналізатори дорогі і досить складні в налаштуванні. Потрібен відбір значної кількості проб утфелю і точне визначення % СВ відібраних зразків для калібрування перетворювачів. На густих утфелях існує також проблема відповідності проби на датчику та проби з пробного крана, оскільки це можуть бути абсолютно різні місця вакуум-апарату. НВЧ-аналізатор не відрізняє цукрозу, яка перейшла в кристали, від цукрози в розчині, внаслідок чого неможливо пряме визначення коефіцієнта пересичення утфелю.

Тим не менш, НВЧ-аналізатор є єдиним засобом для прямого безперервного вимірювання вмісту сухих речовин в продуктах цукрового виробництва. Після правильного калібрування відмінно себе показує - показання достовірні, не змінюються в часі.

Принцип дії.

Мікрохвильовий зонд, що має дві антени (приймальну і передавальну), пропускає через шар досліджуваного продукту НВЧ випромінювання.

Час поширення хвиль від антени-передавача до антени-приймача і їх інтенсивність на приймальній антені залежать від властивостей досліджуваного середовища.

У водних розчинах і суспензіях в більшості випадків вода різко відрізняється за своїми властивостями від інших компонентів (діелектрична проникність порядку 81, полярна молекула), і саме її вміст визначає умови розповсюдження хвиль.

Вимірювання зсуву фази і загасання хвилі дозволяє, після відповідного калібрування датчика, визначити вміст води в речовині, а, відтак, і %СР.

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

2.2. Схема автоматизації

Схема автоматизації вакуум-апарату періодичної дії дозволяє реалізувати автоматичне та дистанційне керування процесом кристалізації цукру по всім каналам регулювання; здійснюється контроль, індикація та реєстрація основних технологічних параметрів процесу, передбачено світлову та звукову сигналізацію відхилень від ustalених значень. Схема автоматизації зображена на листі №1 графічної частини роботи.[5, 17]

Запропонована автоматизована система керування вакуум-апаратом передбачає:

- дистанційне та автоматичне управління виконавчими механізмами та регулюючими органами;
- тепломеханічний контроль;
- технологічну сигналізацію, індикацію;
- збір та архівацію даних;
- автоматичне неперервне регулювання (автоматичне підтримання технологічних параметрів на заданому значенні);
- перехід на ручне управління без порушення процесу;
- можливість ручного управління всіх регульованих параметрів.

Регулювання розрідження у ВА та тиску в трубопроводі подачі вторинної пари реалізовано за допомогою датчика тиску (поз. 1а, 4а) типу РС-28 компанії Aplisens. Вихідний сигнал з датчика (4-20 мА) надходить на ПЛК, де обробляється і формується регулюючий вплив на пневматичний виконавчий механізми Fisher 8560 (поз. 1в, 4в), який відкриває/закриває регулюючий орган в трубопроводі подачі вторинної пари та вентиль для створення вакууму. Оскільки сигнал з ПЛК електричний, то використовуємо в цій цепочці ще електро-пневмоперетворювач Samson 6111 (поз. 1б, 4б).

Регулювання температури у вакуум-апараті здійснюється за допомогою платиного термометра опору ТСП з вбудованим перетворювачем в 4-20мА вихідним сигналом (поз. 3а, 3б) фірми ТЕРА. Сигнал з датчика надходить на ПЛК, який виконує обробку вхідного сигналу і формує регулюючий вплив на виконавчий механізм типу Fisher 8560 (поз.3г), що встановлений в трубопроводі подачі пари з ТЕЦ в апарат. Оскільки сигнал з ПЛК електричний, то використовуємо в цій цепочці

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

ще електро-пневмоперетворювач Samson 6111 (поз. 3в).

Регулювання рівня у вакуум-апараті проведено за допомогою інтелектуального дифманометра з мембранними розподільвачами APR-2200 (поз.2а). Сигнал з датчика надходить на ПЛК, який виконує обробку вхідного сигналу і формує регулюючий вплив на виконавчий механізм МИМ-3077 (поз.2в), що встановлений в трубопроводі подачі сиропу в апарат. Оскільки сигнал з ПЛК електричний, то використовуємо в цій цепочці ще електро-пневмоперетворювач Samson 6111 (поз. 2б).

Регулювання вмісту сухих речовин у ВА реалізовано за допомогою НВЧ-аналізатора концентрації СР з спеціалізованим мікрохвильовим зондом та процесором Micro-Polar Brix LB565 (поз. 5а, 5б). Сигнал з датчика надходить на ПЛК, який виконує обробку вхідного сигналу і формує регулюючий вплив на виконавчий механізм МИМ-3077 (поз. 5г), що встановлений в трубопроводі подачі затравки в апарат. Оскільки сигнал з ПЛК електричний, то використовуємо в цій цепочці ще електро-пневмоперетворювач Samson 6111 (поз. 5в).

2.3. Специфікація приладів і засобів автоматизації польового рівня

Таблиця 2.1.

Поз. на схемі	Найменування та технічна характеристика засобу	Тип, марка, позначення документу, листа опитування	Завод-виготовлювач/виробник	Одиниця виміру	К-ть	Примітка
1	2	3	5	6	7	9
1а, 4а, 6а	Датчик тиску призначений для вимірювання розрідження, а також надлишкового та абсолютного тиску газу, пари та рідини. Межі вимірювання -0,1..100 МПа. Вих. сигнал 4-20 мА.	РС-28	Aplisens	шт.	3	Трубопровід подачі пари з ТЕЦ, вакууму, спуску продукту
2а	Інтелектуальний дифманометр з мембранними розподільвачами. Вихід. сигнал 4-20 мА.	APR-2200	Aplisens	шт.	1	ВА
3а,3б	Платиновий термометр опору з вбудованим перетворювачем вихід. сигнал 4-20 мА. Вимір. діапазон т-р -50..+250°С.	ТСП-1-3- Pt100-B-2-400- 6-M20x1,5- 120-Д(- 50..250)	ТЕРА	шт.	1	ВА
Кваліфікаційна робота						Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1	2	3	5	6	7	9
5а,5б	НВЧ-аналізатор концентрації СР з спец.мікрохвильовим зондом та процесором. Межі вимір. 0-100 %. Вихід. сигнал 4-20 мА.	Micro- Polar Brix LB565	Berthold	шт.	1	ВА
1б, 2б, 3в, 4б, 5в, 6в	Електро-пнеумоперетворювач постійного струму 4- 20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Рживл.=600 кПа, напруга живлення 24 DC.	Samson 6111	Samson,	шт.	6	-
1в, 2в, 3г, 4в, 5г, 6г	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	Fisher 8560	EMERSON	шт.	6	-
КМ1	Пускач магнітний, 18А. Робоча напруга 220/380 В.	ПМ 1-18-01	АСКО УКРМ	шт.	1	-

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

Конкурентні переваги ОВЕН ПЛК154

- Відсутність операційної системи, що підвищує надійність роботи контролера.
- Швидкість спрацьовування дискретних входів досягає 10 кГц (використовуючи підмодулі лічильника).
- Підтримується робота з широким спектром аналогових датчиків, зокрема термопари.
- Незалежні один від одного інтерфейси на борту: Ethernet, послідовні порти, USB
- Device (для програмування пристрою).
- Розширений робочий діапазон температур навколишнього середовища: від -20 до +70 °С.
- Вбудована акумуляторна батарея, що забезпечує резервне живлення для коректного збереження даних у разі раптового зникнення напруги живлення. При роботі від батареї запускається алгоритм, що переводить вихідні елементи в «безпечний стан».
- Вбудований годинник реального часу, що працює від батареї.
- Можлива робота з нестандартними протоколами обміну даними за будь-яким з портів, що дає можливість підмикати до контролера лічильники електрики, води і газу, зчитувачі штрих-кодів тощо.[9]

Загальні відомості

Конструктивне виконання	Кріплення на DIN-рейку
Ступінь захисту корпусу	IP20
Напруга живлення ПЛК154-220	90... 264 В змінного струму частотою 47... 63 Гц
Споживана потужність	6 Вт
Індикація передньої панелі	1 індикатор живлення 6 індикаторів станів дискретних входів 4 індикатори станів виходів 1 індикатор наявності зв'язку з CODESYS 1 індикатор роботи програми користувача

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

Ресурс

Центральний процесор	32-розрядний RISC-процесор 200 МГц на базі ядра ARM9
Об'єм оперативної пам'яті	8 МВ
Об'єм енергозалежної пам'яті зберігання ядра CODESYS, програм та архівів	4 МВ
Розмір Retain-пам'яті	4 кВ
Час виконання циклу ПЛК	Мінімальний 250 мкс (нефіксований), типовий від 1 мс

Дискретні входи

Кількість дискретних входів	4
Гальванічна ізоляція дискретних входів	є, групова
Електрична міцність ізоляції дискретних входів	1,5 кВ
Максимальна частота сигналу, який подається на дискретний вхід:	
-при програмному обробленні	1 кГц
-при застосуванні апаратного лічильника	10 кГц
-при застосуванні обробника енкодера	1 кГц

Дискретні виходи

Кількість цифрових виводів	4 е/м реле
Характеристики дискретних виводів	Струм комутації до 2 А при напрузі не більше 220 В 50 Гц та $\cos \varphi > 0,4$
Гальванічна ізоляція дискретних виводів	є, індивідуальна
Електрична міцність ізоляції дискретних виводів	1,5 кВ

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

Аналогові входи

Кількість аналогових входів	4
Типи сумісних уніфікованих вхідних сигналів	Напруга 0...1 В, 0...10 В, -50...+50 мВ Струм 0..5 мА, 0(4)..20 мА Опір 0...5 кОм
Типи датчиків, які підмикаються	Термоопір: ТСМ50М, ТСП50П, ТСМ100М, ТСП100П, ТСН100Н, ТСМ500М, ТСП500П, ТСН500Н, ТСП1000П, ТСН1000Н Термопари: ТХК (L), ТЖК (J), ТНН (N), ТХА (K), ТПП (S), ТПП (R), ТВР (А-1), ТВР (А-2)
Розрядність вбудованого АЦП	16 біт
Внутрішній опір аналогового входу: у режимі вимірювання струму у режимі вимірювання напруги 0... 10 В	50 Ом Близько 10 кОм
Час опитування одного аналогового входу	0,5 с
Межа основної зведеної похибки вимірювання аналоговими входами	0,5 %
Гальванічна ізоляція аналогових входів	відсутня

Аналогові виходи

Кількість аналогових виходів	4
Розрядність ЦАП	10 біт
Тип вихідного сигналу ПЛК154-И ПЛК154-У ПЛК154-А	Струм 4... 20 мА Напруга 0... 10 В Струм 4... 20 мА або напруга 0... 10 В
Живлення аналогових виходів	вбудовані, спільні на всі виходи
Гальванічна ізоляція аналогових виходів	є, групова
Електрична міцність ізоляції аналогових виходів	1,5 кВ

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

Інтерфейси зв'язку

Інтерфейси	Ethernet 100 Base-T RS-232 RS-485
Швидкість обміну за інтерфейсами RS	від 4800 до 115200 bps
Протоколи	ОВЕН Modbus-RTU, Modbus ASCII DCON Modbus-TCP GateWay (протокол CODESYS)

Для реалізації системи автоматизації вакуум-апарату періодичної дії необхідно:

1. Аналогові входи – 6 шт;
2. Аналогові виходи – 6 шт;
3. Дискретні виходи – 1шт.

Оскільки функціональні можливості ПЛК154 не задовольняють заявлену кількість входів/виходів, тому беремо два контролери, об'єднавши їх в єдину мережу за допомогою RS-485. [34]

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

Розділ 4

КРЕСЛЕННЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

Інтелектуальний перетворювач (датчик) перепаду тиску APR-2200 з дистанційними роздільниками використаний для вимірювання гідростатичним методом рівня у вакуум-апараті.[22]

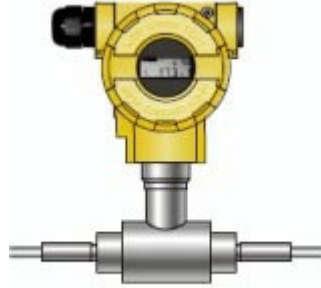


Рис.4.1. APR-2200 групи компаній Aplisens

Перетворювач APR-2200 призначений для вимірювання різниці тисків газу, пари та рідини там, де необхідне застосування мембранних сепараторів.

Переваги приладу

- Різноманітне використання, у тому числі вимірювання гідростатичним методом: рівня в закритих резервуарах (під тиском), щільності і межі фаз.
- Можливість конфігурації початку і кінця діапазону вимірювань (також шляхом заданого тиску).
- Вихідний сигнал 4 ... 20 мА, 0 ... 20 мА, 0 ... 5 мА + протокол HART.
- Основна приведена похибка $\pm 0,1\%$, цифрова компенсація додаткових похибок.
- Вибухобезпечне виконання 0ExiaIICT4 / T5 / T6 X, 1ExdIICT5 / T6 X.
- Комплект приймача тиску конструктивно зібраний методом зварювання, що гарантує довготривалу герметичність блоку в цілому.

Кваліфікаційна робота

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Арк.	Аркушів
Розробив		Пономаренко М.М.			<i>Розробка системи автоматизації вакуум-апарату періодичної дії на цукровому заводі на базі ОВЕН ПЛК154</i>		
Керівник		Міркевич Р.М.					
Зав.кафедри		Ельперін І.В.					
Секретар ЕК		Проскурка Є.С.					
					ЗАК-2-2ск		

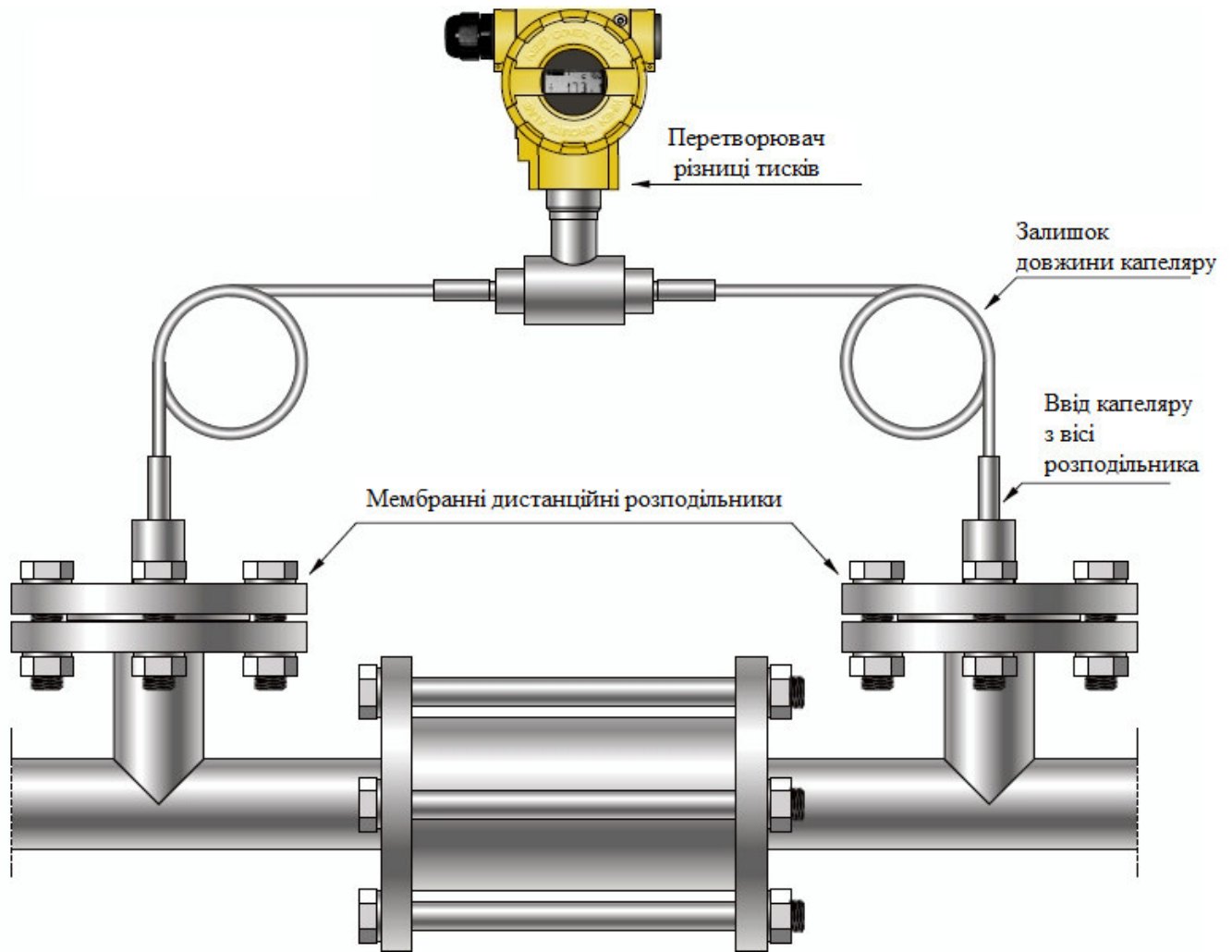


Рис.4.2. Перетворювач з двома дистанційними розподільниками

Типовим застосуванням є: гідростатичні вимірювання рівня в закритих резервуарах, щільності і межі фаз, а також вимір перепаду тиску на фільтрах, різниці тисків між середовищами на пастеризаторах і т.п. Пропоновані типи роздільників дають можливість зробити виміри більшості властивостей середовищ вимірювання. Вимірювальним елементом є п'єзорезистивного кремнієва монолітна структура, відокремлена від середовищ вимірювання роздільними та компенсаційної мембранами, а також самою системою дистанційного поділу. Спеціальна конструкція вимірювального модуля забезпечує стійкість до ударних впливів вимірюваним тиском і перевантаження до 4 МПа. Електронний системний блок розташований в циліндричному корпусі перетворювача зі ступенем захисту IP 65 або IP 66.[20]

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

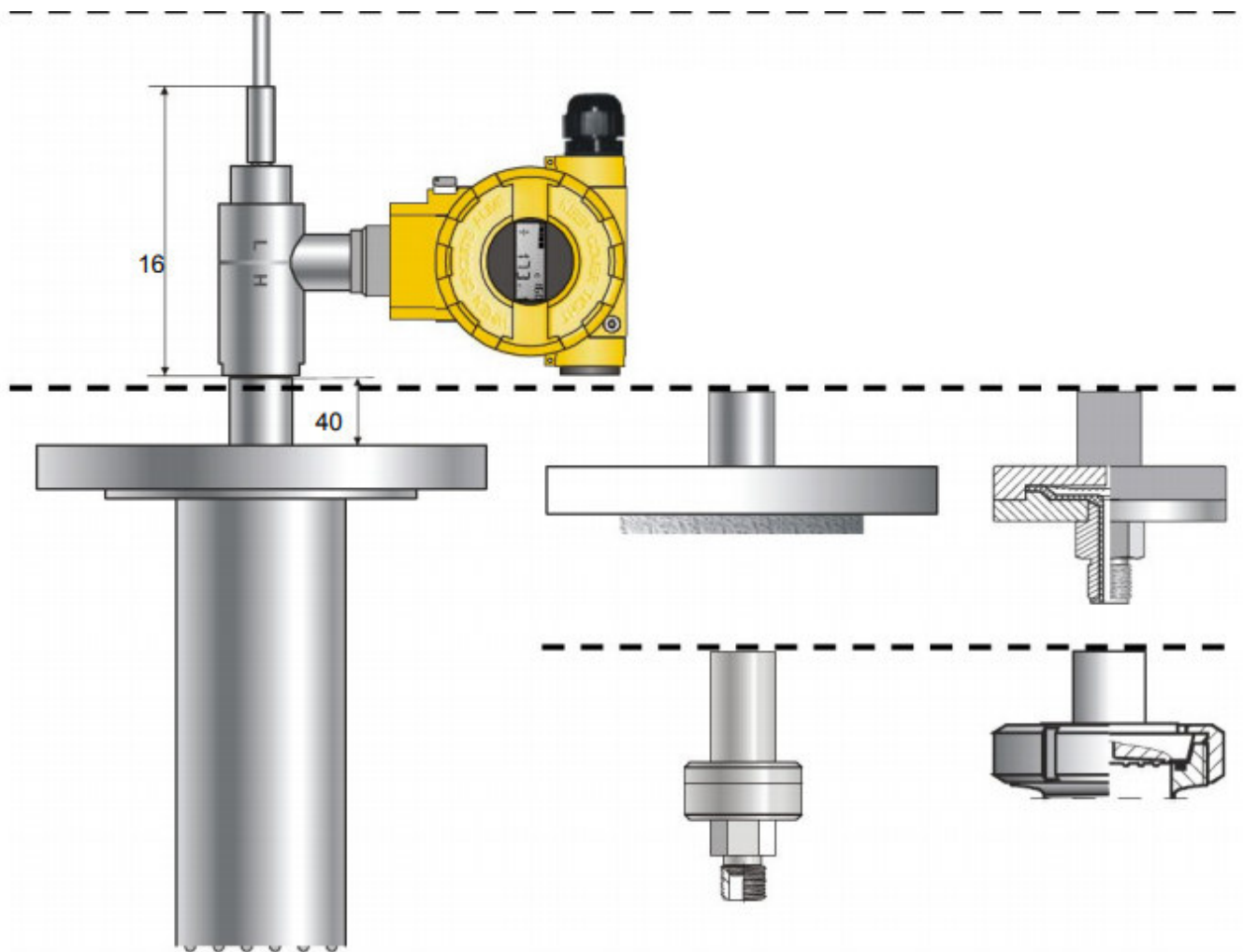


Рис.4.3. Перетворювач з одним дистанційними та одним безпосередньо мембранним розподільниками середовищ

Комунікація

Конфігурація і калібрування перетворювача проводиться за допомогою комунікаційного пристрою КАР-03, деяких комунікаційних пристроїв (HART), блоком управління (тільки конфігурація), вбудованого в корпус перетворювача типу - AL-, а так само персонального комп'ютера (PC) з використанням перетворювача Hart-USB і програмного забезпечення "Report-01" виробництва Аплісенс.

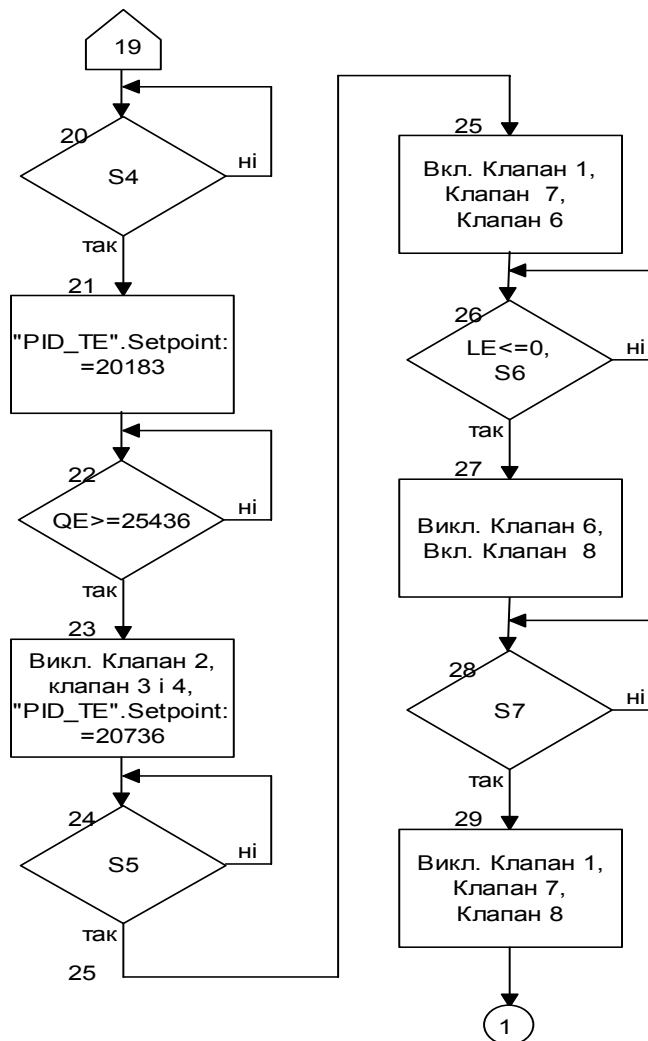


					Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Обмін даними з перетворювачем APR-2200 додатково дає можливість: ідентифікації перетворювача, контролю вимірюваної величини різниці тисків, вихідного струму і% ширини діапазону в даний момент часу.

Креслення встановлення даного технічного засобу зображено на листі з графічної частини роботи. [26]

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



Процес кристалізації у вакуум-апараті періодичної дії організований відповідно наведеній блок-схемі алгоритму. При сигналі з операторської панелі про початок процесу (кнопка "Старт" на мнемосхемі) відбувається перехід на стадію згущення сиропу. [3]

Стадія "ЗГУЩЕННЯ СИРОПУ":

Відкривають клапан 2, після досягнення значення розрідження -0,04 кПа додатково повністю відкривається клапан 3. Значення залишкового тиску підтримують на рівні -0,09кПа. Одночасно з відкриттям клапану 3, відкривають клапан 5, відбувається набір сиропу. Як тільки рівень в апараті сягне 30 %, відкривають клапан 4 на 10% прогриваючи камеру. При досягненні в апараті сиропом 80%, клапан 5 закривають. Відбувається згущення сиропу, температуру підтримують на рівні 70 °С. Як тільки концентрація сухих речовин в сиропі сягне 82%, оператору виводиться технологічне повідомлення про необхідність введення затравки,

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

відбувається перехід на наступну стадію процесу.

Стадія "ВВЕДЕННЯ ЗАТРАВКИ":

Клапан 9 відкривається на 10 с. і слід підтримувати температуру 80 °С. Після подання оператором сигналу про достатню кількість зародків в уварювальній масі відбувається перехід на стадію нарощування кристалів цукру.

Стадія "НАРОЩУВАННЯ КРИСТАЛЛІВ ЦУКРУ":

На цій стадії концентрацію сухих речовин в продукті підтримують на рівні 84% при заданій температурі 75 °С. Стадія триває до тих пір, доки оператор не подасть сигнал про перехід на стадію згущення та вивантаження утфелю.

Стадія "ЗГУЩЕННЯ ТА ВИВАНТАЖЕННЯ УТФЕЛЮ":

Температуру підтримують на рівні 73 °С та залишковий тиск в апараті на рівні -0,09 кПа. Як тільки концентрація сухих речовин досягне 92%, необхідно закрити клапан 4, клапан 2 і 3. При цьому відкривають клапан 1 та клапан 7, розпочинається вивантаження утфелю, відкривають клапан 6 для орошення утфелю водою. При досягненні в апараті рівня <0,1 м клапан 6 закривають, відбувається перехід на стадію пропарки.

Стадія "ПРОПАРКА":

Відкривається клапан 8 для подачі в вакуум-апарат відпрацьованої пари. Після сигналу оператора про завершення стадії допоміжних робіт, клапани 1, 7 і 8 закривають, процес повторюється спочатку.

При натисненні кнопки "Стоп" на мнемосхемі процес припинити, всі клапани перевести в закриті положення.

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

Програма для ПЛК

За існуючим алгоритмом розроблено програму за допомогою інтегрованого середовища розробки програмного забезпечення CODESYS v.2.3.9.41.[8]

За допомогою Менеджера параметрів змінні МЕК-програм, константи і системні змінні можна зробити доступними в мережі, що складається з систем, що працюють під управлінням CoDeSys. Менеджер параметрів використовується для організації обміну даними в мережі, зазвичай fieldbus. Для цього ми повинні створити список змінних і завантажити його в ПЛК.

Вибераємо об'єкт "Parameter Manager" у вкладці "Resources". Відкриється вікно, в якому ми створюємо і редагуємо списки параметрів, а також є можливість завантажувати їх в режимі online в ПЛК і контролювати поточні значення параметрів.

Під час розробки програми було використано такі змінні, що показано на рис. 5.2.

	Name	Index	Subl...	Variable	Value	Min	Max
608	Start	16#22...	16#1	.globvar1	0	0	1
608	Stop	16#22...	16#1	.globvar1	1	0	1
608	LE	16#22...	16#1	plc_prg.ivar1	0	0	100
608	TE	16#22...	16#1	plc_prg.ivar1	0	0	100
608	QE	16#22...	16#1	plc_prg.ivar1	0	0	100
608	PT_vak	16#22...	16#1	plc_prg.ivar1	0	0	10
608	KL1	16#22...	16#1	plc_prg.ivar1	0	0	100
608	KL2	16#22...	16#1	plc_prg.ivar1	0	0	100
608	KL3	16#22...	16#1	plc_prg.ivar1	0	0	100
608	KL4	16#22...	16#1	plc_prg.ivar1	0	0	100
608	KL5	16#22...	16#1	plc_prg.ivar1	0	0	100
608	KL6	16#22...	16#1	plc_prg.ivar1	0	0	100
608	KL7	16#22...	16#1	plc_prg.ivar1	0	0	100
608	KL8	16#22...	16#1	plc_prg.ivar1	0	0	100
608	KL9	16#22...	16#1	plc_prg.ivar1	0	0	100
608	S1	16#22...	16#1	plc_prg.ivar2	0	0	1
608	S2	16#22...	16#1	plc_prg.ivar2	0	0	1
608	S3	16#22...	16#1	plc_prg.ivar2	0	0	1
608	S4	16#22...	16#1	plc_prg.ivar2	0	0	1
608	S5	16#22...	16#1	plc_prg.ivar2	0	0	1
608	S6	16#22...	16#1	plc_prg.ivar2	0	0	1
608	S7	16#22...	16#1	plc_prg.ivar2	0	0	1
608	vak	16#22...	16#1	plc_prg.ivar2	0	0	10

Рис. 5.2. Змінні в середовищі розробки програми контролера

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

Лістинг програми

```

PLC_PRG (PRG-ST)
0001 IF ("Zminni".Start AND NOT "Zminni".Stop) AND "Zminni".S1 THEN
0002 CASE #I OF
0003 0:#I := 1;
0004 1:"Zminni".KL2 := TRUE;
0005 IF "Zminni".PE_vak = 13818 THEN //-0,04кПа
0006 "Zminni".Vak := 3;
0007 "Zminni".KL5 := TRUE;
0008 #I := 2;
0009 END_IF;
0010 2:IF "Zminni".LE = 8294 THEN //рівень в апараті 30%
0011 "Zminni".KL4 := 2764; //
0012 #I := 3;
0013 END_IF;
0014 3:IF "Zminni".LE = 22118 THEN //80
0015 "Zminni".KL5 := FALSE;
0016 "Zminni".Para := 3;
0017 "PID_TE".Setpoint := 19353; //70
0018 #I := 4;
0019 END_IF;
0020 4:IF ("Zminni".QE = 22671 AND "Zminni".S2) THEN //82
0021 #m1 := true;
0022 "Zminni".KL9 := TRUE;
0023 "PID_TE".Setpoint := 22118;
0024 END_IF;
0025 IF #m2 THEN
0026 "Zminni".KL9 := FALSE;
0027 #m1 := FALSE;
0028 END_IF;
0029 #m1 := FALSE;
0030 END_IF;
0031
0032

```

```

0001 #I := 5;
0002 5:IF "Zminni".S3 THEN
0003 "Zminni".KL5 := TRUE;
0004 IF "Zminni".QE = 23224 THEN //84
0005 "Zminni".KL5 := FALSE;
0006 "PID_TE".Setpoint := 20736; //75
0007 #I := 6;
0008 END_IF;
0009 END_IF;
0010 6:IF "Zminni".S4 THEN
0011 "PID_TE".Setpoint := 20183; //73
0012 END_IF;
0013 IF "Zminni".QE = 25436 THEN //92
0014 "Zminni".KL2 := FALSE;
0015 "Zminni".Vak := 4;
0016 "Zminni".Para := 4;
0017 "Zminni".KL3 := 0;
0018 "PID_TE".Setpoint := 0;
0019 #I := 7;
0020 END_IF;
0021 7:IF "Zminni".S5 THEN
0022 "Zminni".KL1 := TRUE;
0023 "Zminni".KL7 := TRUE;
0024 "Zminni".KL6 := TRUE;
0025 #I := 8;
0026 END_IF;
0027 8:IF ("Zminni".LE <= 0 AND "Zminni".S6) THEN
0028 "Zminni".KL6 := FALSE;
0029 "Zminni".KL8 := TRUE;
0030 #I := 9;
0031 END_IF;
0032

```

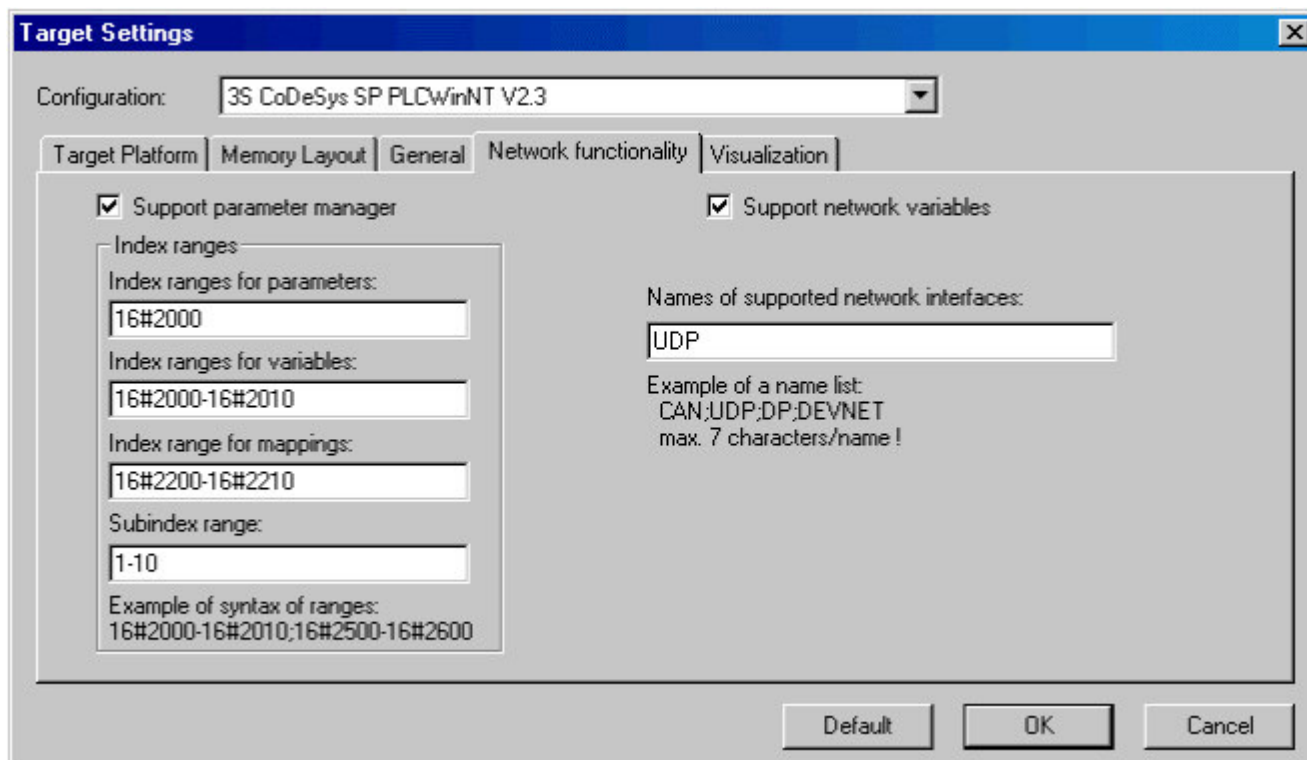
				Кваліфікаційна робота	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

```

0001 9:IF "Zminni".S7 THEN
0002 "Zminni".KL1 := FALSE;
0003 "Zminni".KL7 := FALSE;
0004 "Zminni".KL8 := FALSE;
0005 #I := 10;
0006 END_IF;
0007 ELSE
0008 #I := 0;
0009 END_CASE;
0010 END_IF;
0011 IF "Zminni".Stop THEN
0012 "Zminni".PID_VAK (Setpoint :=13811, //-0,09
0013 Input := "Zminni".PE_vak,Output => "Zminni".KL3,
0014 Mode := "Zminni".Vak);
0015 "PID_TE" (Input := "Zminni".TE,
0016 Output => "Zminni".KL4,
0017 Mode := "Zminni".Para);
0018
0019
0020
0021

```

В налаштуваннях цільової платформи відкриваємо вкладку "Network functionality":



Неодмінно встановлюємо прапорець Support Parameter Manager і введемо необхідні діапазони індексів і підіндексів для списків параметрів типу "Parameter" і "Variable", а також, якщо дозволяє цільова платформа, заповніємо поле Index ranges for mappings (діапазон індексів для PDO CAN пристроїв).

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

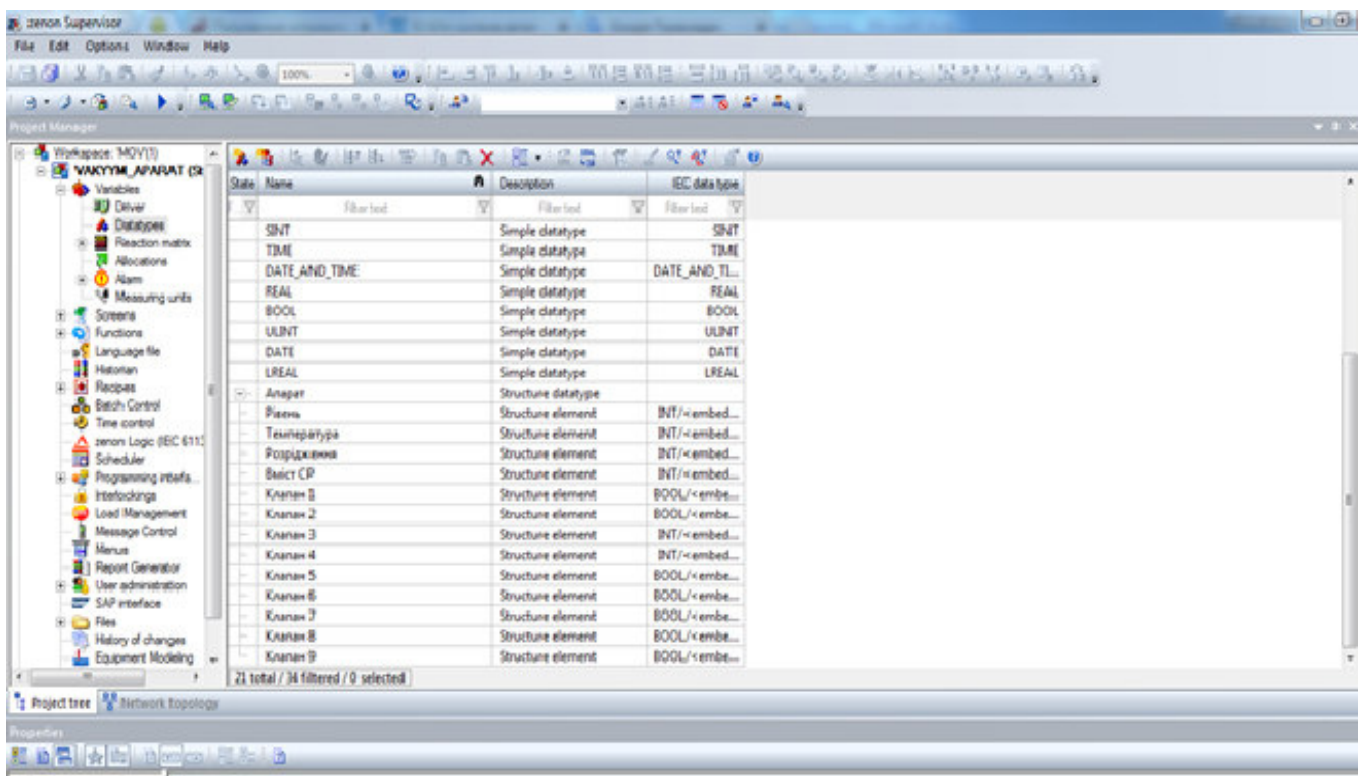


Рис.6.1. Структурований тип даних «Апарат»

Всі змінні та їх налаштування, які було використано при створенні SCADA-системи, наведено в таблиці 6.1.

Змінні та їх налаштування

Таблиця 6.1.

Назва змінної	Мін. Вх. Знач.	Макс. Вх. знач.	Мін. Вих. Знач.	Макс. Вих. знач.	Тип
Рівень	0	27648	0	100	INT
Температура	0	27648	0	150	INT
Розрідження	0	27648	-100	100	INT
Вміст СР	0	27648	0	100	INT
Клапан 1	0	1	0	1	BOOL
Клапан 2	0	1	0	1	BOOL
Клапан 3	0	27648	0	100	INT
Клапан 4	0	27648	0	100	INT
Клапан 5	0	1	0	1	BOOL
Клапан 6	0	1	0	1	BOOL
Клапан 7	0	1	0	1	BOOL
Клапан 8	0	1	0	1	BOOL
Клапан 9	0	1	0	1	BOOL
KL3_A\Р	0	1	0	1	BOOL
KL4_A\Р	0	1	0	1	BOOL

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

Система керування отримує дані від обладнання через драйвер. Він вибирається відповідно до мережевого протоколу чи виробника PLC. В Zenon інтегровано понад 300 різноманітних драйверів для підключення до найбільш розповсюдженого обладнання. [33]

Конфігурування драйверу.

В менеджері проекту у вузлі Variables вибираємо пункт Driver. У цьому вікні детального перегляду є вже декілька драйверів для створення внутрішніх, математичних та системних змінних, тому клікаємо на іконці New driver. Автоматично відкриється вікно вибору драйверу, де вибираємо відповідні драйвери для нашого ПЛК ОВЕН.

Для створення алармів та трендів в пункті менеджера проекту «Historian» було обрано такі змінні як температура, рівень, розрідження та вміст СР, які показано на рис.6.2.

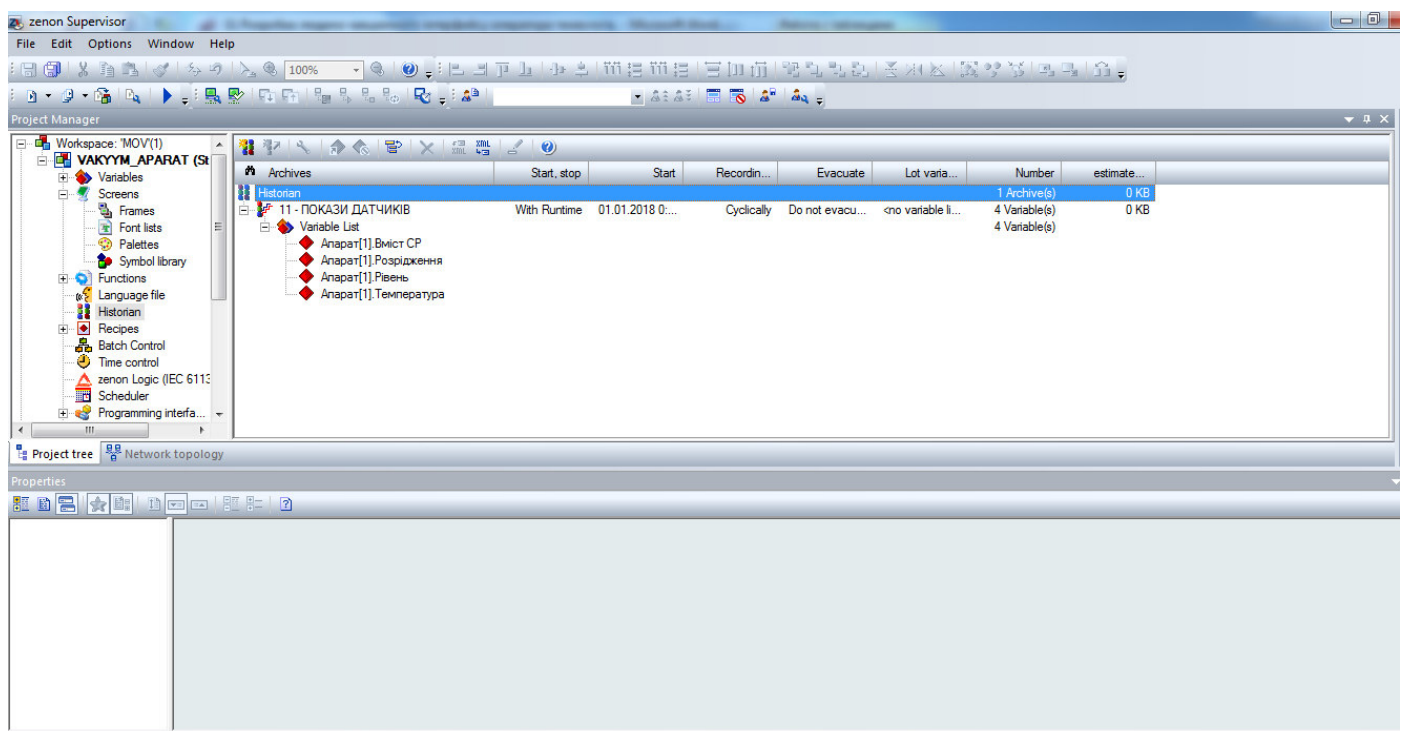


Рис.6.2. Вибір змінних

В таблиці 6.2 наведено налаштування лімітів для алармів аналогових змінних, що показано на рис.6.2.

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

На рис.6.4 показано мнемосхему з активною помилкою, яка показана зверху від мнемосхеми в червоній лінії. В цій лінії вказано, яка саме помилка та час її виникнення.

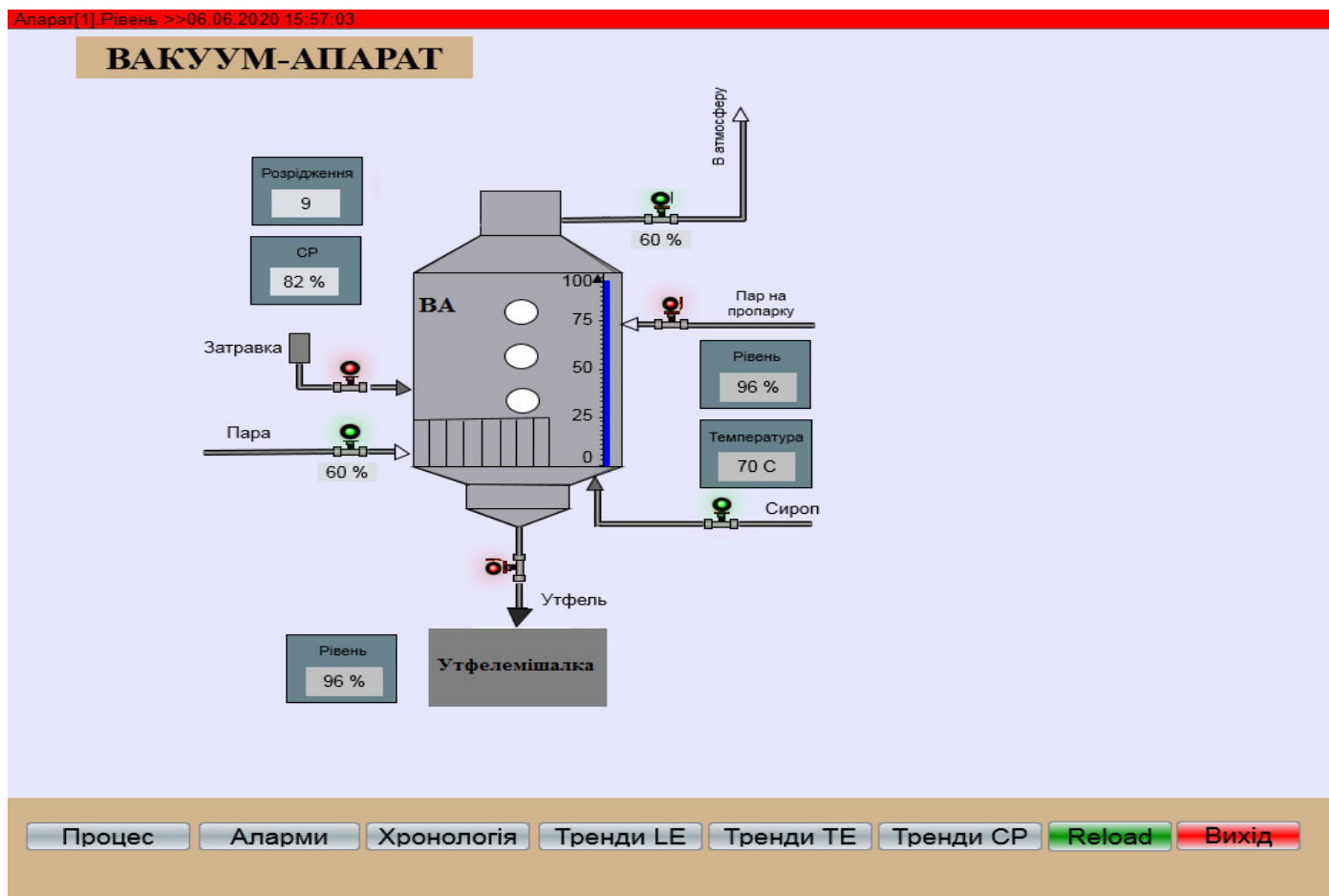


Рис.6.4. Мнемосхема з активною помилкою

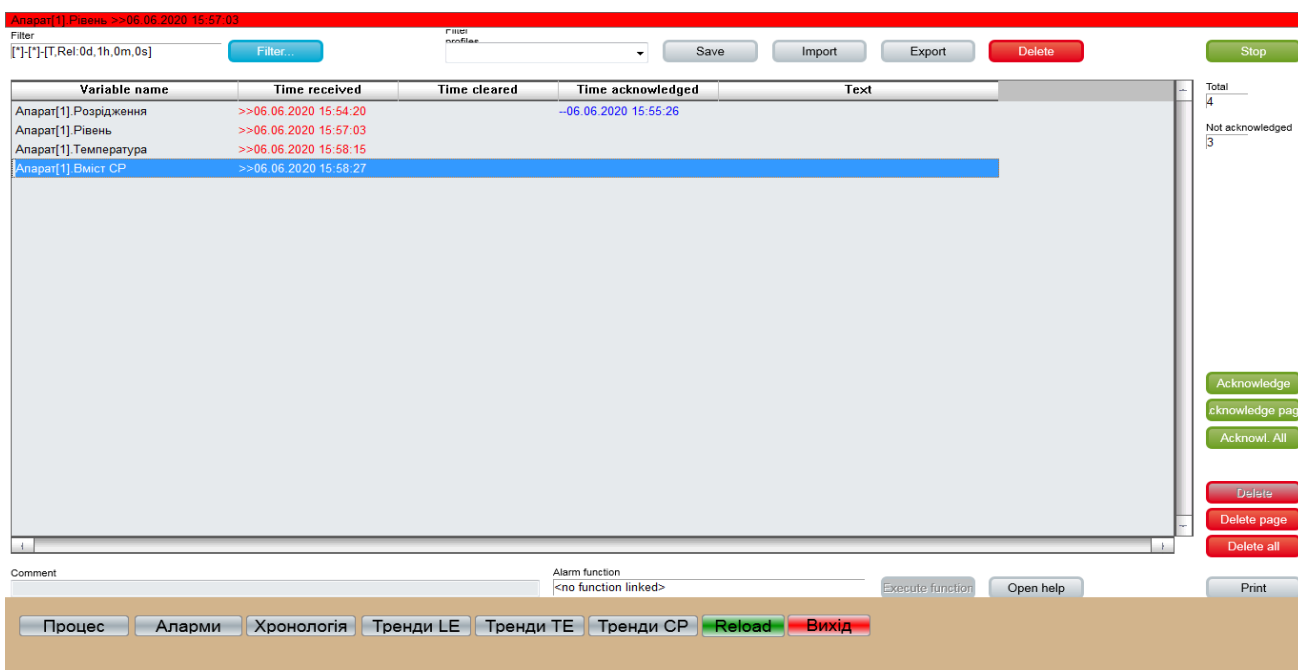


Рис.6.5. Вікно активних алармів

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

Filter: [*][*]-[T,Rel:0d,1h,0m,0s] Filter... Save Import Export Delete Stop

Time received	Text	Variable name	Value	Mea...	User - full name	Computer name	Comment
06.06.2020 15:53:03	System was stopped				SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:53:28	System was started				SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:53:45	Modify spontaneous value: (1)	Апарат[1].Клапан 2	1		SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:53:48	Modify spontaneous value: (1)	KL3_AIP	1		SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:53:53	Modify spontaneous value: (1)	KL4_AIP	1		SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:54:16	Modify spontaneous value: (60 %)	Апарат[1].Клапан 3	60	%	SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:54:20		Апарат[1].Розрідження	9				
06.06.2020 15:54:20	Modify spontaneous value: (9)	Апарат[1].Розрідження	9		SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:54:24	Modify spontaneous value: (82 %)	Апарат[1].Вміст СР	82	%	SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:54:29	Modify spontaneous value: (80 %)	Апарат[1].Рівень	80	%	SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:54:32	Modify spontaneous value: (70 C)	Апарат[1].Температура	70	C	SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:54:37	Modify spontaneous value: (1)	Апарат[1].Клапан 5	1		SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:54:42	Modify spontaneous value: (60 %)	Апарат[1].Клапан 4	60	%	SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:57:03		Апарат[1].Рівень	96	%			
06.06.2020 15:57:03	Modify spontaneous value: (96 %)	Апарат[1].Рівень	96	%	SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:57:27	Modify spontaneous value: (80 C)	Апарат[1].Температура	80	C	SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:57:30	Modify spontaneous value: (75 %)	Апарат[1].Вміст СР	75	%	SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:57:41	Modify spontaneous value: (0)	KL4_AIP	0		SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:58:15		Апарат[1].Температура	96	C			
06.06.2020 15:58:15	Modify spontaneous value: (96 C)	Апарат[1].Температура	96	C	SYSTEM	STUD-ПК	
06.06.2020 15:58:27		Апарат[1].Вміст СР	98	%			
06.06.2020 15:58:27	Modify spontaneous value: (98 %)	Апарат[1].Вміст СР	98	%	SYSTEM	STUD-ПК	

Number
100

Comment Print

Процес Аларми Хронологія Тренди LE Тренди TE Тренди СР Reload Вихід

Рис.6.6. Вікно хронології подій

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

відхиленням. Комбіновані системи дають можливість забезпечити необхідну якість процесу керування, але виникають проблеми щодо їх синтезу, зокрема з виконанням вимог фізичної реалізації для складних об'єктів;

- **адаптації**, коли система сама має можливість пристосуватись до змінюваних умов роботи, що вимагає застосування складних алгоритмів та ЕОМ при їх реалізації.[14, 15, 16]

Для оцінки працездатності автоматичних систем керування використовуються різні показники, але загальними вимогами є :

- *стійкість*, це необхідна але не достатня умова, яка означає можливість повернення системи в початковий стан після того, як була порушена її рівновага. Для автоматичних систем регулювання це означає збіжність перехідних процесів, тобто обмежений час їх тривалості. Оцінку стійкості АСР проводять на початкових етапах аналізу і синтезу і нестійка система не може застосовуватись. Часто для забезпечення стійкості необхідно змінити структуру системи або значення параметрів її елементів, в першу чергу автоматичних регуляторів. Для реальних систем повинна забезпечуватись також додаткова вимога – запасу стійкості при роботі в різних умовах;
- *якість*, що для АСР характеризується якістю перехідних процесів : відхилення від заданого режиму в статиці та динаміці, коливальність і тривалість перехідних процесів. Часто якість перехідних процесів оцінюють інтегральними показниками :

$$I_1 = \int_0^{t_n} \Delta x \, dt \longrightarrow \min$$

або

$$I_2 = \int_0^{t_n} (\Delta x)^2 \, dt \longrightarrow \min$$

де : $\Delta x = x_{зд} - x$, t_n – час перехідного процесу. Таким чином, оцінка якості перехідних процесів АСР дає можливість оцінити остаточно її працездатність та можливість застосування в конкретних умовах;

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

- *надійність*, яка доповнюється додатковими вимогами щодо вартості, зручності науково-технічного рівня і т.д. [32]

Функціональна схема АСПР зображена на рис. Вона містить програмний задавач (ПЗ), сигнал від котрого поступає на елемент порівняння (ЕП), який формує різницю між біжучим та заданим значенням регульованої величини Y , що вимірюється давачем (Д). Вихідний сигнал ЕП подається на вхід регулюючого пристрою (РП), який формує (П-,ПІ,ПІД) сигнали керування виконавчим механізмом (ВМ). Останній через регулюючий орган (РО), діє на енергетичний або матеріальний потік X_2 на вході технологічного об'єкту керування (ТОК), підтримуючи регульовану величину в межах заданого значення.[13]

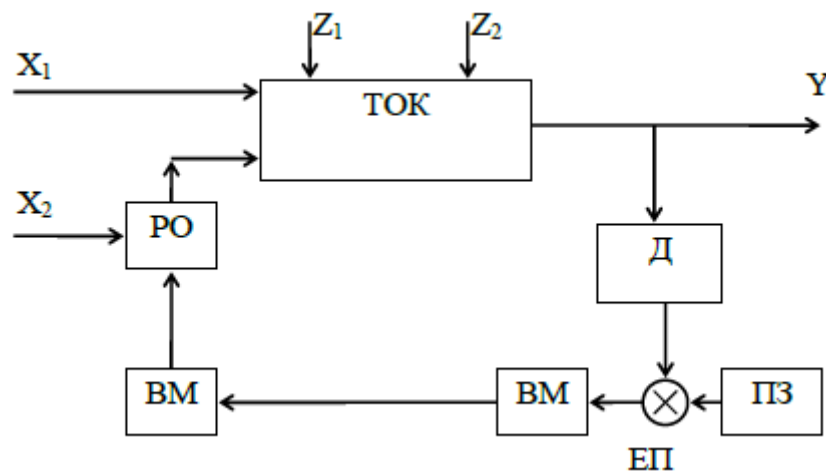


Рис.7.1. Функціональна схема програмного регулювання

Закони керування та автоматичні регулятори

В автоматичних системах завжди формуються керуючі дії, спрямовані на забезпечення бажаного режиму функціонування об'єкта з урахуванням діючих збурень та характеристик об'єкта і зовнішнього середовища. Пристрій керування, а в автоматичних системах керування – автоматичний регулятор постійно перетворює отримувану інформацію в сигнал керування, який залежить в загальному випадку від відхилення ΔX , збурення Z , а також від інтегральних показників та похідної регульованої координати. Ця залежність називається **законом** регулювання (керування). В теорії автоматичного керування використовуються два підходи до вибору та застосування автоматичних регуляторів :

- визначення необхідного закону керування, виходячи з властивостей об'єкта та вимог до якості системи. В цьому випадку закон керування – математична

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

залежність, яка може бути довільної форми будь-якої складності. В технічній літературі процедури отримання необхідного закону керування називають *аналітичним конструюванням регуляторів*;

- застосування типових законів керування, тоді для конкретного випадку обирається один з них та проводиться підбір параметрів (настроювання) для конкретних умов, тобто здійснюється *параметричний синтез* автоматичних регуляторів.

При реалізації законів керування технічними засобами автоматичні регулятори можуть бути неперервними (аналоговими) та дискретними. В неперервних вхідні та вихідні сигнали регуляторів є неперервними функціями часу, в дискретних, до яких відносяться релейні (позиційні), імпульсні та цифрові, вихідний сигнал має стрибкоподібну форму або є послідовністю імпульсів.

До **типових** неперервних законів керування відносяться :

- пропорційний (статичний) :

$$U_{рег} = K_{рег} \cdot \Delta X ,$$

де : $K_{рег}$ – коефіцієнт передачі регулятора, $\Delta X = X_{зд} - X(t)$;

- інтегральний (астатичний) :

$$U_{рег} = K_{рег}^{ин} \int_0^{t_n} \Delta X dt$$

- диференціальний :

$$U_{рег} = K_{\partial} \frac{d(\Delta X)}{dt}$$

- пропорційно-диференціальний :

$$U_{рег} = K_{рег} \cdot \Delta X + K_{\partial} \frac{d(\Delta X)}{dt}$$

- пропорційно-інтегральний :

$$U_{рег} = K_{рег} \Delta X + K_{рег}^{ин} \int_0^{t_n} \Delta X dt$$

- пропорційно-інтегрально-диференціальний :

$$U_{рег} = K_{рег} \Delta X + \frac{K_{рег}}{T_i} \int_0^{t_n} \Delta X dt + K_{\partial} \frac{d(\Delta X)}{dt}$$

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

де : K_d – коефіцієнт диференціювання, часом його замінюють добутком $K_d \cdot T_d$ (T_d – час диференціювання), T_i – час інтегрування (ізодрому).

Ці закони керування та відповідні їм автоматичні регулятори є певною мірою універсальними, тобто можуть застосовуватись на різних об'єктах, в різних системах. Універсальність їм надає можливість змінювання в певних межах постійних коефіцієнтів рівнянь, які називають параметрами настроювання (настройки). У відповідності з цими параметрами настройки є : $K_{рег}$, $K_{рег}^{ин}$, K_d , T_i . В сучасних технічних засобах, в тому числі в мікропроцесорних контролерах передбачається можливість використання найбільш універсального ПІД-регулятора, який може реалізувати і більш прості закони, наприклад при $T_i \rightarrow \infty$ і $K_d = 0$ ПІД-регулятор перетворюється в ІІ-регулятор.[15]

Як відзначалось раніше, динамічні властивості автоматичної системи регулювання визначаються як характеристиками об'єкта, так і автоматичного регулятора. З рівнянь видно, що типові закони керування можна описати елементарними ланками (підсилювальною, інтегральною, диференціальною) та їх сполученням. При цьому необхідно враховувати, що наведені залежності відображають ідеалізовані закони регулювання. В задачах аналізу і синтезу використовуються передаточні функції автоматичних регуляторів, які відповідають рівнянням:

- пропорційний регулятор :

$$W_{рег}^{II} (p) = K_{рег}$$

- інтегральний регулятор :

$$W_{рег}^i (p) = \frac{K_{рег}^{ин}}{p}$$

- диференціальний регулятор :

$$W_{рег}^D (p) = K_d \cdot p$$

- пропорційно-диференціальний регулятор :

$$W_{рег}^{ПД} (p) = K_{рег} + K_d \cdot p$$

- пропорційно- інтегральний регулятор :

$$W_{рег}^{PI} (p) = K_{рег} + \frac{K_{рег}}{T_i \cdot p}$$

- пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор :

$$W_{рег}^{ПІД} (p) = K_{рег} + \frac{K_{рег}}{T_i \cdot p} + K_d \cdot p$$

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

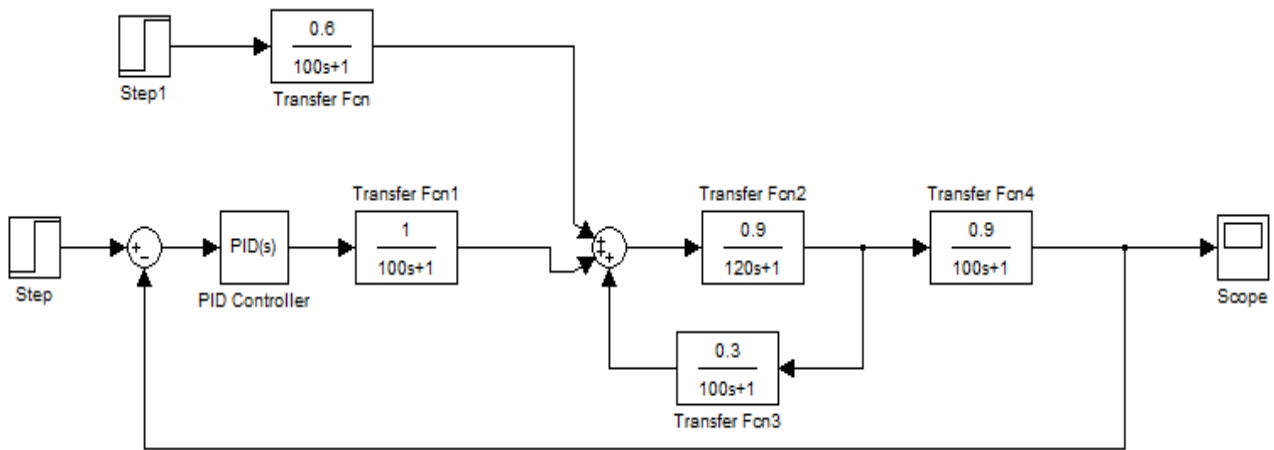


Рис.7.2. Структурна схема системи автоматичного регулювання

Даний об'єкт досліджувався з використанням П- та ПІ-регуляторів.

Для дослідження САР з П-регулятором по каналу управління подавали $U=0$, а за каналом збурення $Z=10$. Перехідний процес показано на рис.7.3. та було визначено його якісні показники:

1. Степінь затухання $\psi = \frac{A1 - A3}{A1} = \frac{0,5360 - 0,066}{0,5360} = 0,88$
2. Тривалість перехідного процесу: $t_{pez} = 2100$ с.
3. Статичну похибку: $\Delta X_{cm} = 1,764$
4. Динамічна похибка: $A1 = 2,35$
5. Коефіцієнт пропорційності: $K_p = 2,5$

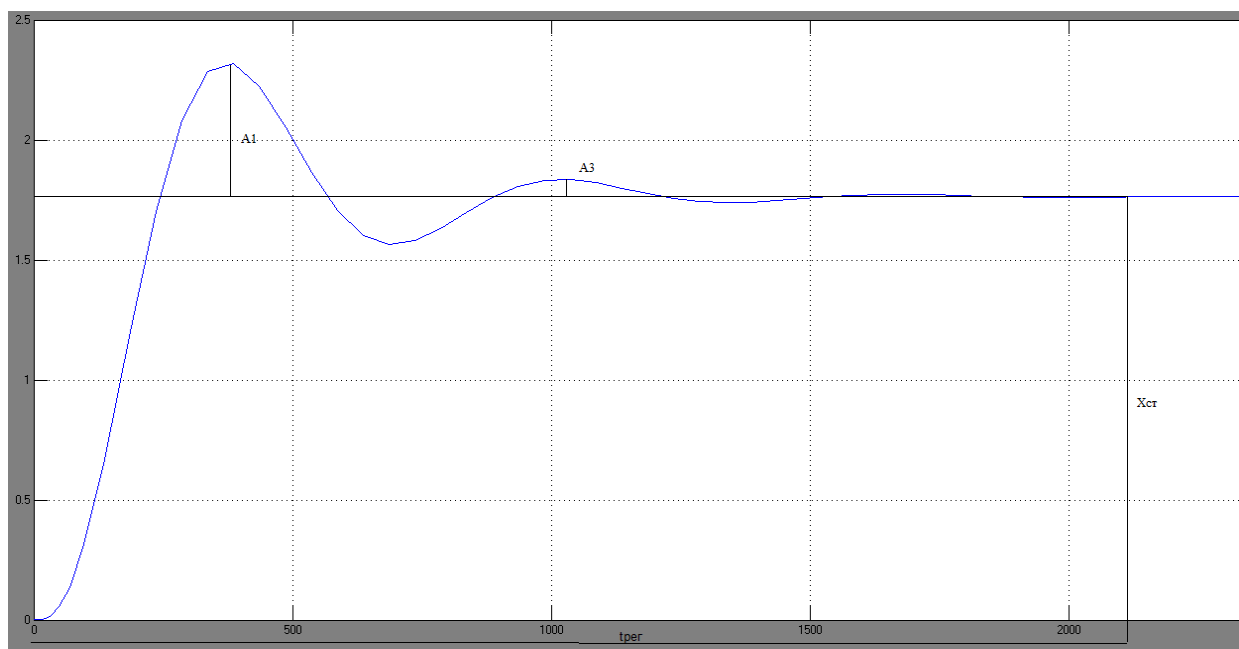


Рис.7.3. Перехідний процес з П-регулятором

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

Параметри П-регулятора змінювалися як в бік збільшення, так і в бік зменшення значення та перехідні процеси мають наступний вигляд:

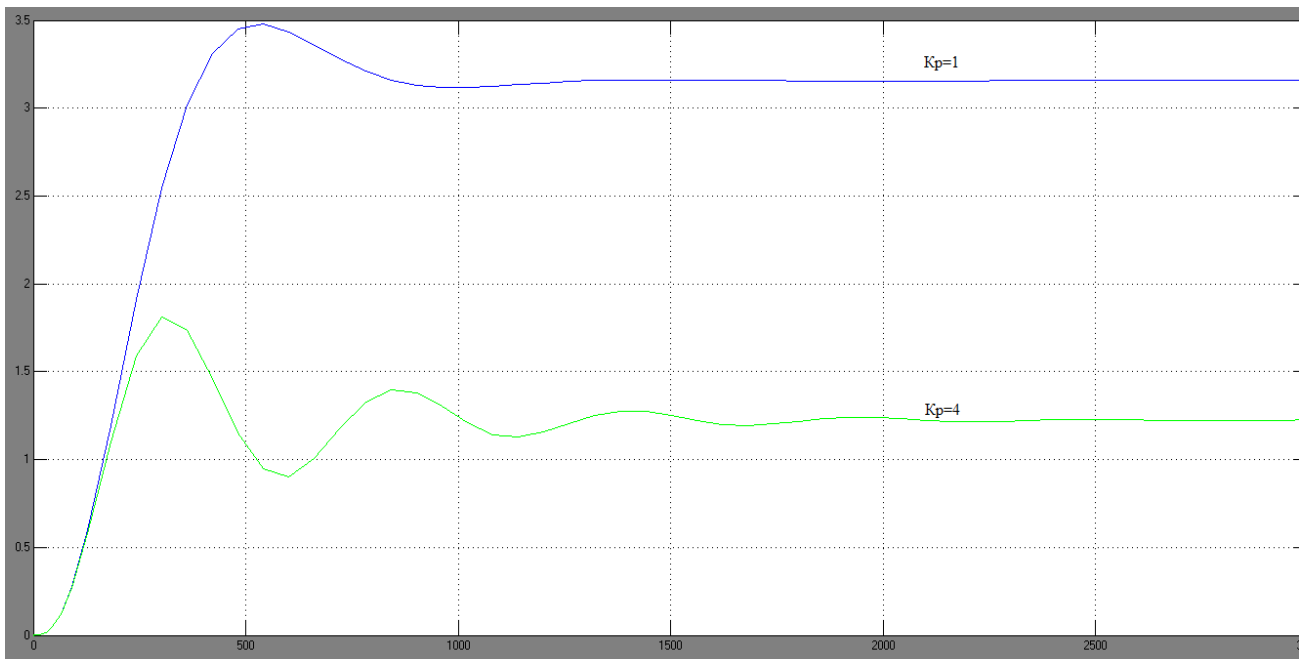


Рис.7.4.Перехідний процес з П-регулятором із значеннями: $K_p=1$ та $K_p=4$

Для дослідження САР з ПІ-регулятором по каналу управління подавали $U=0$, а за каналом збурення $Z=10$. Перехідний процес показано на рис.7.5., визначили його якісні показники:

1. Степінь затухання $\psi = \frac{A1 - A3}{A1} = \frac{4,18 - 0,52}{4,18} = 0,88$
2. Тривалість перехідного процесу: $t_{pez} = 6400$ с.
3. Статичну похибку: $\Delta X_{cm} = 0$
4. Динамічна похибка: $A1 = 4,09$
5. Коефіцієнт пропорційності: $K_p = 0,09$
6. Коефіцієнт інтегрування: $K_i = 0,003$

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

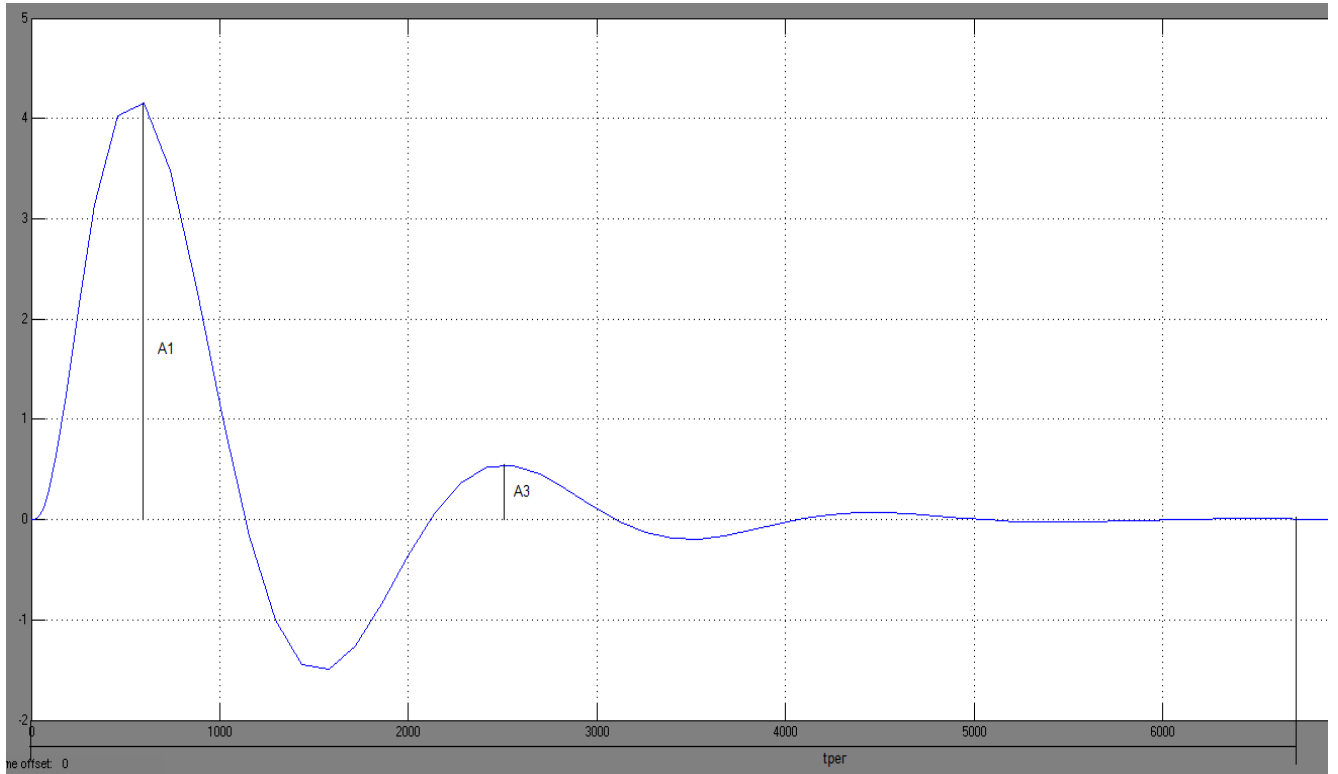


Рис.7.5.Перехідний процес з ПІ-регулятором

Параметри ПІ-регулятора змінювалися як в бік збільшення, так і в бік зменшення значення та перехідні процеси мають наступний вигляд:

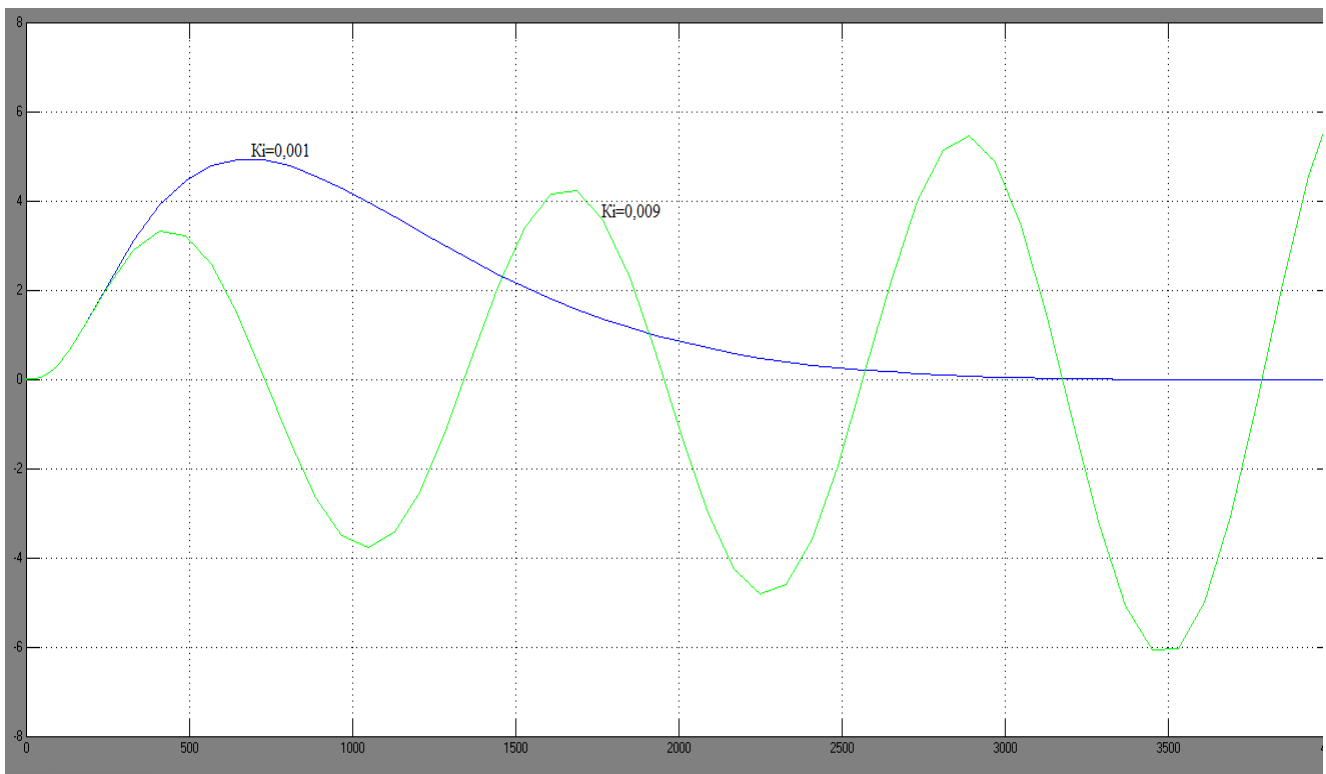


Рис. 7.6. Перехідний процес з ПІ-регулятором із значеннями: $K_i=0,001$ та $K_i=0,009$

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

З отриманих графіків можна зробити висновки на основі перехідних процесів з П- та ІІ-регуляторами, що у П- регулятора тривалість перехідного процесу менша ніж у ІІ-регулятора, але присутня статична похибка, що впливає на якість регулювання. У ІІ-регулятора, за рахунок введення І-складової статична похибка відсутня, що покращує процес регулювання, але час перехідного процесу збільшився. Отже, використання ІІ-регулятора забезпечує ту якість регулювання, яка відповідає заданим параметрам.

Як видно із графіків збільшення K_r складової, то можна зробити висновок, що збільшення K_r збільшує тривалість перехідного процесу та коливальність, а також зменшує статичну похибку системи, а зменшення K_r зменшує тривалість перехідного процесу, коливальність, але збільшує статичну похибку.

Як видно із графіків зміни І-складової, тобто коефіцієнта інтегрування K_i при сталому K_r , зменшення K_i призводить до зменшення перехідного процесу та коливальності, а збільшення K_i призводить до того, що процес стає нестійким.

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

Висновок

В представленій кваліфікаційній роботі проведено детальний аналіз вакуум-апарату періодичної дії на цукровому заводі. Відповідно до технічних технологічних вимог та завдання мною створено систему автоматизації вакуум-апаратом періодичної дії на базі програмованого логічного контролера ПЛК154 компанії ОВЕН.

Система складається з мікропроцесорної техніки, програмованого логічного контролера, людино-машинного інтерфейсу та спеціалізованих програмних засобів для програмування контролера, для проектування СА, для супервізерного контролю. Розроблено алгоритм та програму керування вакуум-апаратом періодичної дії по існуючим стадіям варіння цукру.

На основі використання програмного засобу Zenon був розроблений людино-машинний інтерфейс, який дозволить оператору здійснювати дистанційне керування та контроль за об'єктом, сидячи за автоматизованим робочим місцем, усунути помилки, що виникають під час роботи апарату, вчасно приймати рішення по їх вирішенню.

За допомогою комп'ютерного моделювання, яке здійснювалося в середовищі Matlab, досліджували якість законів регулювання, вплив параметрів налаштування П- та ІІІ- регуляторів на перехідний процес розробленої системи.

В загальному кваліфікаційна робота відповідає кваліфікаційним вимогам, темі проектування, розробленому завданню на розробку системи автоматизації.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Силин, П. М. Технология сахара / П.М. Силин. – К.: Пищевая промышленность, 1967. – 625с.
2. Сапронов, А.Р. Технология сахарного производства / А.Р. Сапронов. – М.: Колос, 1999. – 256 с.
3. Волошин, З.С. Автоматизация свеклосахарного производства / З.С. Волошин, Л.П.Макаренко . – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 340 с.
4. 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.
5. Ладанюк, А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості / А. П. Ладанюк, В.Г.Трегуб., І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 224 с.
6. Бабіченко, А.К. Промислові засоби автоматизації / А.К. Бабіченко. – Х.: НТУ «ХП», 2001. – 470 с.
7. Гончаренко, Б.М. Цифрові системи керування: Навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк, О.П.Лобок. – В.: Нова книга, 2007. – 160 с.
8. Руководство пользователя по программированию ПЛК в CoDeSys 2.3. http://www.kipshop.ru/CoDeSys/steps/codesys_v23_ru.pdf
9. ОВЕН ПЛК154 Контроллер программируемый логический/ руководство по эксплуатации РАВ.421445.003РЭ.https://owen.ua/uploads/95/re_oven_plk154_ukr_687.pdf
- 10.Дорф, Р. Современные системы управления / Р. Дорф, Р. Бишоп. – М.: Лаборатория Базовых Знаний, 2002. – 832 с.
- 11.Дудников, Е.Г. Автоматическое управление в химической промышленности: Учеб. для вузов / Под ред. Е.Г. Дудникова. – М.: Химия, 1987. – 368 с.

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

- 12.Калениченко, А.В. Справочник инженера по контрольно-измерительным приборам и автоматике / Под ред. А.В.Калиниченко. – М.: Инфа-Инженерия, 2008. – 576 с.
- 13.Карпин, Е.Б. Автоматизация технологических процессов пищевых производств: Учеб. для вузов / Под ред. Е.Б. Карпина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Агропромиздат,1985. – 536 с.
- 14.Ладанюк, А.П. Методи сучасної теорії управління / А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Н.М. Луцька, В.В. Іващук. – К.: НУХТ, 2010. – 196 с.
- 15.Ладанюк, А.П. Теорія автоматичного керування: курс лекцій, ч.1. / А.П. Ладанюк. – В.: Нова книга, 2004. – 184 с.
- 16.Ладанюк, А.П. Теорія автоматичного керування: курс лекцій, ч.2 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.
17. Методичні вказівки до виконання схем автоматизації: бібл. номери 3148 та 6055.
- 18.Методичні вказівки до виконання принципових схем: бібл. номер 3168.
- 19.Методичні вказівки до виконання дисплейних мнемосхем: бібл. номери 5142 та 6055.
- 20.Нестеров, А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров. – СПб.: Издательство: ДЕАН, 2006. – 844 с.
- 21.Нестеров, А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 2. / А.Л. Нестеров. – СПб.: Издательство: ДЕАН, 2009. – 944 с.
- 22.Інтелектуальний перетворювач різниці тисків APR-2200.
<https://aplisens.com.ua/data/pdfs/APR-2200.pdf>
23. Термометри опору ТЕРА. <https://www.ao-tera.com.ua/pages/ru/immersion/82.html>
- 24.Трегуб, В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: Навчальний посібник / В.Г. Трегуб. – К.: НУХТ, 2006 – 139 с.
- 25.Пупена, О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навчальний посібник / О.М. Пупена, І.В.Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Ліра-К, 2011. – 552 с.

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

- 26.Трегуб, В.Г. Методичні вказівки до проектування принципів схем мікропроцесорних систем автоматизації при виконанні курсових та дипломного проекту / Упоряд. В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, А.О. Карнаух. – К.: УДУХТ, 1994. – 56 с.
- 27.Фёдоров, Ю.Н. Справочник инженера по АСУТП: Проектирование и разработка. Учебно-практическое пособие / Ю.Н. Фёдоров. – М.: Инфра-инженерия, 2008. – 928 с.
- 28.Фрайден, Дж. Современные датчики. Справочник / Дж. Фрайден. – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.
- 29.Ростовський, В.С. Системи технологій харчових виробництв. Навчальний посібник / В.С. Ростовський, А.В. Колісник. – К.: Кондор, 2008. – 215 с.
- 30.Трегуб, В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник / В.Г. Трегуб. — К. : Видавництво Ліра-К, 2014. — 344 с.
- 31.Гончаренко, Б.М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій [Текст]: підручник / Б.М. Гончаренко, А.П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. – 600 с.
- 32.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. – 276 с.
- 33.SCADA Zenon. URL: <https://www.copa-data.com.ua/>
- 34.Пупена, О.М. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах [Текст]: навчальний посібник / О.М. Пупена, І.В. Ельперін, Н.М. Луцька, А.П. Ладанюк. – К.: Вид-во «Ліра-К», 2011. – 552 с.
35. Всесвітня мережа Internet.

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