

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

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

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

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

«__» лютого 2024 р.

«__» лютого 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

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

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»

на тему: Розробка системи автоматизації 5-корпусної випарної станції

Виконав: здобувач 3 курсу, групи ЗАВ-3-1
Дудкін Едуард Костянтинівич
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Заїка Володимир Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент Надія ЧЕРНЕЦЬКА
(ім'я та прізвище)

(підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь бакалавр

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

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри АКТСУ

Ярослав Смітюх

« » 202 р.

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Дудкіна Едуарда Костянтинівича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації 5-корпусної випарної станції
керівник роботи к.т.н. Заїка Володимир Іванович,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «19» грудня 2023р. № 1001-кв

2. Строк подання здобувачем роботи «15» лютого 2024 р.

3. Вихідні дані роботи основні відомості про технологічний процес та режими випарних установок та станцій, умови експлуатації випарної станції цукрового заводу, технологічні вимоги до їх систем автоматизації ВВУ, технічна документація на засоби автоматизації та програмні середовища, матеріали переддипломної практики.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно 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 технічних засобів. 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. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Функціональна схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.
3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 25 грудня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач

(підпис)

Едуард ДУДКІН

Керівник роботи

(підпис)

Володимир ЗАЙКА

АНОТАЦІЯ

Дана робота присвячена розробці системи автоматизації для 5-корпусної випарної станції, спрямованої на оптимізацію процесів випарювання та підвищення ефективності виробничих операцій. Система базується на використанні передових технологій індустріальної автоматизації, таких як сенсорні пристрої, контролери програмованої логіки, та забезпечує повний цикл керування процесами випарювання.

У роботі розглянуті основні етапи проектування системи, включаючи вибір та інтеграцію сучасних сенсорів для моніторингу температури, тиску та інших параметрів, а також використання програмованих логічних контролерів для реалізації автоматизованого керування процесами випарювання. Розглянуті аспекти енергоефективності та безпеки в роботі системи.

Окремий акцент зроблено на розробці інтерфейсу користувача, який дозволяє операторам з легкістю моніторити та керувати роботою випарної станції. Враховані можливості віддаленого керування та моніторингу за допомогою мережевих технологій.

Результати проведених експериментів та випробувань підтверджують ефективність розробленої системи автоматизації, що дозволяє підвищити продуктивність та знизити витрати енергії, що є критичними факторами для сучасних виробництв у галузі випарювання.

В графічній частині проекту наведено комплект основних креслень: 1. Функціональна схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3. Креслення встановлення технічного засобу.

Ключові слова: випарна станція, мікропроцесорний контролер АКУТЕК ПЛК 160; регулювання рівня, розрідження; контроль температури, рівня.

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ANNOTATION

This work is devoted to the development of an automation system for a 5-body evaporation station aimed at optimizing evaporation processes and increasing the efficiency of production operations. The system is based on the use of advanced industrial automation technologies, such as sensor devices, programmable logic controllers, and provides a full cycle of control of evaporation processes.

The work considers the main stages of system design, including the selection and integration of modern sensors for monitoring temperature, pressure and other parameters, as well as the use of programmable logic controllers for the implementation of automated control of evaporation processes. Aspects of energy efficiency and safety in the operation of the system are considered.

Particular emphasis is placed on the development of a user interface that allows operators to easily monitor and control the operation of the evaporation plant. Features of remote control and monitoring with the help of network technologies are taken into account.

The results of the conducted experiments and tests confirm the effectiveness of the developed automation system, which allows to increase productivity and reduce energy consumption, which are critical factors for modern productions in the field of evaporation.

The graphic part of the project includes a set of basic drawings: 1. Functional diagram of automation 2. Diagrams for connecting sensors and VM to the PLC. 3. Drawing of installation of technical means.

Keywords: evaporation station, microprocessor controller ARIES PLC 160; level adjustment, rarefaction; temperature, level control.

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	<i>Арк.</i>
						4
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ЗМІСТ

Вступ	5
1. Опис об'єкта автоматизації	8
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації	10
2. Система автоматизації	18
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)	18
2.2. Схема автоматизації	27
2.3. Специфікація засобів автоматизації	30
3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	32
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)	32
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК	36
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру	39
4. Креслення встановлення технічного засобу	41
5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	52
6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	61
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI	61
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора	64
7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	67
7.1. Постановка задачі дослідження	67
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі	68
7.3. Моделювання САР	70
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків	72
Висновки	74
Список використаної літератури	75

Вступ

Сучасні виробничі процеси, особливо в галузі цукрової промисловості, невдовзі стикаються з ростом вимог до ефективності, екологічної безпеки та автоматизації. Одним із важливих етапів цих виробничих ланцюгів є випарювання, що забезпечує концентрацію розчинів та виготовлення конденсатів для подальших технологічних процесів.

У зв'язку з цим, розробка та впровадження ефективних систем автоматизації для випарювальних станцій стає ключовим завданням для підвищення продуктивності та забезпечення стабільності виробництва. На сьогоднішній день, велику увагу приділяють не лише підвищенню рівня автоматизації, але й вдосконаленню систем контролю за процесами випарювання з метою оптимізації витрат енергії та ресурсів.

Об'єктом даного дослідження є 5-корпусна випарна станція, яка виконує важливу роль у виробничому процесі. Ця робота присвячена розробці та впровадженню системи автоматизації для оптимізації роботи даної випарної станції з метою забезпечення ефективного та безпечного випарювання.

Під автоматизацією розуміють комплекс засобів і заходів, що дозволяють здійснювати виробничі процеси без особистої участі людини, але під її контролем. Автоматизація виробничих процесів призводить до збільшення випуску, зниження собівартості і поліпшення якості продукції, зменшує чисельність обслуговуючого персоналу, підвищує надійність і довговічність машин, дає економію матеріалів, поліпшує умови праці і техніку безпеки [7].

Автоматизація звільняє людину від необхідності безпосереднього керування механізмами. В автоматизованому процесі виробництва роль людини зводиться до налагодження, регулювання, обслуговування засобів автоматизації і спостереження за їхньою дією [2].

Автоматизація — один з напрямів науково-технічного прогресу, спрямований на застосування саморегульованих технічних засобів, економіко-

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

математичних методів і систем керування, що звільняють людину від участі в процесах отримання, перетворення, передачі і використання енергії, матеріалів чи інформації, істотно зменшують міру цієї участі чи трудомісткість виконуваних операцій [3].

Автоматизація вважається головним, найбільш перспективним напрямком у розвитку промислового виробництва. Завдяки звільненню людини від особистої участі у виробничих процесах, а також високої концентрації основних операцій істотно поліпшуються умови праці й економічні показники виробництва.

Автоматизація дає значні переваги:

- 1) зменшення чисельності робочого персоналу, тобто підвищення продуктивності праці;
- 2) призводить до зміни характеру праці обслуговуючого персоналу;
- 3) підвищує безпеку праці і надійність роботи устаткування;
- 4) підвищує економічність роботи автоматизованого об'єкту.

Автоматизація технологічних процесів є головним фактором в підвищенні продуктивності праці і покращенні якості продукції. Тому питанню автоматизації приділяється велика увага.

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
						7
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

1 Опис об'єкта автоматизації

1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації

Випарна установка займає центральне місце в тепловій схемі цукрового заводу. Основним призначенням випарної установки є випарювання води з очищеного соку, що надходить і згущення його до вмісту в ньому 63% сухих речовин. Окрім цього вторинними парами випарної станції обігрівається все теплообмінне обладнання цукрового заводу, в тому числі сушка, дифузійна установка, вакуум апарати, підігрівачі соку та інше обладнання [1, 2, 5, 7].

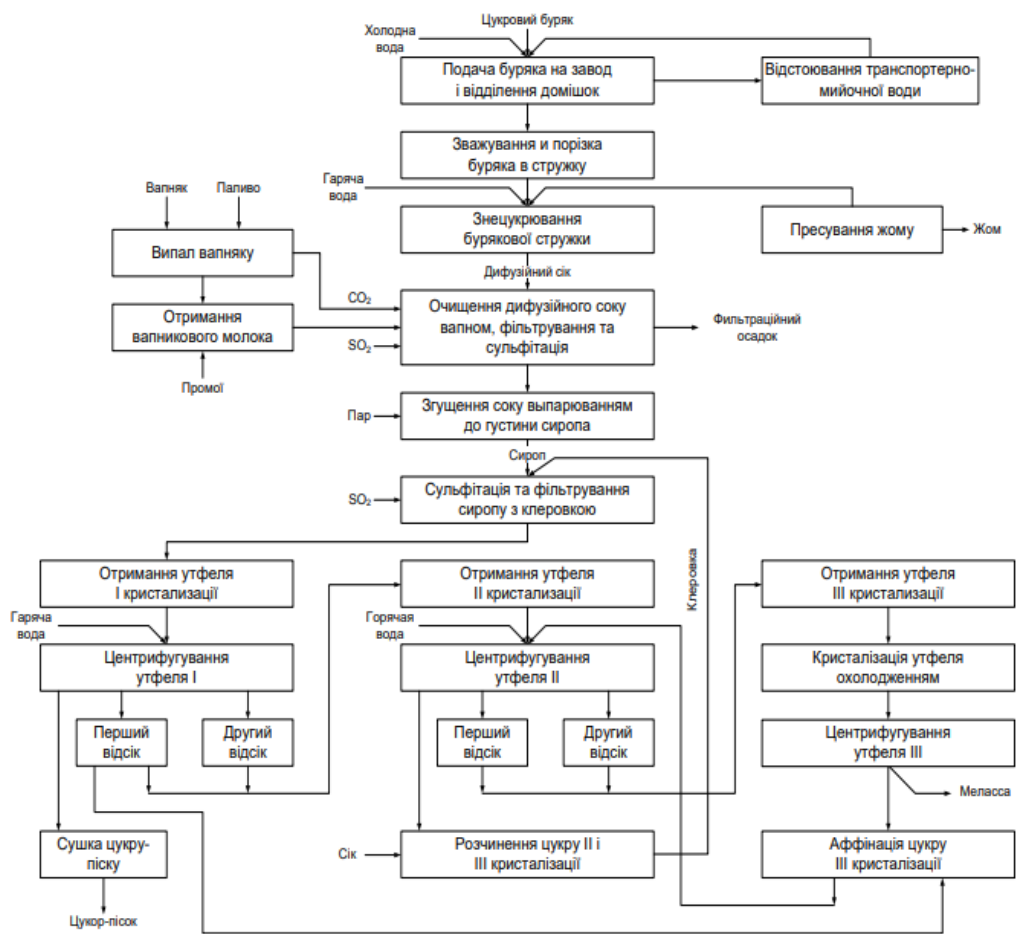


Рисунок 1.1 – Типова схема цукрового виробництва

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Дудкін Е. К.			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Заїка В. І.				8	
Зав.кафедри		Смітюх Я. В.			ЗАВ-3-1 НУХТ		
Секр.ЕК		Крупська Т.М.					
					<i>Розробка системи автоматизації 5-корпусної випарної станції</i>		

Отже випарна установка забезпечує:

- нагрівання продуктів до температур передбачених технологічним режимом;
- згущення соку в випарній установці до заданого значення вмісту сухих речовин;
- уварювання утфелів в вакуум апаратах;
- забезпечення ТЕЦ конденсатом для живлення парових котлів;
- забезпечення заводу гарячою водою для потреб технологічного процесу.

Випарна установка конструктивно представляє собою п'ять з'єднаних послідовно по соковому потоку випарних апаратів аналогічної конструкції, але з різними площами поверхні теплообміну. Перший корпус (апарат) обігривається відпрацьованим паром з парової турбіни (ретурною паром). Кожен наступний апарат обігривається вторинним паром попереднього апарату. Така схема забезпечує високу економічність процесу згущення соку. Частина вторинної пари кожного корпусу відбирається на технологічні потреби цукрового заводу. Кожен випарний апарат представляє собою циліндричну посудину з випуклими днищами і патрубками технологічного призначення.

Верхня частина апарату представляє собою надсокову камеру з вбудованим сепаратором. Середня частина випарного апарату, обмежена трубними решітками, трубками поверхні теплообміну, центральною циркуляційною трубою, патрубками підводу пара та відводу конденсату і неконденсуючих газів складає парову камеру. Нижня частина випарного апарату, обмежена нижньою трубою решіткою парової камери і нижнім днищем представляє трубний простір. Нижнє днище виконано знімним. Циркуляція в випарних апаратах природня. Сік на випарювання надходить під нижню трубу решітку, піднімається у вигляді паросокової суміші по трубах поверхні теплообміну і потім опускається вниз по центральній циркуляційній трубі. Для того, щоб сік, що відбирається з апарату не змішувався зі свіжим соком патрубок відводу соку введений в циркуляційну трубу. Гріюча пара надходить в міжтрубний простір через патрубки. Через стінки труб поверхні

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

теплообміну пар віддає теплову енергію і перетворюється в конденсат. Конденсат і неконденсуючі гази відводяться через відповідні патрубки. По центру верхнього днища знаходиться патрубок для відводу сокової (вторинної) пари, що утворилася в процесі згущення соку. Для відділення крапель соку призначений вбудований жалюзійний сепаратор.

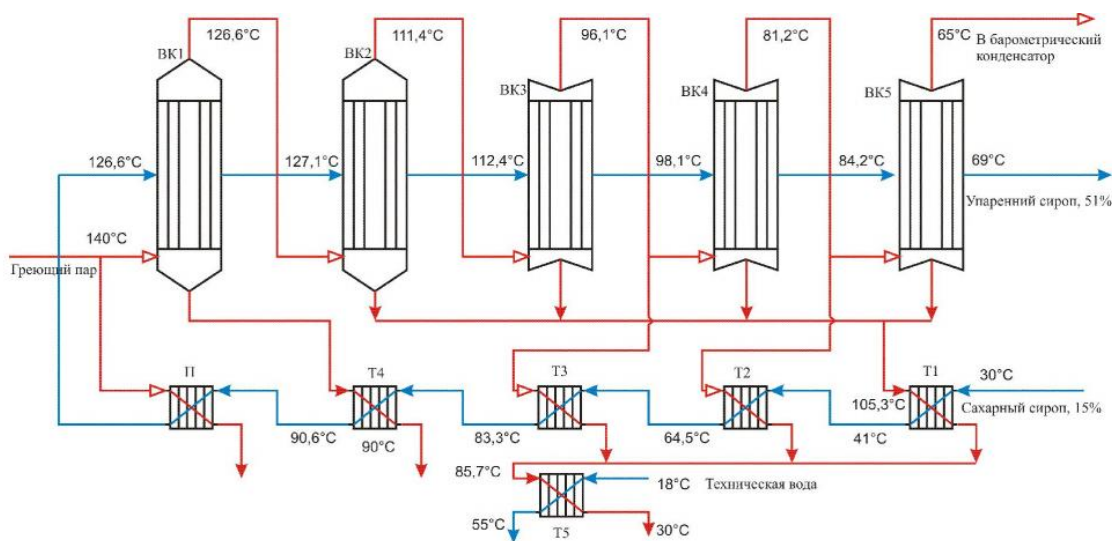


Рисунок 1.2 – П'ятикорпусна випарна установка з концентратом

Проходячи через нього сокова пара очищається і надходить на обігрів наступного корпусу та на технологічні потреби. Так як сік на випарну станцію повинен надходити постійно і рівномірно то перед випарною станцією встановлено збірник фільтрованого соку. Для зменшення впливу вакуум-апаратів періодичної дії на роботу випарної станції встановлено збірник сиропу. Сік зі збірника та сироп в збірник подаються насосами. Між корпусами сік переміщується під дією різниці тисків в корпусах.

1.2 Розробка завдання на систему автоматизації

Одне з перших проблем яку необхідно розв'язати при розробці системи автоматичного управління це вибір структури системи управління. Тобто вибір розміщення пунктів керування, кількості і розміщення щитів та функціональні зв'язки між ними. Правильний вибір структури управління має значний вплив на

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

ефективність роботи як самої системи автоматичного управління так і об'єкта автоматизації. Правильний вибір структури забезпечує зниження собівартості системи, підвищення рентабельності та надійності. Управління випарною установкою доцільно здійснювати з робочого місця оператора, що розміщене неподалік, таким чином, щоб оператор міг бачити обладнання яке він обслуговує [3, 4, 6]. Для забезпечення нормальної роботи приладів та нормальних параметрів мікроклімату робочого середовища необхідно робоче місце та щити розмістити в спеціальному приміщенні. Використання мікропроцесорного контролера як основи системи автоматичного управління надає ряд переваг перед використанням групи окремих регуляторів. Мікропроцесорний контролер в поєднанні з персональним комп'ютером забезпечує виконання наступних функцій системи:

- прийняття сигналів від датчиків, відображення інформації про стан технологічного процесу на моніторі комп'ютера та реєстрація прийнятої інформації на накопичувачах;

- формування управляючої дії на технологічний процес відповідно до завдання, логіки функціонування системи, законів регулювання та отриманої від датчиків інформації про стан регулюємих параметрів;

- високу надійність системи та можливість дистанційного управління, додаткові технічні засоби дозволяють керувати виконавчими механізмами незалежно від контролера чи комп'ютера [4].

Застосування контролерів дозволяє створювати розподілені системи управління виробництвом, які мають значні переваги перед централізованими системами так, як забезпечують вищу надійність та живучість системи, зручні при впровадженні, експлуатації та модернізації, мають широкі функціональні можливості.

Оскільки для створення системи автоматичного управління необхідний багатоканальний контролер, а також враховуючи можливість розширення розроблюваної системи автоматизації і її інтеграції в автоматизовану систему управління виробництвом доцільним буде використання мікропроцесорного

контролера. Контролер призначений для розв'язання задач як аналогового управління так і задач дискретного управління. Контролер компонується з окремих блоків, що забезпечує гнучкість у застосуванні. Контролери можуть працювати як у складі великої розподіленої АСУ так і автономно в комплекті наприклад з комп'ютером чи іншим засобом вводу/виводу інформації [8, 11].

Контролер поставляється повністю укомплектованим і програмується користувачем для виконання конкретних задач за допомогою комп'ютера та спеціального програмного забезпечення. При програмуванні контролера вводиться логіка роботи контролера, закони регулювання та ін. Для програмування контролерів використовується відповідне середовище програмування. Програмування проводиться в режимі діалогу з контролем правильності програмування.

Контролер має наступні функціональні можливості:

- приймання аналогових струмових уніфікованих сигналів, приймання сигналів термометрів опору, термопар, датчиків ваги та ін;
- приймання дискретних та імпульсних вхідних сигналів;
- обробка вхідної інформації згідно програми користувача;
- видача командних аналогових, дискретних чи імпульсних управляючих сигналів;
- має можливість передачі інформації по інтерфейсним каналам ЕОМ чи іншому контролеру;
- має бібліотеку алгоритмів, яка містить алгоритми фільтрації, ПД регулювання, інтегрування, диференціювання та ін.;
- має можливість самодіагностики.

При виборі датчиків звертають увагу на характеристики контрольованого середовища, діапазон можливих змін технологічного параметру, необхідну точність, обмеження, що обумовлені особливостями технологічного процесу, максимальну однотипність.

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Лінії зв'язку обираються в залежності від типу датчика та схеми його підключення, призначення лінії, характеристик середовища, відстані, виду сигналу, що використовується для передачі інформації.

Для вимірювання температур доцільно використовувати платинові термометри опору, для вимірювання рівня в корпусах установки – буйкові рівнеміри, для вимірювання рівня в відкритих збірниках – датчиками гідростатичного тиску, витрату соку на випарку – індукційним витратоміром.

Враховуючи підвищену температуру повітря та високу вологість в умовах цукрового заводу доцільно використовувати комбіновану систему автоматизації з передачею інформації уніфікованими струмовими сигналами, а силову частину виконавчих механізмів – пневматичну.

Отже перший рівень системи автоматичного управління складатимуть датчики та виконавчі механізми, другий рівень – промисловий контролер, на третьому рівні – персональний комп'ютер, який може під'єднуватися до мережі для обміни інформацією з аналогічними ПК на інших ділянках виробництва і офісними комп'ютерами, що становлять собою верхній рівень системи автоматичного управління виробництвом.

В операторському приміщенні будуть встановленні щити з контролером, апаратурою живлення та перетворювачами, а також персональний комп'ютер.

Кількість продуктів при виробництві цукру-піску із цукрових буряків при 3-х кристалізаційній схемі продуктового відділення: фільтрований сік 2 сатурації після контрольної фільтрації 134,4% до маси переробленого буряку, сироп з випарки 34,5% до маси переробленого буряку.

Розглядається 5-ти корпусна випарна станція з концентратором.

Поверхня нагріву 1-го корпусу – 1800 м²

Поверхня нагріву 2-го корпусу – 2120 м²

Поверхня нагріву 3-го корпусу – 1500 м²

Поверхня нагріву 4-го корпусу – 800 м²

Поверхня нагріву 5-го корпусу - 500 м²

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Насоси зі збірника на випарну станцію: СКО-250×45, СКО-250×60 та СОТ-150 обладнані двигунами потужністю відповідно 55 кВт, 75 кВт та 55 кВт. Насоси сиропу з 5-го корпусу випарки СКО-50×25 (2 шт) з двигуном потужністю 15 кВт. Кожен з насосів може забезпечити перекачування необхідної кількості продуктів.

Концентрацію розчину по корпусам випарної станції визначимо за формулою:

$$C_{Pi} = S_{п.в.} \cdot C_{Pп.в.} / (S_{п.в.} - \sum W_{п-1}), \%$$

$$C_{P1} = 1432 \cdot 16,2 / (1432 - 472,3) = 24,2\%$$

$$C_{P2} = 1432 \cdot 16,2 / (1432 - 472,3 - 458,3) = 36,3\%$$

$$C_{P3} = 1432 \cdot 16,2 / (1432 - 472,3 - 458,3 - 166,4) = 49,5\%$$

$$C_{P4} = 1432 \cdot 16,2 / (1432 - 472,3 - 458,3 - 166,4 - 49,3) = 60,5\%$$

$$C_{P5} = 1432 \cdot 16,2 / (1432 - 472,3 - 458,3 - 166,4 - 49,3 - 4,9) = 63,8\%$$

Коефіцієнти теплопередачі по корпусам та поверхні нагріву

1 корпус випарної станції

По номограмі коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінки $\alpha_1 = 9500 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}_0$, коефіцієнт тепловіддачі від стінки до соку $\alpha_2 = 4000 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{оК}$. Коефіцієнт використання поверхні нагріву $\varphi = 0,87$, коефіцієнт теплопровідності матеріалу трубки $50 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$, загальний коефіцієнт теплопередачі $K_{се1} = 2290 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

2 корпус випарної станції

По номограмі коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінки $\alpha_1 = 10000 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}_0$, коефіцієнт тепловіддачі від стінки до соку $\alpha_2 = 2600 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}_0$, коефіцієнт використання поверхні нагріву $\varphi = 0,8$, загальний коефіцієнт теплопередачі $K_{се2} = 1569 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

3 корпус випарної станції

По номограмі коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінки $\alpha_1 = 13000 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, коефіцієнт тепловіддачі від стінки до соку $\alpha_2 = 1380 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$, коефіцієнт використання поверхні нагріву $\varphi = 0,8$, загальний коефіцієнт теплопередачі $K_{се3} = 1050 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}$.

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

4 корпус випарної станції

По номограмі коефіцієнт тепловіддачі від пари до стінки $\alpha_1=14000 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, коефіцієнт тепловіддачі від стінки до соку $\alpha_2=700 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, коефіцієнт використання поверхні нагріву $\varphi=0,75$, загальний коефіцієнт теплопередачі $K_{се4}=489 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

5-й корпус

По номограмі $\alpha_1 = 20000 \text{Вт/м}^2\text{*к}$ та $\alpha_2 = 300 \text{Вт/м}^2\text{*к}$.

Коефіцієнт використання поверхні нагріву $\varphi = 0,95$, загальний коефіцієнт теплопередачі $K_{сек} = 281 \text{ Вт/м}^2\text{К}$.

Фактично встановлені поверхні нагріву корпусів випарної станції: I-й – 1800 м², II-й – 2120 м², III-й – 1500 м², IV-й – 800 м², V – 500 м².

Головною вимогою до системи автоматичного управління є отримання більшого прибутку за рахунок економії паливоенергетичних ресурсів, зменшення втрат сировини, зменшення витрат допоміжних матеріалів, збільшення випуску готової продукції за рахунок збільшення коефіцієнту використання виробничої потужності підприємства. Автоматична система управління має забезпечити чітке виконання технологічного регламенту. Для забезпечення високих техніко-економічних показників необхідно, щоб система автоматизації забезпечувала виконання наступних функцій:

- стабілізація рівня в збірнику соку перед випаркою;
- стабілізація рівнів соку по апаратах випарної установки;
- стабілізацію рівня в збірнику сиропу після випарної установки;
- стабілізацію температури гріючої пари та контроль температури по корпусам установки;
- стабілізацію тиску гріючої пари та контроль тиску по корпусам випарної установки;
- стабілізацію розрідження в останньому корпусі випарної установки;
- контроль густини соку перед випаркою та стабілізацію концентрації сиропу після випарки;

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

- подачу аміачної води в збірник соку перед випаркою при зниженні рівня нижче 10 %;
- припинення подачі гріючої пари при значному зниженні рівня в I випарному апараті;
- сигналізацію аварійного зниження рівнів в I та II корпусах випарної установки, підвищення тиску та температури гріючої пари;
- сигналізацію роботи двигунів насосів.

Для підтримання нормальної роботи випарної установки та всього теплотехнічного обладнання необхідно витримувати такі температури: температура соку перед випаркою 120..126 °С, температура ретурної пари 132..135 °С, температура кипіння по корпусам: 1-й–126 °С, 2-й–117..118 °С, 3-й – 105..106 °С, 4-й – 94..95°С, 5-й – 85..87 °С.

Рівень соку в апаратах підтримується таким, щоб верхня трубна решітка омивалася соком. Це досягається при наступному рівні соку апарата (в % від довжини гріючих труб): 1-й корпус – 25..30 %, 2-й корпус – 30..40 %, 3-й корпус – 40..50 %, 4-й корпус – 60..70 %, 5-й корпус – 60..70 %. Оптимальний вміст сухих речовин в сиропі 63%. При припиненні подачі соку на випарну установку в збірник перед випарною установкою необхідно подати аміачну воду або хімочищену воду [1, 2].

Оптимальні умови роботи випарної установки забезпечуються шляхом контролю і регулювання по корпусах ряду параметрів, основні із яких наведені в таблиці 1.1

Математичні моделі використовуються для вирішення задач аналізу та синтезу, розробки систем управління. Використання ЕОМ в САР (система автоматичного регулювання) дозволило використовувати математичні моделі безпосередньо в контурі управління. Така математична модель використовується для вирішення задачі оптимального управління.

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Таблиця 1.1 – Основні технологічні параметри випарної установки

Параметр	Корпуси				
	I	II	III	IV	V
Температура гріючої пари, °С	132	124,5	115	101	84
Абсолютний тиск гріючої пари, МПа	0,292	0,233	0,172	0,107	0,057
Корисна різниця температур, °С	6	7,5	10,5	12	15,6
Температура кипіння соку, °С	126	117	104,5	89	68,4
Абсолютний тиск сокової пари, МПа	0,241	0,178	0,111	0,059	0,026
Температура конденсату, °С	130	122,5	113	99	82

2. Система автоматизації

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

Система управління випарною станцією побудована на базі контролера АКУТЕК ПЛК-160.

Контролер містить цифрові (дискретні) виходи, кількість яких дорівнює 12. Управління виходами здійснюється користувальницькою програмою ПЛК.

Даний контролер являється модульним, отже кількість його аналогових або дискретних входів/виходів можна змінити. Контролер містить аналогові входи, кількість яких дорівнює 8. Аналогових виходів – 4.

На передню панель контролера виведена світлодіодна індикація про стан дискретних входів і виходів, наявності харчування, наявності зв'язку з середовищем програмування CoDeSys і про роботу контролера.

У корпусі контролера розташований малопотужний звуковий випромінювач, керований користувальницькою програмою як спеціальний дискретний вихід. Випромінювач може бути використаний, наприклад, для аварійної сигналізації або при налагодженні програми. Частота і гучність звукового сигналу фіксовані і не підлягають зміні.

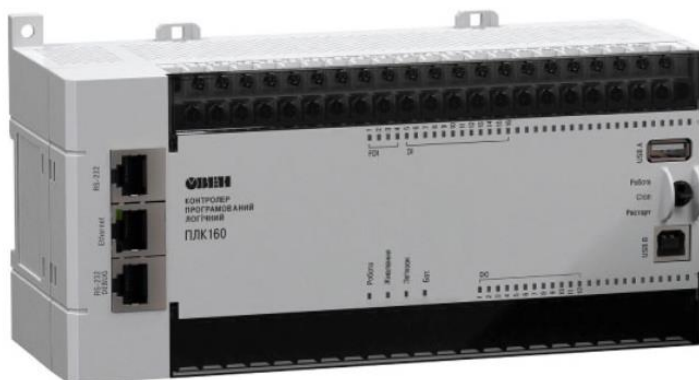


Рисунок 2.1 – Мікропроцесорний контролер АКУТЕК ПЛК 160 [M02]

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Дудкін Е. К.			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Заїка В. І.				18	
Зав.кафедри		Смітюх Я. В.			ЗАВ-3-1 НУХТ		
Секр. ЕК		Крупська Т.М.					

Термоперетворювачі (датчики температури) призначені для безперервного вимірювання температури різних робочих середовищ (наприклад, пара, газ, вода, сипучі матеріали, хімічні реагенти тощо), не агресивних до матеріалу корпусу датчика.

Основні переваги:

- висока точність, надійність, роздільна здатність;
- можливість підключати вітчизняні датчиками температури до контролерів зарубіжних виробників;
- можливість збільшувати довжину лінії зв'язку «вимірювальний прилад\датчик температури»;
- знизити вплив перешкод на лінію зв'язку «прилад\датчик».
- дискретність вихідного сигналу 4 ... 20мА становить не більше 8мкА;
- широкий діапазон робочих температур навколишнього середовища: -40 ... +85С.



Рисунок 2.2 – Термоперетворювач опору ДТС типу ТСМ 100М із вбудованим нормуючим перетворювачем температури НПТ-2

Перетворювач тиску АКУТЕК ПД200-ДИВ

Перетворювач тиску АКУТЕК ПД220-ДИВ, що призначені для вимірювання надлишково тиску та розрідження середовищ в межах від -100 до +100 кПа та його перетворення в уніфікований струмовий сигнал величиною 4..20мА. Напруга живлення 24В, потужність не більше 1Вт.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Основні переваги:

- вимірювання надлишкового-вакуумметричного тиску нейтральних до оксиду алюмінію (Al_2O_3) середовищ (повітря, пара, різні рідини);
 - перетворення тиску в уніфікований сигнал постійного струму 4 ... 20 мА і HART-протокол;
 - верхня межа вимірюваного тиску (ВП) - ряд значень від $\pm 2,5$ кПа до ± 100 кПа;
 - перевантажувальна здатність 200% від ВП;
 - клас точності $\pm 0,1$ від ВП;
- ступінь захисту корпусу датчика тиску - IP65.



Рисунок 2.3 – Перетворювач тиску ПД200-ДИ

Частотний перетворювач ПЧВ102-1К5-В.

Частотний перетворювач АКУТЕК ПЧВ102-1К5-В з функцією автоматичної оптимізації енергоспоживання призначений для управління частотою обертання асинхронних двигунів в складі приводів промислових установок, систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря. Застосування перетворювачів частоти АКУТЕК ПЧВ102-1К5-В дозволяє істотно розширити робочий діапазон управління, підвищити точність регулювання і швидкодія електроприводу. Реальне зниження енергоспоживання при використанні АКУТЕК ПЧВ102-1К5-В може досягати 35%.

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Заводські настройки «за замовчуванням» дозволяють користувачеві з мінімальними витратами випробувати роботу приводу в ручному та автоматичному режимах після введення в ЛПО1 або ЛПО2 основних параметрів АД.

Завдяки наявності дискретного імпульсного входу може бути складений алгоритм роботи багатодвигунних приводів із завданням або зворотним зв'язком за сигналами від цифрових датчиків фізичних величин, наприклад, синхронне обертання декількох АД із заданим передавальним числом і малою похибкою управління.



Рисунок 2.4 – Зображення частотного перетворювача ПЧВ

Блок ручного управління БРУ-7К1:

Призначений для використання в системах промислової автоматизації виробничих процесів в якості:

- блоку ручного задатчика аналогового сигналу;
- блоку ручного управління аналоговим виконавчим механізмом (ІМ)

Основні переваги:

- цифрове калібрування вимірювального каналу;
- масштабування шкал вимірюваних параметрів в довільних технологічних одиницях;

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

- цифрова фільтрація;
- визначення квадратного кореня;
- лінеаризація вхідного сигналу по 16 точках;
- технологічна сигналізація на передній панелі відхилення від уставок мінімум і максимум;
- світлодіодна індикація режиму управління ручний / автомат;
- збереження параметрів при відключенні живлення;
- гальванічно розділений інтерфейс RS-485, протокол ModBus RTU (збір інформації, конфігурація).



Рисунок 2.5 – Блок ручного управління БРУ-7к1

Для виробництва ремонтних і інших робіт у процесі експлуатації установки автоматизації необхідно мати можливість користуватися електричним інструментом і переносним освітленням. Для цього в схемі електроживлення передбачена розетка РШ-Ц2-100.

В електричній схемі були використані блоки живлення АКУТЕК БП14-Д4.

Багатоканальний блок живлення АКУТЕК БП14-Д4 призначений для живлення стабілізованою напругою 24 В або 36 В датчиків з уніфікованим вихідним струмовим сигналом. Блок живлення БП14 випускається в корпусі з кріпленням на DIN-рейку типу Д4.

Основні функції:

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- перетворення змінної (постійної) напруги в постійну стабілізовану в двох або чотирьох незалежних каналах;
- обмеження пускового струму;
- захист від перенапруг і імпульсних перешкод на вході;
- захист від перевантаження, короткого замикання і перегріву;
- індикація про наявність напруги на виході кожного каналу.



Рисунок 2.6 – Багатоканальний блок живлення АКУТЕК БП14-Д4

Світлодіодний індикатор СМІ2 призначений для виведення оператору інформації про хід технологічного процесу.

Забезпечує інформативний висновок показань системи або діагностичних повідомлень на мозаїчних мнемосхемах, щитах і пультах оперативного управління.

Ідеально підходить як індикатор діагностичних повідомлень для систем, в яких використовується ПЛК без засобів візуалізації.



Рисунок 2.7 — Світлодіодний індикатор СМІ2

Основні переваги:

- компактний корпус для кріплення на шафу управління або на пульт диспетчерського управління 48 x 26 мм;

- розширений діапазон живлень 10,5 .. 30В постійного струму;
- розширений діапазон температур -40 .. 70;
- підтримка інтерфейсу RS485 і протоколів: АКУТЕК і Modbus RTU / ASCII;
- простий монтаж у щит автоматизації (стандартне отвір під світлосигнальну лампу, діаметром 22,5 мм);
- підтримка широкомовної команди для виведення на велику кількість індикаторів;
- робота в мережі RS485 в якості підлеглого пристрою.

Виконавчий механізм МИМ призначений для переміщення затвору виконавчих пристроїв відповідно до вхідного пневматичного сигналу і застосовуються в системах автоматичного управління виробничими процесами.

Виконавчі пристрої МИМ являють собою механізми (вентилі, засувки, клапани, шибери), що дозволяють впливати на об'єкт для підтримки заданих значень регульованої величини, без безпосереднього контакту з цим об'єктом.



Рисунок 2.8 – Мембранний виконавчий механізм МИМ 200

Односідельні клапани мають односторонню дію тиску середовища; воно виражається в "затягуванні" або "відтисненні" самого сідла при зміні напрямку руху середовища через регулюючий орган. Такий ефект є небажаним, оскільки

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

порушує процес регулювання. Для усунення цього використовують двосідчаті клапан. Два сідла і затвори дозволяють потоку регульованого газу або рідини протікати одночасно в протилежних напрямках, в результаті чого регулюючий орган є розвантаженим. Його не зтягує потоком, клапан має рівномірний хід.



Рисунок 2.9 — Електропневматичний перетворювач ЕП-3211

Перетворювач ЕП-3211 призначений для перетворення уніфікованого безперервного сигналу постійного струму 4...20 мА в уніфікований пропорційний пневматичний безперервний сигнал. Вхідний сигнал з контролера 4...20 мА. Вихідний пневматичний сигнал 20...100 кПа.

Номінальний тиск повітря живлення 140 кПа.

Рівнемір СLM-36 призначений для вимірювання рівня рідких середовищ і сипучих вантажів в закритих резервуарах. В основу даного рівнеміра покладено принцип зміни електричної ємності при зміні рівня продукту. [17]

Основні переваги:

- вихідний сигнал 4-20мА, живлення 9-30VDC;
- двопровідне підключення;
- діапазон вимірювань до 20м;
- точність 1%;
- температурний діапазон від-40С до +75 С;
- іскробезпечне виконання.



Рисунок 2.10 – Ємнісний рівнемір CLM-36 Dinel

Витратомір «ВЗЛЕТ ЭР» може використовуватися також для вимірювання витрати та об'єма рідких харчових продуктів: питної води, безалкогольних негазованих напоїв (соки, сиропи і т.д.), алкогольних напоїв міцністю до 40 °, молочних продуктів (молоко, йогурт, сметана, майонез і т.п.), кетчупу, розчинів харчових кислот, лугів і т.д. [16]

Витратомір видає результати вимірів:

- на індикатор;
- у вигляді імпульсів з нормованим вагою;
- у вигляді нормованого токового сигналу (на замовлення);
- за допомогою послідовного інтерфейсу RS-232.

Корпус: вимірювальний блок виконано на двох друкованих платах, розміщених в циліндричному корпусі одна над іншою. Верхня плата - це плата процесора, нижня - джерела живлення. Корпус ІБ укріплений за допомогою порожнистої стійки на ППР. Можливий розворот ІБ навколо осі стійки, а індикатора навколо осі корпусу ІБ на 90 °, 180 ° або 270 °.

Відмінні риси «ВЗЛЕТ ЭР»:

- не потрібна установка фільтру;
- виведення інформації на два універсальних виходу;
- контроль спустошення трубопроводу;

- вимірювання витрати і об'єму реверсивного потоку (на замовлення);
- короткі прямолінійні ділянки трубопроводу;
- ступінь захисту IP65;
- захист від несанкціонованого доступу.



Рисунок 2.11 – Витратомір «ВЗЛЕТ ЭР»

2.2. Схема автоматизації

Система автоматизації дозволяє підвищити продуктивність випарної станції, зменшити витрати на газ та енергоспоживання. Також у разі несправності ПЕОМ було передбачено відображення майже всіх параметрів на індикаторах, які встановлені у щиті. У разі виникнення неполадок із контролером на щиті автоматизації встановлено блоки ручного управління, за допомогою якого оператор буде підтримувати задані параметри процесу. Також на щиті відображується сигналізація значень основних параметрів випарної станції.

Система автоматизації має наступні контури контролю та регулювання:

1. Регулювання температури пари, яка подається для обігріву першого корпусу випарної станції. Датчик для відбору значення температури АКУТЕК ДТС ТСМ-100М (поз.1а), до якого підключається нормуючий перетворювач

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

температури НПТ-2, який перетворює значення температури на аналоговий сигнал 4...20 мА. Сигнал по провідникам поступає на контролер та монітор ПЕОМ, де аналізується та при необхідності змінюється. Оброблений сигнал поступає на блок ручного управління БРУ-7к1 (поз.1б) перетворюється на пневматичний за допомогою ЭП-3211 (поз.1в) і поступає на мембранний виконавчий механізм МИМ (поз.1г), що встановлений на трубопроводі подачі холодної води, яка і регулює температуру ретурної пари. На даний контур була передбачена сигналізація верхньої та нижньої межі. У разі виходу температури за межі дозволеного на щиті загорається відповідна сигнальна лампа із червоною лінзою.

2. Контроль тиску у першому корпусі випарної станції. Для вимірювання значення тиску встановлено пневматичний перетворювач АКУТЕК ПД100 ДИ (поз.2а), який призначений для вимірювання і перетворення значення тиску на уніфікований сигнал постійного струму 4...20мА. Сигнал поступає на світлодіодний індикатор СМІ-2 (поз.2б), контролер та монітор ПЕОМ, де відображається і сигналізується

3. Контроль температури у корпусах і у концентраторі випарної станції. У кожному корпусі встановлені АКУТЕК ДТС ТСМ-100М (поз.3а-7а) із вбудованими нормуючими перетворювачами температури НПТ-2. Уніфікований сигнал постійного струму із кожного датчика поступає на світлодіодні індикатори СМІ-2 (поз.3а-7а) для відображення. Також передбачена сигналізація у разі підвищення температури за межі дозволеної.

4. Вимірювання витрати соку на випарну станцію здійснюється за допомогою електромагнітного перетворювача витрати “ВЗЛЁТ ЭР” (поз.8а), який має аналоговий вихід 4..20мА. Сигнал з перетворювача витрати подається на контролер, де обробляється і подається на блок ручного управління БРУ-7к (поз.8б), який використовується у разі поломки ПЕОМ або контролера. Керуючий сигнал подається на частотний перетворювач ПЧВ-1 (поз.8в). Частотний перетворювач здійснює управління асинхронним двигуном, який встановлений на трубопроводі подачі соку на випарку.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

5. Регулювання розрідження у концентраторі. Для вимірювання розрідження було встановлено пневматичний перетворювач АКУТЕК ПД200-ДИВ (поз.9а), який подає уніфікований сигнал постійного струму 4...20мА. На контролер. Оброблений сигнал подається на блок ручного управління БРУ-7к (поз.9б) для додаткового втручання. З блоку управління сигнал надходить до електро-пневматичного перетворювача ЕП-3211 (поз.9в), який подає регулюючий пневматичний сигнал на мембранний виконавчий механізм МИМ (поз.9г), який встановлений на трубопроводі відкачки пари із концентратора.

6. Регулювання рівня у збірнику аміачної води, у збірнику соку перед випаркою та у першому корпусі випарної станції. Першим місцем відбору значення рівня являється збірник аміачної води. Друга точка відбору рівня – збірник соку перед випаркою. Третя точка – перший корпус випарної станції. Відбір рівня здійснюється за допомогою ємнісного рівнеміра Dinel CLM 36 (поз.10а,10б,10в). Датчики мають вихідний уніфікований струмовий сигнал, що дозволяє підключити їх напряму до контролера. Дані показники обробляються контролером і видається регулюючий сигнал, який поступає на блок ручного управління БРУ-7к (поз.10г) для ручного впливу (при необхідності). Сигнал перетворюється за допомогою електро-пневматичного перетворювача ЕП-3211 (поз.10д), який подає регулюючий пневматичний сигнал на мембранний виконавчий механізм МИМ (поз.10е), який встановлений на трубопроводі подачі аміачної води.

7. Контури регулювання рівня у корпусах випарної станції пов'язані між собою. Для вимірювання використовуються ємнісні рівнеміри Dinel CLM 36 (поз.11а-14а). Сигнали із перетворювачів подаються на контролер для обробки. Рівень у кожному апараті регулюється за допомогою виконавчих механізмів МИМ (поз.11г-14г). При пониженні рівня у одному із апаратів відкривається заслонка на трубопроводі перед корпусом.

8. Контроль та вимірювання рівня у збірниках конденсату застосовуються ємнісні рівнеміри Dinel CLM 36 (поз.17а-26а). Уніфікований

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

сигнал постійного струму із перетворювача рівня поступає на контролер. Оброблений сигнал перетворюється на пневматичний за допомогою ЭП-3211 (поз.17б-26б) і подається на виконавчі механізми МИМ (поз.17в-26в), які встановлені на трубопроводах подачі конденсату у збірники конденсату.

Система автоматизації побудована на базі мікропроцесорного контролера АКУТЕК ПЛК-160.

2.3. Специфікація засобів автоматизації

№ пор	Номер позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця виміру	Кількість	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1	1а, 3а- 7а, 16а	Термометр опору ТСМ-100М	ТСМ-100М	шт	7	
2	2а	Перетворювач тиску АКУТЕК ПД100-ДИ	ПД100-ДИ	шт	1	
3	9а	Перетворювач тиску АКУТЕК ПД200-ДИВ	ПД200-ДИВ	шт	1	
4	10а,10б,10в, 11а-14а, 17а-28а	Ємкісний рівнемір Dinel CLM-36	Dinel CLM-36	шт	19	
5	8а,15а	Витратомір "ВЗЛЕТ ЄР"	ВЗЛЕТ ЄР	шт	1	
6	1г,9г,10е, 11г-14г, 16г-27г	Мембранний виконавчий механізм МИМ 200	МИМ 200	шт	19	
1	2	3	4	5	6	7
7	8в,15в	Частотний перетворювач АКУТЕК ПЧВ1	АКУТЕК ПЧВ1	шт	1	
8	1в,9в, 10д, 11в-14в, 16в-27в	Електропневматичний перетворювач ЭП-3211	ЭП-3211	шт	1	
9	1б,8б,9б,10г, 11б-16б,27б	Блок ручного управління БРУ-7	БРУ-7	шт	11	

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

10	26- 76,286	Світлодіодний індикатор СМІ-2	СМІ-2	шт	7	
11		ПЛК АКУТЕК 160	ПЛК АКУТЕК 160	шт	1	

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
						31
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Для автоматизації випарної станції був обраний мікропроцесорний контролер АКУТЕК ПЛК-160. Він призначений для створення систем автоматизованого управління технологічним обладнанням в енергетиці, транспорті, в т.ч. залізничному, в різних областях промисловості, житлово-комунального та сільського господарства.

На передню панель контролера виведена світлодіодна індикація про стан дискретних входів і виходів, наявності харчування, наявності зв'язку з середовищем програмування CoDeSys і про роботу контролера.

У корпусі контролера розташований малопотужний звуковий випромінювач, керований програмою користувача як спеціальний дискретний вихід.

Також призначений для створення середніх і малих систем автоматизації в харчовій, пакувальній промисловості, ліній розливу/дозування, систем «Розумний будинок».

У контролері АКУТЕК ПЛК 160 - закладені потужні обчислювальні ресурси за відсутності операційної системи:

1. Високопродуктивний процесор RISC архітектури ARM9, з частотою 180МГц компанії Atmel;
2. Великий об'єм оперативної пам'яті - 8МБ;
3. Великий обсяг постійної пам'яті - Flash пам'ять 4МБ, з них 3Мб доступно для зберігання файлів і архівів;

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Дудкін Е. К.			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Заїка В. І.				32	
Зав.кафедри		Смітюх Я. В.			ЗАВ-3-1 НУХТ		
Секр. ЕК		Крупська Т. М.					
					<i>Розробка системи автоматизації 5-корпусної випарної станції</i>		

4. Обсяг енергонезалежної пам'яті, для зберігання значень змінних - до 16Кб;
5. Час циклу за замовчуванням становить 1мс при 50 логічних операціях, при відсутності мережевого обміну;
6. Ступінь захисту корпусу: IP20 - IP00;
7. Індикація на передній панелі: світлодіодна;
8. Маса, не більше: 0,75 кг;
9. Напруга живлення: 18-28 В постійного струму;
10. Споживана потужність, не більше: 40 ВА;
11. Обсяг енергонезалежної пам'яті: 4 Мб, Час виконання одного циклу програми: Типове (стабільне) - від 1 мс, що налаштовується.



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд контролера АКУТЕК ПЛК-160 [02]

Модулі, використані для збільшення кількості вхідних/вихідних аналогових сигналів:

- модуль вхідних аналогових сигналів МВ110-8АС;
- модуль вихідних аналогових сигналів МУ110-8И.

Модуль МВ 110-8АС призначений для перетворення вимірюваних аналогових сигналів у цифровий код і передачі результатів вимірювання в мережу RS-485. Призначається для побудови автоматизованих систем збору даних у різних областях промисловості, сільського та комунального господарства, на транспорті.
[14]

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33



Рисунок 3.2 – Модуль швидкісного введення аналогових сигналів MB 110-8AC

Аналогові входи приладу можуть працювати в наступних режимах:

- вимір струму в діапазоні від 4 до 20 мА;
- вимір струму в діапазоні від 0 до 20 мА;
- вимір струму в діапазоні від 0 до 5 мА;
- вимір напруги в діапазоні від 0 до 10 В.

Прилад працює в мережі RS-485 за протоколами АКУТЕК, Modbus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.

Прилад має наступні групи гальванічно ізольованих ланцюгів:

- ланцюга живлення приладу;
- ланцюга інтерфейсу RS-485;
- ланцюга виходу вбудованого джерела постійної напруги 24 В (для MB110-220.8AC);
- ланцюга вимірювальних входів.

Електрична міцність ізоляції всіх груп ланцюгів, виключаючи групу ланцюгів живлення, щодо один одного - 750 В, щодо групи ланцюгів живлення - 3000 В.

До приладу надається безкоштовний OPC-драйвер і бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підключенні приладу до SCADA-системам і контролерам інших виробників.

Конфігурування приладу здійснюється на ПК через адаптер інтерфейсу RS-485/RS-232 або RS-485/USB (наприклад, АКУТЕК АС3-М або АС4) за допомогою програми «Конфігуратор М110», що входить в комплект поставки.

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Основні особливості модуля швидкісного введення аналогових сигналів МВ110-8АС:

- 8 каналів аналогового введення;
- уніфіковані сигнали струму (0-20 мА, 4-20 мА, 0-5 мА) і напруги (0-10 В);
- частота вимірів: до 200 вибірок в секунду;
- напруга живлення: ~ 220 В або 24 В (в залежності від модифікації);
- вбудоване джерело живлення датчиків: 24 В, 180 мА (для модифікації з змінною напругою живлення).

Прилад експлуатується при наступних умовах:

- закриті вибухобезпечні приміщення без агресивних парів і газів;
- температура навколишнього повітря від мінус 10 до +55 ° С;
- верхня межа відносної вологості повітря 80% при 35 ° С і більш низьких температурах без конденсації вологи;
- атмосферний тиск від 84 до 106,7 кПа.

Основні особливості модуля аналогового виведення АКУТЕК МУ110-8И [15].

Прилад призначений для перетворення цифрових сигналів, переданих по мережі RS-485, в аналогові сигнали діапазоном від 4 до 20 мА для управління виконавчими механізмами або для передачі сигналів приладів реєстрації та самописам.

МУ110 працює в мережі RS-485 за протоколами АКУТЕК, ModBus-RTU, ModBus-ASCII, DCON.



Рисунок 3.2 – Модуль аналогового виведення АКУТЕК МУ110-8И

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

МУ110 не є майстром мережі, тому мережа RS-485 повинна мати Майстер мережі, наприклад, ПК із запущеною на ньому SCADA-системою, контролер або регулятор. Як майстри мережі можуть використовуватися прилади АКУТЕК ТРМ151, ТРМ133, контролери АКУТЕК ПЛК і т.п.

До МУ110 надається безкоштовний OPC-драйвер і бібліотека стандарту WIN DLL, які рекомендується використовувати при підключенні приладу до SCADA-системам і контролерам інших виробників.

Конфігурування МУ110 здійснюється за допомогою ПК через адаптер інтерфейсу RS-485/RS-232 або RS-485/USB (наприклад, АКУТЕК АС3-М або АС4, відповідно) за допомогою програми «Конфігуратор М110», що входить в комплект поставки.

Таблиця 3.1 – Проектне компонування ПЛК

Позначення модуля	Кіль-ть	Характеристика
АКУТЕК ПЛК-160 [02]	1	Мікропроцесорний контролер
АКУТЕК МВ 110-8АС	3	Модуль швидкісного введення аналогових сигналів
АКУТЕК МУ110-8И	3	Модуль аналогового виведення

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

В сучасних системах контролю, автоматичного регулювання і керування різними технологічними процесами значне місце займають електричні прилади, апаратура і пристрої. Для зображення взаємного електричного зв'язку апаратів і пристроїв, дії яких забезпечують рішення задач керування, регулювання, захисту і сигналізації технологічних процесів, служать електричні схеми.

Схеми принципів служать підставою для розробки інших креслень і документів проекту, а також при налагодженні та експлуатації систем автоматизації. Вони розробляються на підставі прийнятих рішень у функціональних схемах.

Схема електрична принципова, як правило, повинна містити елементні схеми регулювання, керування, блокування, захисту і сигналізації з таблицями пояснень, діаграми замикання контактів ключів, приладів і апаратів, контакти, зайняті в інших схемах, перелік апаратури, загальні примітки.

Схеми керування, розроблювальні при проектуванні систем автоматизації харчових виробництв, досить різноманітні за характером дії й виконуваних функцій.

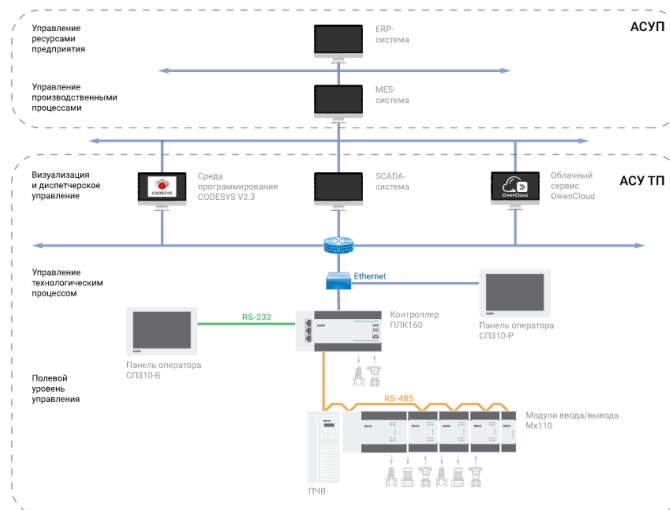


Рисунок 3.3 – Структурна схема застосування АКУТЕК ПЛК 160 [02] в ієрархічній структурі управління підприємством

Залежно від виконуваних функцій схеми керування розділяють:

- схеми керування електроприводами виробничих механізмів, до яких відносять і схеми керування поточно-транспортними системами (ПТС);
- схеми керування електроприводом запірних і регулюючих пристроїв;
- схеми програмного керування технологічними агрегатами періодичної дії у функції часу або інших параметрів.

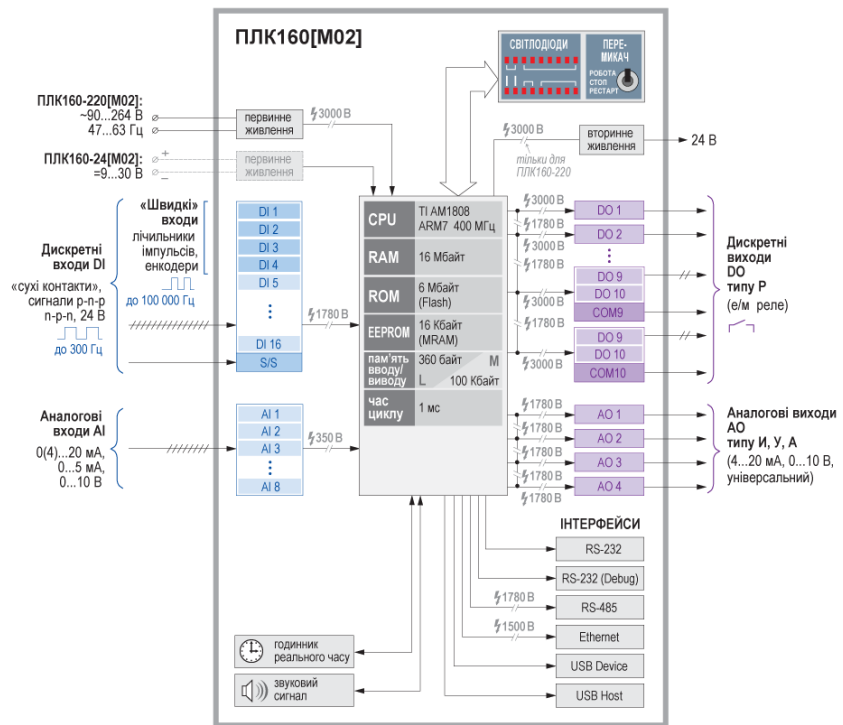


Рисунок 3.4 – Функціональна схема АКУТЕК ПЛК 160

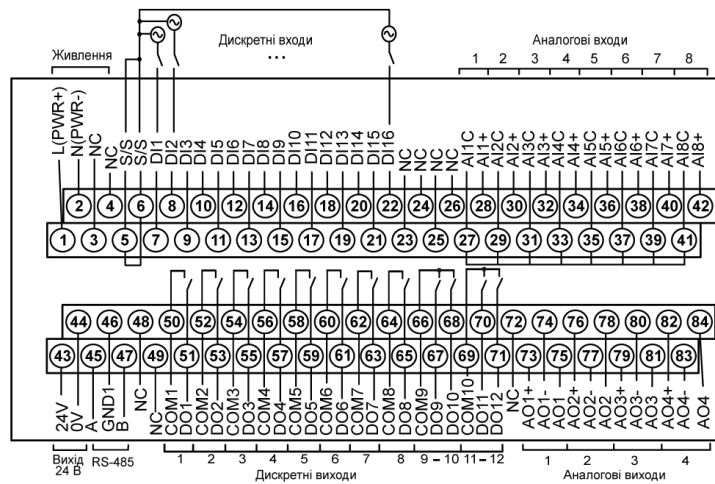


Рисунок 3.5 – Загальна схема підключення зовнішніх мереж мікропроцесорного контролера АКУТЕК ПЛК 160

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

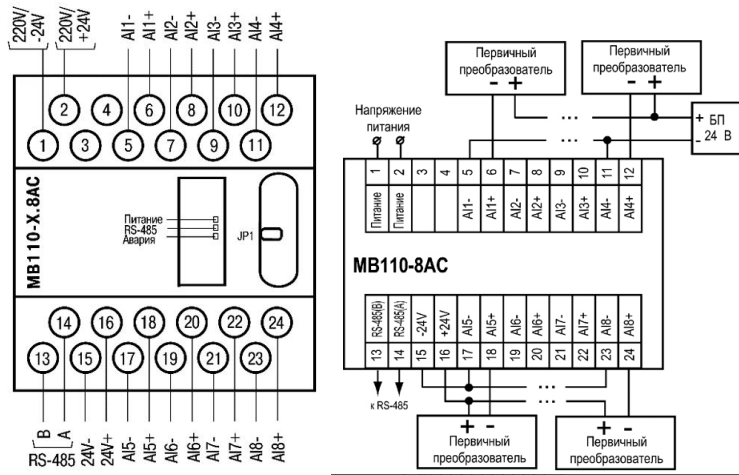


Рисунок 3.6 – Загальна схема підключення зовнішніх мереж модуля швидкісного введення аналогових сигналів МВ 110-8АС

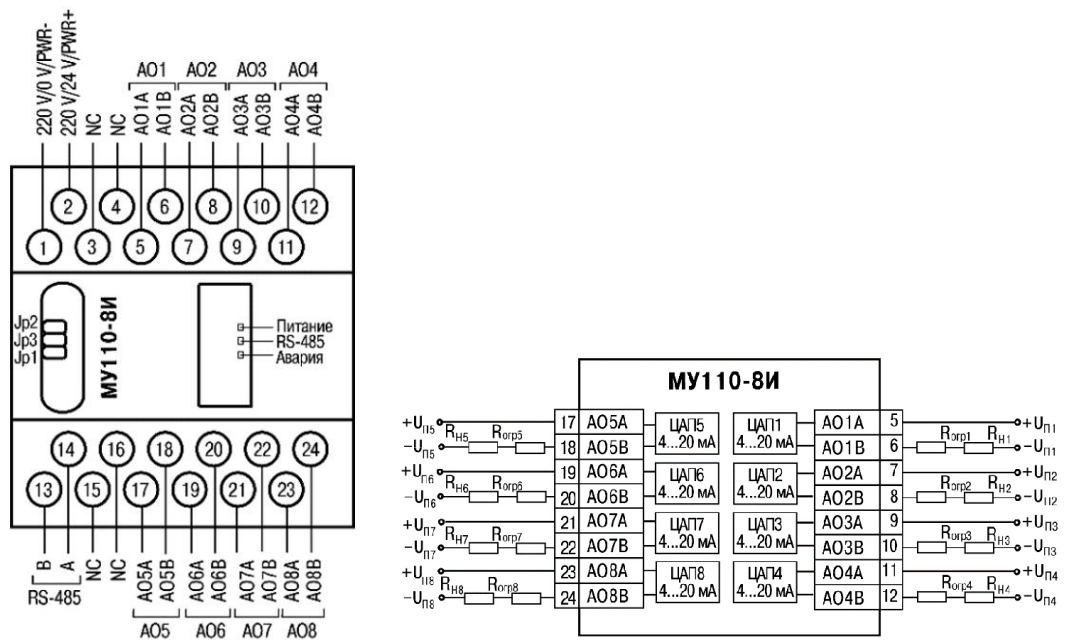


Рисунок 3.7 – Загальна схема підключення зовнішніх мереж модуля аналогового виведення АКУТЕК МУ110-8И

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Контур регулювання витрати соку на випарну станцію здійснюється за допомогою електромагнітного перетворювача витрати “ВЗЛЁТ ЭР” (поз.8а), який має аналоговий вихід 4..20 мА. Сигнал з перетворювача витрати подається на контролер, де обробляється і подається на блок ручного управління БРУ-7к

(поз.8б), який використовується у разі поломки ПЕОМ або контролера. Керуючий сигнал подається на частотний перетворювач ПЧВ-1 (поз.8в). Частотний перетворювач здійснює управління асинхронним двигуном, який встановлений на трубопроводі подачі соку на випарку.

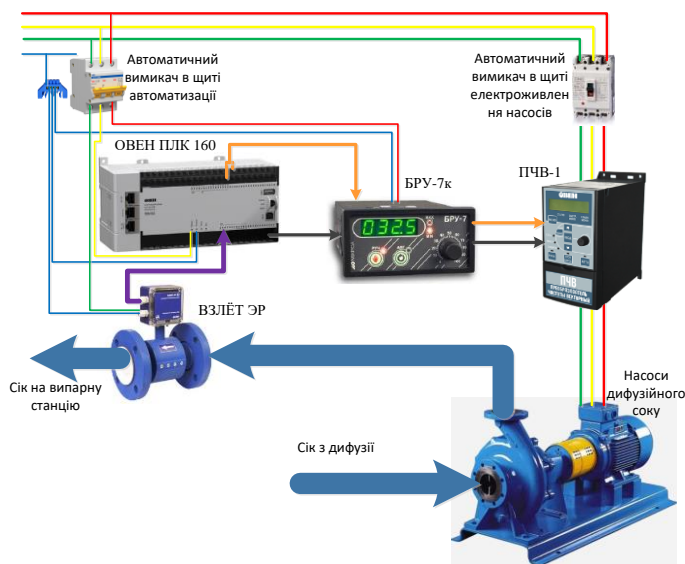


Рисунок 3.8 – Розширена схема контуру регулювання витрати соку на випарну станцію

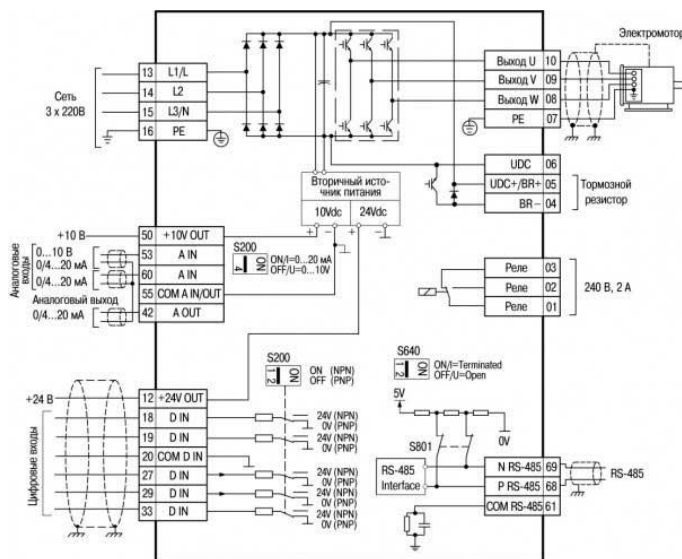


Рисунок 3.9 – Розширена схема підключення частотного перетворювача

4. Креслення встановлення технічного засобу

При виконанні монтажних і пусконаладжувальних робіт необхідно залучати спеціалізовані монтажні і пусконаладжувальні організації, що забезпечує якісний монтаж і налагодження, а також виконувати кваліфікований інструктаж обслуговуючого персоналу.

Для практичного забезпечення надійної роботи вимірювальної техніки, засобів та систем контролю і автоматичного керування виробничими процесами на підприємствах створюють спеціальну службу контрольно-вимірювальних приладів і автоматики (КВП і А).

Наладка засобів вимірювань і систем технологічного контролю передбачає комплекс робіт, котрі виконуються в три стадії по їх перевірки і наладки, забезпечує отримання достовірної інформації про значення контролюємих величин і протіканні того чи іншого процесу. [6]

На першій стадії виконуються підготовчі роботи: вивчення та аналіз основних проектних рішень та передмонтажна повірка засобів вимірювань. Результати передмонтажної повірки фіксуються в акті передмонтажної повірки або у паспорті на прилад.

На другій стадії виконують: повірка виконаного монтажу; перевірка правильності проходження сигналів; перевірка, настройка параметрів і ввімкнення ланцюгів блоків живлення; фазування та контроль характеристик виконавчих механізмів; попереднє визначення характеристик об'єкта, розрахунок і наладка параметрів апаратури; підготовка до включення в роботу систем контролю і автоматизації.

На третій стадії виконуються роботи по комплексній наладці систем технологічного контролю і доведення їх параметри до значень, при котрих вони використовуються в процесах нормальної експлуатації.

					<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>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		Дудкін Е. К.					
<i>Керівник</i>		Заїка В. І.				41	
<i>Зав.кафедри</i>		Смітюх Я. В.			<i>ЗАВ-3-1 НУХТ</i>		
<i>Секр. ЕК</i>		Крупська Т. М.					
					<i>Розробка системи автоматизації 5-корпусної випарної станції</i>		

Задача налагоджених систем автоматизації в експлуатацію виконується як по окремих вузлах, так і комплексно по установкам, цехам, підприємствам. Також потрібно відмітити, що наладка засобів і систем автоматизації знаходяться в тісній взаємодії з наладкою самого технологічного процесу. Ефективна робота будь-якого виробництва забезпечується тільки комплексною наладкою з участю спеціалістів різних спеціалізованих організацій і виробничих підрозділів.

Розроблена схема вдосконалення автоматизації випарної станції налічує в собі 2 контура контролю та регулювання тиску, 2 контура контролю та регулювання температури, 2 контурів контролю температури, 17 контурів контролю та регулювання рівня і 2 контура контролю та регулювання витрати.

Контроль та регулювання параметрів здійснює мікропроцесорний контролер АКУТЕК ПЛК160 з видачею управляючих сигналів на електропневматичні та частотні перетворювачі.



Рисунок 4.1 – Пневматичний перетворювач АКУТЕК ПД100-ДИ

Датчики серії АКУТЕК ПД100-ДИ призначені для безперервного перетворення надлишкового тиску вимірюваного середовища в уніфікований сигнал постійного струму 4 ... 20 мА.

Модель АКУТЕК ПД100-ДИ, 1-0-111-0,5 являє собою перетворювач з вимірювальною мембраною з нержавіючої сталі AISI 316L, вимірювальним штуцером М20х1, 5 і кабельним з'єднувачем типу DIN43650А.

Мембранна конструкція запобігає можливості попадання вимірюваного середовища всередину перетворювача і в навколишнє середовище в разі

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

руйнування мембрани при гідро-або пневмоударі, що перевищує допустиму перевантажувальну здатність перетворювача.

Основні функції перетворювача:

- вимірювання надлишкового тиску нейтральних до неіржавіючої сталі AISI 316L або кераміці (Al₂O₃) середовищ (повітря, пара, різні рідини);
- перетворення тиску в уніфікований сигнал постійного струму 4 ... 20 мА;
- верхня межа вимірюваного тиску (ВП) - ряд значень від 10 кПа до 25 Мпа;
- клас точності $\pm 0,25$; $\pm 0,5$ і $\pm 1,0\%$ від ВП;
- ступінь захисту корпусу датчика тиску - IP65;
- завадостійкість задовольняють вимогам до обладнання класу А.



Рисунок 4.2 – Габаритні розміри пневматичного перетворювача АКУТЕК ПД100-ДИ



Рисунок 4.3 – Термоперетворювач опору ДТС типу ТСМ 100М із вбудованим температурним нормуючим перетворювачем НТП-2

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Термоперетворювачі (датчики температури) призначені для безперервного вимірювання температури різних робочих середовищ (наприклад, пара, газ, вода, сипучі матеріали, хімічні реагенти тощо), не агресивних до матеріалу корпусу датчика.

Моделі датчиків з різьбовим кріпленням випускаються в стандартному виконанні з метричною різьбою. Можливе також їх виготовлення з трубним різьбленням по спец. замовленням.

Основні критерії правильного вибору термоперетворювача:

-відповідність вимірюваних температур робочим діапазонам вимірювань термоперетворювачів;

-відповідність міцності корпусу датчика температури умов експлуатації; - правильний вибір довжини занурюваної частини датчика і довжини з'єднувального кабелю;

-необхідність вибухозахищеного виконання для роботи на вибухопожежонебезпечних ділянках;

-принцип дії термоопору заснований на властивості провідника змінювати електричний опір зі зміною температури навколишнього середовища.

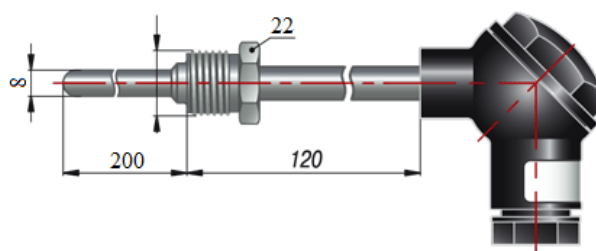


Рисунок 4.4 – Габаритні розміри термоперетворювача опору ДТС типу TSM 100M

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 4.5 – Температурний нормуючий перетворювач з виходом 4...20мА. НПТ-2

Перетворювач АКУТЕК НПТ-2, спільно з вимірювальними датчиками, призначений для перетворення значення температури в уніфікований сигнал постійного струму 4 ... 20 мА. Перетворювач призначений для роботи з термопарами і термометрами опору. НПТ-2, застосовуються у вторинній апаратурі систем автоматичного контролю, регулювання та керування технологічними процесами в різних галузях промисловості, а також в комунальному господарстві, диспетчеризації, телемеханічних інформаційно-вимірювальних комплексах і т. д.

Можливості:

- підключати вітчизняні датчики температури до контролерів зарубіжних виробників;
- збільшувати довжину лінії зв'язку «вимірювальний прилад \ датчик температури»;
- знизити вплив перешкод на лінію зв'язку «прилад \ датчик».

Переваги:

- висока точність, похибка вимірювання для ТП 0,5%, для ТЗ 0,25%;
- висока роздільна здатність. Дискретність вихідного сигналу 4 ... 20мА становить не більше 8мкА;
- висока надійність. АКУТЕК НПТ-2 відповідає вимогам стандарту за електромагнітної сумісності з критерієм якості функціонування А;
- широкий діапазон робочих температур навколишнього середовища: -40 ... +85 ° С.

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

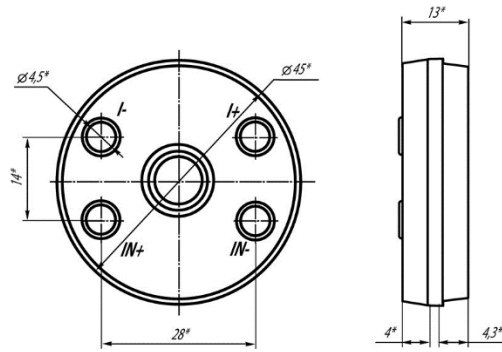


Рисунок 4.6 – Габаритні розміри температурного нормуючого перетворювача НТП-2

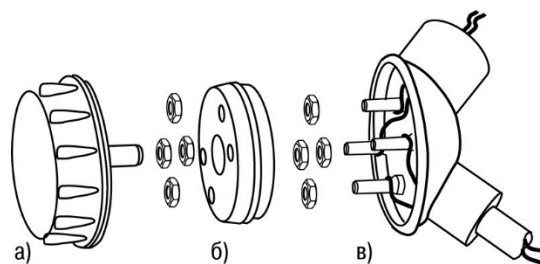


Рисунок 4.7 – Монтаж температурного нормуючого перетворювача НТП-2



Рисунок 4.8 – Витратомір «ВЗЛЕТ ЭР»

Витратомір «ВЗЛЕТ ЭР» може використовуватися також для вимірювання витрати та об'єму рідких харчових продуктів: питної води, безалкогольних негазованих напоїв (соки, сиропи і т.д.), алкогольних напоїв міцністю до 40 °, молочних продуктів (молоко, йогурт, сметана, майонез і т.п.), кетчупу, розчинів харчових кислот, лугів і т.д.

Витратомір видає результати вимірів:

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

- На індикатор;
- У вигляді імпульсів з нормованим вагою;
- У вигляді нормованого токового сигналу (на замовлення);
- За допомогою послідовного інтерфейсу RS-232.

Корпус: вимірювальний блок виконано на двох друкованих платах, розміщених в циліндричному корпусі одна над іншою. Верхня плата - це плата процесора, нижня - джерела живлення. Корпус ІБ укріплений за допомогою порожнистої стійки на ППР. Можливий розворот ІБ навколо осі стійки, а індикатора навколо осі корпусу ІБ на 90 °, 180 ° або 270 °.

Відмінні риси «ВЗЛЕТ ЭР»:

- повнопрохідні витратоміри без втрат тиску на вимірювальному ділянці;
- не потрібна установка фільтру;
- виведення інформації на два універсальних виходу;
- контроль спустошення трубопроводу;
- вимірювання витрати і об'єму реверсивного потоку (на замовлення);
- короткі прямолінійні ділянки трубопроводу;
- ступінь захисту IP65;
- захист від несанкціонованого доступу.

Вивід інформації:

- на 7-сегментний рідкокристалічний індикатор (тільки для виконань ЕРСВ-5х0Л (Ф);
- у вигляді нормованого токового сигналу (за допомогою адаптера токового виходу ВЗЛЕТ АТ);
- у вигляді імпульсів з нормованим вагою і логічного сигналу напрямку потоку.

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

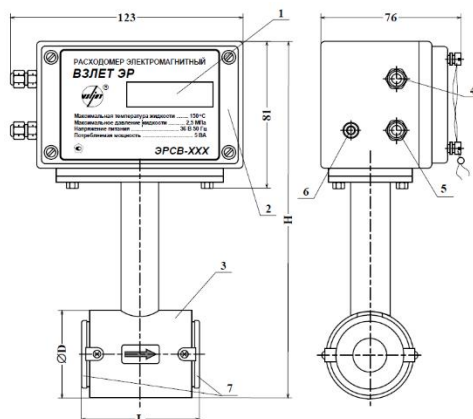


Рисунок 4.9 – Габаритні розміри витратоміра «Взлёт ЭР»

1 - індикатор (при наявності); 2 - вимірювальний блок; 3 - первинний перетворювач витрати; 4 - гермоввід кабелю живлення, 5 - гермоввід кабелю; 6 – клемма захисного заземлення; 7 – захисні кільця.

Вимірювальний блок виконано на двох друкованих платах, розміщених в циліндричному корпусі одна над іншою. Верхня плата - це плата процесора, нижня - джерела живлення. Корпус ІБ укріплений за допомогою порожнистої стійки на ППР. Можливий розворот ІБ навколо осі стійки, а індикатора навколо осі корпусу ІБ на 90 °, 180 ° або 270 °. Введення кабелів живлення і зв'язку здійснюється через два кабельних гермовводами типорозміру Pg7, що забезпечують задану ступінь пиловологозахищеності.

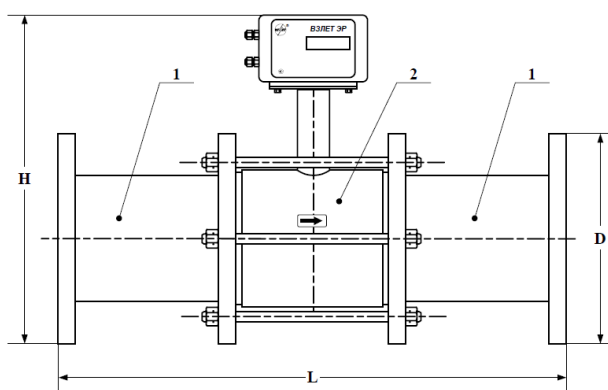


Рисунок 4.10 – Монтаж витратоміра «Взлёт ЭР» на трубопроводі:

1 – прямі фланцеві ділянки; 2 - витратомір

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Рівнемір CLM-36 призначений для вимірювання рівня рідких середовищ і сипучих вантажів в закритих резервуарах. В основу даного рівнеміра покладено принцип зміни електричної ємності при зміні рівня продукту.



Рисунок 4.11 – Ємнісний рівнемір CLM-36 Dinel

Технічні характеристики:

- вихідний сигнал 4-20мА, живлення 9-30VDC;
- двопровідне підключення;
- діапазон вимірювань до 20м;
- точність 1%;
- температурний діапазон від-40С до +75 С;
- іскробезпечне виконання.

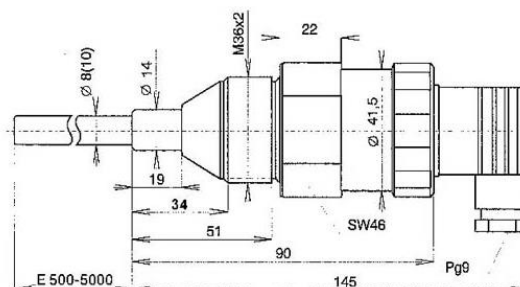


Рисунок 4.12 – Габаритні розміри рівнеміра CLM-36 Dinel

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

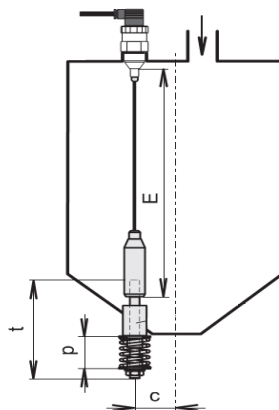


Рисунок 4.13 – Монтаж рівнеміра CLM-36 Dinel



Рисунок 4.14 – Перетворювач надлишкового - вакууметричного тиску
АКУТЕК ПД200-ДИВ

Перетворювачі представлені моделлю 315. Дана модель являє собою перетворювач з керамічною ємкісноізмёрительной мембраною з оксиду алюмінію (Al_2O_3), вимірювальним штуцером M20x1, 5 і металевим кабельним вводом.

Основні характеристики перетворювача:

- вимірювання надлишкового-вакууметричного тиску нейтральних до оксиду алюмінію (Al_2O_3) середовищ (повітря, пара, різні рідини);
- перетворення тиску в уніфікований сигнал постійного струму 4 ... 20 мА і HART-протокол;

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

- верхня межа вимірюваного тиску (ВПТ) - ряд значень від $\pm 2,5$ кПа до ± 100 кПа;
- перевантажувальна здатність 200% від ВПТ;
- клас точності $\pm 0,1$ від ВПТ;
- ступінь захисту корпусу датчика тиску - IP65.

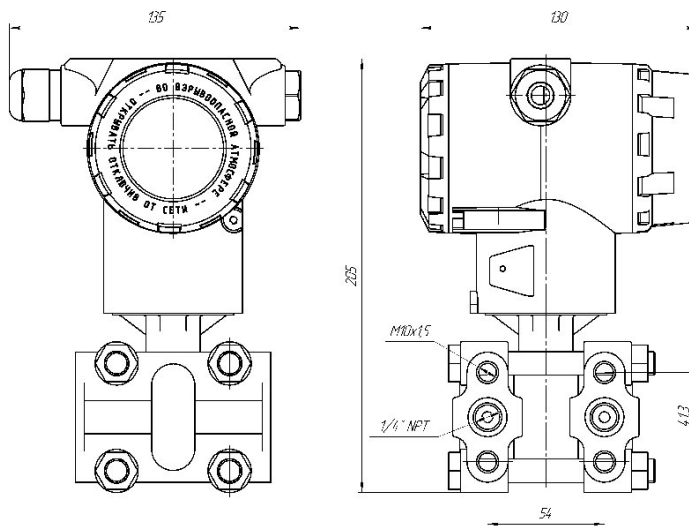


Рисунок 4.15 – Габаритні розміри АКУТЕК ПД200-ДИВ

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)

Програмування контролерів АКУТЕК ПЛК 160 здійснюється у професійному середовищі CoDeSys, що максимально відповідає стандарту МЕК 61131 (розділ міжнародного стандарту (також існує відповідний європейський стандарт EN 61131), що описує мови програмування для програмованих логічних контролерів).

CoDeSys – інструментальний програмний комплекс промислової автоматизації. Проводиться і поширюється компанією 3S-Smart SoftwareSolutions (Кемптен, Німеччина). Назва CoDeSys є акронімом від ControllerDevelopmentSystem. Версія 1.0 була випущена в 1994 році.

Основою комплексу CoDeSys є серія розробки прикладних програм для програмувальних логічних контролерів (ПЛК). Вона розповсюджується безкоштовно і може бути без обмежень встановлена на декількох робочих місцях.

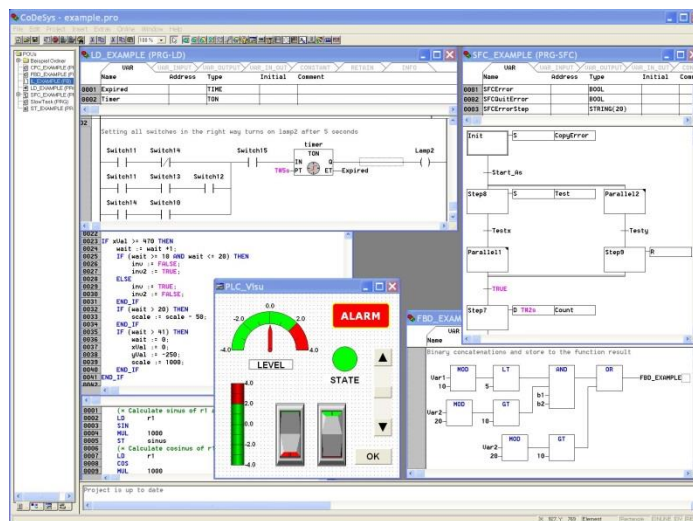


Рисунок 5.1 – Робоче вікно програми CoDeSys

<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Дудкін Е. К.		
Керівник		Заїка В. І.		
Зав.кафедри		Смітюх Я. В.		
Секр. ЕК		Крупська Т. М.		
<i>Розробка системи автоматизації 5-корпусної випарної станції</i>				
		Літ.	Арк.	Аркушів
		52		
ЗАВ-3-1 НУХТ				

Характеристика CoDeSys

- підтримка 5 основних мов програмування, для фахівців будь-якої галузі (таких, як InstructionList – асемблер-подібна мова, StructuredText – Pascal-подібна мова, LadderDiagram – мова релейних схем, SequentialFunctionChart – мова діаграм);
- потужний засіб розробки та налагодження комплексних проектів автоматизації на базі контролерів;
- функції документування проектів;
- кількість логічних операцій обмежується лише кількістю вільної пам'яті контролера;
- практично необмежена кількість використовуваних в проекті лічильників, тригерів, генераторів.

Наведено фрагмент програми функціонування ПЛК на мові ST виконану в програмному середовищі CoDeSys.

В проекті використані внутрішні змінні, які не пов'язані з технологічними параметрами але несуть службову інформацію. Для стандартного алгоритму ПІД регулювання (Алгоритм PID) це 43 змінні типу слово, які використовуються для запису налаштувань, вхідних, вихідних значень, завдання, налаштувань та ін.

Приклад програми функціонування на мовах ST та FBD

Старт проекту та робота з системним часом та формування обробки даних і змінних.

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

PROGRAM PLC_PRG

VAR

(*SysLibTime*)

GetTime: CurTimeEx;

TimeAndDate: SystemTimeDate;

Sys_Time: SysTime64;

MM: UINT; (*встановлення хвилин*)

SS: UINT; (*встановлення секунд*)

HH: UINT; (*години*)

D: UINT; (*число*)

M: UINT; (*місяць*)

Y: UINT; (*рік*)

set_time: BOOL := 0; (*установити дату*)

set_date: BOOL := 0; (*установити час*)

(*OwenLibFileAsync*)

pref:STRING:='usb:'; (*префікс назви:

usb: - змінний flash-накопичувач;

ffs: (відсутній!) - внутрішня пам'ять;

ram: тестовий RAM диск*)

handle:DWORD:=0; (*дескриптор файлу*)

res: ASYNC_RET_VALUE; (*OwenLibFileAsync*)

result:DWORD; (*буфер*)

state:DWORD:=0; (*стан*)

StartArchivation: BOOL; (*Змінна запуску архівування. TRUE,
FALSE.*)

timer_archiv: TON; (*таймер архівації*)

header: STRING(255); (*заголовок таблиці*)

var1,var2:REAL; (*змінні для запису*)

```

need_new_header: BOOL := 0;
start_archiv: BOOL := 0;
divider:DWORD;
END_VAR
VAR RETAIN
name_of_file: STRING;      (*назва файлу с префіксом*)
today: UINT;
END_VAR
TimeAndDate.Day :=0;
TimeAndDate.DayOfWeek :=0;
TimeAndDate.dwHighMsec :=0;
TimeAndDate.dwLowMsecs :=0;
TimeAndDate.Milliseconds :=0;
TimeAndDate.Minute :=0;
TimeAndDate.Second :=0;
TimeAndDate.Hour :=0;
TimeAndDate.Year :=0;
TimeAndDate.Month :=0;
Sys_time.ulHigh :=0;
Sys_time.ulLow :=0;
GetTime (SystemTime:=Sys_Time , TimeDate:= TimeAndDate);
(*Якщо set_time - правда, то можна змінювати*)
IF set_time THEN
set_time:=0;
TimeAndDate.Minute:=MM;
TimeAndDate.Second:=SS;
TimeAndDate.Hour:=HH;
GetTime (SystemTime:=Sys_Time , TimeDate:= TimeAndDate);
END_IF

```

(*Якщо set_time - правда, то можна змінювати *)

IF set_date THEN

set_date:=0;

TimeAndDate.Day:=D;

TimeAndDate.Month:=M;

TimeAndDate.Year:=Y;

GetTime (SystemTime:=Sys_Time , TimeDate:= TimeAndDate);

END_IF

timer_archiv(in:=StartArchivation, pt:=T#1s) ;

IF timer_archiv.Q THEN

start_archiv:=1;

timer_archiv(in:=0);

ELSIF timer_archiv.Q=0 AND state=0 THEN

start_archiv:=0;

END_IF

IF start_archiv THEN

IF today<>TimeAndDate.Day THEN

name_of_file:=CONCAT(pref,UINT_TO_STRING(TimeAndDate.Day));

name_of_file:=CONCAT(name_of_file,'.');

name_of_file:=CONCAT(name_of_file,UINT_TO_STRING(TimeAndDate.Month));

name_of_file:=CONCAT(name_of_file,'.');

name_of_file:=CONCAT(name_of_file,UINT_TO_STRING(TimeAndDate.Year));

name_of_file:=CONCAT(name_of_file,'.csv');

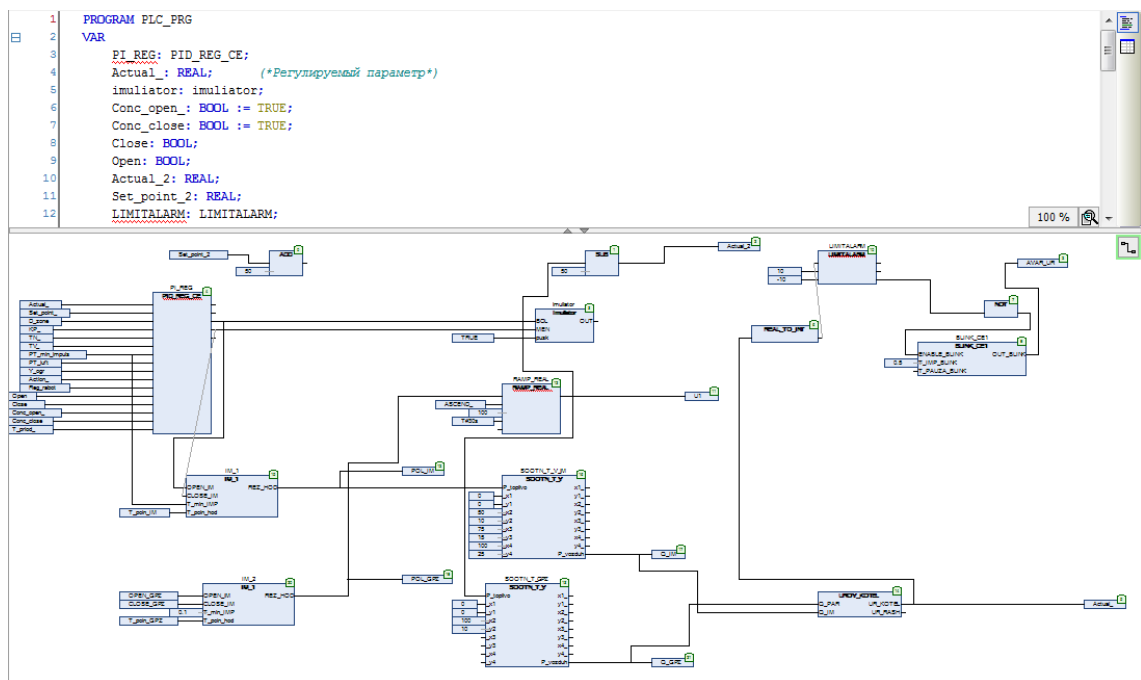
today:=TimeAndDate.Day;(*запомнить дату *)

need_new_header:=1

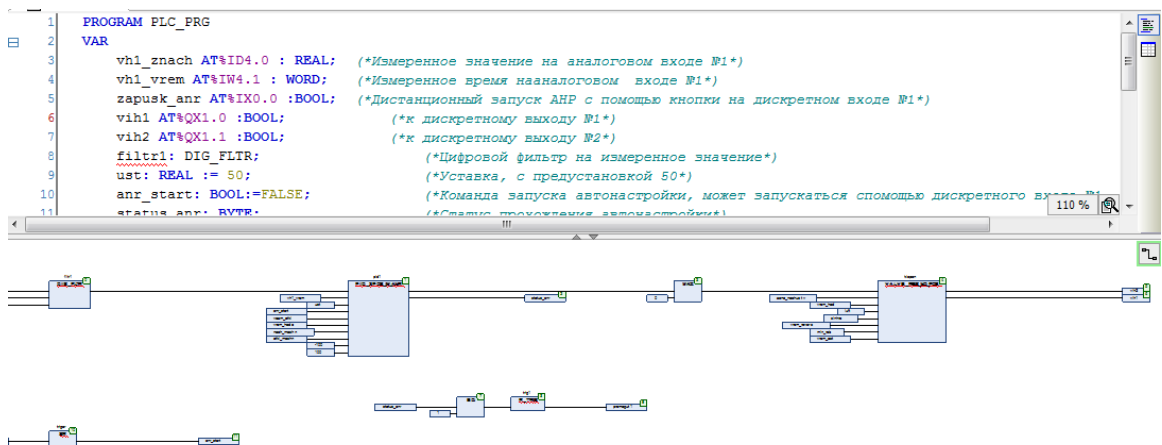
END_IF

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

ПІД-регулятор на мові FBD регулювання витрати дифузійного соку на випарну станцію та сиропу на збірник сиропу.



ПІД-регулятор на мові FBD регулювання рівня в випарних апаратах



Підпрограма роботи з частотними перетворювачами на мові ST

PROGRAM PLC_PRG

VAR

(*АКУТЕК ПЧВ по RS-485*)

com_num1: PORTS;

Settings1: COMSETTINGS;

COM_SERVICE1: COM_SERVICE;

```

com_ready1: BOOL;
WSC:MB_WR_SNG_COIL;
i: BYTE;
freq: INT:=0;
command_word:WORD:=16#847C;
RT: R_TRIG;
t_zad:TIME:=T#100ms;
END_VAR

```

Програма обміну

*****)

IF COM_SERVICE1.ready=FALSE THEN

(* Номер порта (com_number):

0 - RS-485

1 - RS-232

4 - RS-232 DEBUG*)

com_num1:=0;

(* (com_settings):

byParity - Режим перевірки 0 = ні, 1 = нечѳот, 2 = чѳот

byStopBits - Кіл стопових біт 0 =один, 1=півтора , 2=два

dwBaudRate - Швидкість 4800, 9600, 19200, 38400, 57600, 115200 біт/с.

Settings1.Port:=com_num1;

Settings1.dwBaudRate:=9600;

Settings1.byParity:=0;

Settings1.dwTimeout:=0;

Settings1.byStopBits:=0;

Settings1.dwBufferSize:=0;

Settings1.dwScan:=0;

(* (COM_SERVICE)

```

COM_SERVICE1(Enable:=TRUE , Settings:=Settings1 ,
Task:=OPEN_TSK);
    com_ready1:=FALSE;
ELSE
    COM_SERVICE1.Enable:=FALSE;
    com_ready1:=TRUE;
END_IF
(*****Робота з портом*****)
IF (com_ready1=TRUE )THEN
IF i<16 THEN
    WSC(
        Enable:=TRUE ,
        Mode:=MB_RTU ,
        DevAddr:=1 ,
        CoilAddr:=16+i,
        Value:=EXTRACT(X:=freq, N:=i) ,
        ComHandle:=com_num1 ,
        TimeOut:=t_zad);
ELSIF i>=16 AND i<32 THEN
    WSC(
        Enable:=TRUE ,
        Mode:=MB_RTU ,
        DevAddr:=1 ,
        CoilAddr:=i-16,
        Value:=EXTRACT(X:=command_word, N:=i-16) ,
        ComHandle:=com_num1 ,
        TimeOut:=t_zad);
END_IF
RT(CLK:=WSC.Complete);

```

```
IF rt.Q AND WSC.Exception=0 THEN
```

```
    i:=i+1;
```

```
END_IF
```

```
IF i=32 THEN
```

```
    i:=0;
```

```
END_IF
```

```
END_IF
```

Передача значення змінних, що відповідають параметрам, які лише контролюються відбувається без програмної обробки лише після апаратного фільтрування високочастотних завод через їх імена.

Технологічна сигналізація реалізована SCADA програмою і забезпечує сигналізацію роботи насосів (по зміні стану дискретної змінної) та сигналізацію виходу технологічних параметрів за встановлені межі. Технологічна сигналізація забезпечується відповідними динамічними об'єктами та зміною фону відображення значення технологічних параметрів.

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора

технолога

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

Аналогові вхідні змінні

Параметр	шкала	сигна л	марку вання	ідентиф ікатор	адреса
1	2	3	4	5	6
<u>Температура, С</u>					
Ретурний пар	150°C	4-20 мА	10	Ai1	% IW2.0
Сік на випарну станцію	150°C	4-20 мА	11	Ai18 *	% IW2.1
Соковий пар 1А корпусу	150°C	4-20 мА	12	Ai10	% IW2.2
Рівень в зб. сиропу після сульфит.	100%	4-20 мА	13	Ai31	% IW2.3
Соковий пар 2Б корпусу	150°C	4-20 мА	14	Ai12, Ai13	% IW2.4
Соковий пар 3А корпусу	100 °	4- 20mA	15	Ai14	% IW2.5
Соковий пар 4 корпусу	100 °	4- 20mA	16	Ai16	% IW2.6
Соковий пар 5 корпусу	100 °	4-20 мА	17	Ai17	% IW2.7
Т соку на корпус 3	100 °	4-20 мА	20	Ai80 *	% IW2.8
Рівень конденсату в збірнику 7			2.-08	Ai95 *	% IW2.9
<u>Тиск, кПа</u>					
Ретурний пар	300 кПа	4-20 мА	22	Ai19	% IW2.10
Соковий пар 1-х корпусів	250 кПа	4-20 мА	23	Ai22	% IW2.11
Соковий пар 2-х корпусів	250 кПа	4-20 мА	24	Ai23	% IW2.12
Рівень в збірнику конденсату 8	100%	4-20 мА	25	Ai96	% IW2.13

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Дудкін Е. К.			Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Заїка В. І.				61	
Зав.кафедри		Смітюх Я. В.			ЗАВ-3-1 НУХТ		
Секр. ЕК		Крупська Т. М.					
<i>Розробка системи автоматизації 5-корпусної випарної станції</i>							

1	2	3	4	5	6
Розрідження в 5 корпусі	-100кПа	4-20 мА	26	Ai26 *	% IW2.14
Витрата соку на випарки	320 м3 / ч			Ai46	% IW2.15
<i>рівень</i>					
Збірник соку перед випаровуванню	100%	4-20 мА	30	Ai30	% IW3.0
Рівень в збірнику конденсату 9	100%	4-20 мА	2..28	Ai97 *	% IW3.1
Збірник фільтрування сиропу	100%	4-20 мА	32	Ai86 *	
Рівень в збірнику конденсату 10	100%			Ai98 *	% IW3.2
Збірник сиропу перед в / апар.0-12000	100%	4- 20mA	33	Ai32	% IW3.3
1А корпус	100%	4-20 мА	34	Ai33 *	% IW3.4
2А корпус	100%	4-20 мА	36	Ai34 *	% IW3.5
2Б корпус	100%	4-20 мА	36	Ai35 *	% IW3.6
3А корпус	100%	4-20 мА	37	Ai37 *	% IW3.7
4 корпус	100%	4-20 А	40	Ai39 *	% IW3.8
5 корпус	100%	4-20 мА	41	Ai40 *	% IW3.9
Збірник конденсату №1	100%	4-20 мА	42	Ai75 *	% IW3.10
Збірник конденсату №2	100%	4-20 мА	43	Ai76 *	% IW3.11
Збірник конденсату №3	100%	4-20 мА	44	Ai77 *	% IW3.12
Збірник конденсату №4	100%	4- 20mA	45	Ai78 *	% IW3.13
Збірник конденсату №5	100%	4-20 мА	46	Ai79 *	% IW3.14
Збірник конденсату №6				Ai94 *	% IW3.15
Т Соковий пар 2А корпусу	150°C	4-20 мА	80-1, -2	Ai12	% IW8.0
Сироп на сульфитацію	200 м3 / ч	4-20 мА			% IW8.2

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Аналогові вихідні змінні

параметр	сигнал	ідентифікатор	маркування	адреса
1	2	3	4	5
<u>температура</u>				
Сік на випарки	0-5 мА	Ао56	50-1, -2	% QW5.0
Т соку на 1 корпус	- "-	Ао99	51-1, -2	% QW5.1
<u>рівень</u>				
в 1-му корпусі	0-5 мА	Ао60	52-1, -2	% QW5.2
у 2-а корпусі	0-5 мА	Ао64	53-1, -2	% QW5.3
в 3-му корпусі	0-5 мА	Ао66	54-1, -2	% QW5.4
в 4-му корпусі	0-5 мА	Ао68	55-1, -2	% QW5.5
в 5-му корпусі	0-5 мА	Ао69	56-1, -2	% QW5.6
Збірник конденсату №1	те ж	Ао94	61-1, -2	% QW5.7
Кл. повернення сиропу в 5к - сироп на сульфитацію	- "-	Ао71	60-1, -2	% QW7.0
Збірник конденсату №2	- "-	Ао95	62-1, -2	% QW7.2
Збірник конденсату №3	- "-	Ао96	63-1, -2	% QW7.3
Збірник конденсату №4	- "-	Ао97	64-1, -2	% QW7.4
Розрідження в 5 корпусі	0-10V	Ао70	67-1, -2	% QW7.5
<u>РН</u>				
Збірник конденсату №5	- "-	Ао98	66-1, -2	% QW7.6
Збірник конденсату №6	те ж	Ао194		% QW10.0
Збірник конденсату №8	- "-	Ао196		% QW10.2
Збірник конденсату №9	- "-	Ао197		% QW10.3
Збірник конденсату №10	- "-	Ао198		% QW10.4
Збірник конденсату №7	- "-	Ао195		% QW10.6
Резерв	- "-			% QW10.7

Дискретні змінні

параметр	сигнал	ідентифікатор	маркування	адреса
1	2	3	4	5
<u>Сигналізація тиску. нагнітання насосів</u>				
Сік на випарну станцію	24В	Di52	100	% I6.0
Сироп на сульфитацію	24В	Di53	101	% I6.1
Сироп на дискові фільтри	24В	Di54	102	% I6.2
Сироп на вакуум-апарати	24В	Di55	103	% I6.3
Конд. насоса №1 (1-х корпусів)	24В	Di88	104	% I6.4
Конд. насоса №2 (2-х корпусів)	24В	Di89	105	% I6.5
Конд.насоса №5 (з 5 корпусу)	24В	Di92	106	% I6.6
резерв				% I6.7
Відхилення тиску повітря	24В		108	% I6.8
<u>аварійний рівень</u>				
1А корпус	24В	Di41	109	% I6.9
2А корпус	24В	Di43	110	% I6.10
резерв				% I6.11 -% I6.31

ВИХІДНІ				
Ам. вода в зб. перед вип.	24В	Do72	100	% Q9.0
Звуковий аварійний сигнал резерв	24В		101	% Q9.1
				% Q9.2-% Q9.15

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

У кваліфікаційній роботі використаний дисплейний пункт управління. Основним елементом дисплейного способу подання інформації є мнемосхема, яка відображається на моніторі комп'ютера стан технологічного процесу.

Програмний комплекс промислової автоматизації Controller Development System (CODESYS) заснований на стандарті IEC (МЕК) 61131-3 і випускається компанією 3S-Smart Software Solutions GmbH (Німеччина).

CODESYS дозволяє створювати, налагоджувати і завантажувати проект на виконання в контролер. При цьому всі взаємодії з контролером відбуваються безпосередньо за допомогою CODESYS і ніякого іншого програмного забезпечення не вимагається.

Web-візуалізація - це технологія, що дозволяє спостерігати і керувати CODESYS візуалізацією за допомогою Web-браузера на будь-якій апаратній платформі. При цьому, CODESYS може формувати описи об'єктів візуалізації проекту в форматі XML і завантажувати їх в контролер. Web-сервер обробляє дані контролера і також в форматі XML створює постійно оновлювану візуалізацію рисунок 6.1.

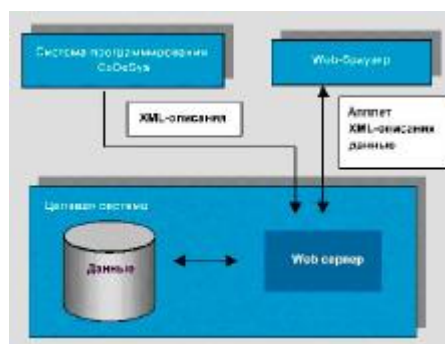


Рисунок 6.1 – Web-візуалізація в CODESYS V3

При створенні користувацького інтерфейсу контролерів і панелей

операторів в середовищі програмування CODESYS v3 спочатку додаються компоненти візуалізації. Для цього в дереві проекту правою кнопкою миші вибирається додаток Application - Add Object - Visualization і додаються компоненти Visualization Manager і Visualization. Для додавання в дерево проекту додаткової сторінки візуалізації потрібно вибрати програму Application-Add ObjectVisualization.

Далі: для кожної створеної сторінки необхідно встановити розміри. Для цього правою кнопкою миші вибирається сторінка візуалізації в дереві проекту Visualization - Properties, на вкладці Visualization перемикач ставиться в положення Use specified visualization size.

Сторінки візуалізації можуть використовуватися в 3-х режимах: стандартному - візуалізація та додаткових - діалог і клавіатура. Для перемикання режимів потрібно перейти на вкладку Visualization і вибрати режим роботи сторінки.

Установки Visualization Manager

За замовчуванням середовище програмування CODESYS налаштована на відображення латинських символів. Для виведення текстів з кириличними символами необхідно активувати опцію підтримки текстів у форматі Unicode. Для цього в дереві проекту потрібно двічі натиснути лівою кнопкою на Visualization Manager і на вкладці settings поставити «галочку» в поле Use Unicode strings.

Перехід між візуалізаціями з коду програми

На програмованих пристроях під управлінням CODESYS v3 можуть одночасно запускатися кілька візуалізацій. Всі вони можуть працювати незалежно один від одного. При включенні змінної CurrentVisu відображається інформація на всіх екранах буде однаковою. Так само за допомогою змінної CurrentVisu можна програмно перемикати сторінки візуалізації. Для цього в коді програми потрібно присвоїти назву сторінки VisuElems.CURRENTVISU.

Використання стилів візуалізації

У CODESYS v3 є можливість задавати зовнішній вигляд елементів (колір,

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

форму, шрифти). Деякі стилі дозволяють використовувати елементи з градієнтної заливкою. Стиль вибирається на вкладці Settings в поле Selected style. Однак потрібно мати на увазі, що використання нестандартних стилів збільшує навантаження на пристрій, тому бажано дотримуватися деяких рекомендацій. Для СПК1хх стиль візуалізації вибирається з урахуванням складності проекту. Якщо проект містить велику кількість візуалізацій і графічних компонентів, то краще використовувати більш прості стилі, наприклад, Default. На панельних контролерах СПК207 з частотою процесора 200 МГц рекомендується також використовувати стиль Default.

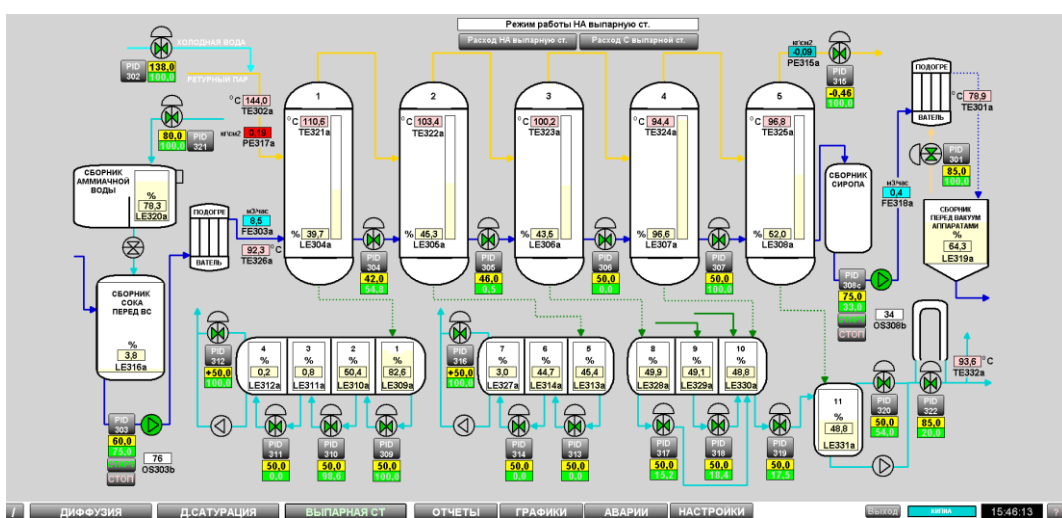


Рисунок 6.2 – Дисплейна мнемосхема в середовищі CoDeSys HMI АСУ ТП випарної станції цукрового заводу

№	Имя	Масштаб	Нижн. Авар.	Текущее значение	Верх. Авар.	Макс. Масштаб	Ограничение	Вкл./Выкл. Авар.
1	FE303a	Расход сока на выпарную станцию	+0.0	+15.0	+8.50	+100.0	+100.0	400
2	LE316a	Уровень в сборнике перед выпарной станцией	+0.0	+15.0	+3.30	+80.0	+240.0	20
3	LE304a	Уровень в 1 корпусе	+0.0	+15.0	+39.97	+80.0	+100.0	100
4	LE305a	Уровень в 2 корпусе	+0.0	+15.0	+45.50	+80.0	+100.0	100
5	LE306a	Уровень в 3 корпусе	+0.0	+15.0	+43.07	+80.0	+100.0	150
6	LE307a	Уровень в 4 корпусе	+0.0	+15.0	+66.49	+80.0	+100.0	150
7	LE308a	Уровень в 5 корпусе	+0.0	+15.0	+54.91	+80.0	+100.0	100
8	FE318a	Расход сока с выпарной станции	+0.0	+8.0	+0.77	+20.0	+70.0	20
9	FE319a	Уровень в сборнике перед вакуум аппаратом	+0.0	+8.0	+64.70	+100.0	+100.0	20
10	LE309a	Уровень в 1 сборнике конденсата	+0.0	+8.0	+22.71	+100.0	+100.0	20
11	LE310a	Уровень в 2 сборнике конденсата	+0.0	+8.0	+30.76	+100.0	+100.0	20
12	LE311a	Уровень в 3 сборнике конденсата	+0.0	+8.0	+40.73	+100.0	+100.0	20
13	LE312a	Уровень в 4 сборнике конденсата	+0.0	+8.0	+65.17	+100.0	+100.0	20
14	LE313a	Уровень в 5 сборнике конденсата	+0.0	+8.0	+45.55	+100.0	+100.0	20
15	LE314a	Уровень в 6 сборнике конденсата	+0.0	+8.0	+44.38	+100.0	+100.0	20
16	LE315a	Уровень в сборнике аммиачной воды	+0.0	+8.0	+76.35	+100.0	+310.0	20
17	PE317a	Давление ратурного пара	+0.0	+1.0	+5.19	+1.7	+6.0	100
18	PE315a	Давление сокового пара в 3 корпусе	-1.0	-1.0	-0.09	+1.0	+1.0	20
19	TE301a	Температура после нагревателя густого сиропа	+0.0	+79.0	+78.64	+85.0	+150.0	20
20	TE302a	Температура ратурного пара	+15.0	+130.0	+143.65	+155.0	+335.0	20
21	TE321a	Температура сокового пара 1 корпуса	+0.0	+124.0	+110.38	+123.0	+150.0	20
22	TE322a	Температура сокового пара 2 корпуса	+0.0	+115.0	+103.31	+113.0	+150.0	20
23	TE323a	Температура сокового пара 3 корпуса	+0.0	+102.0	+100.09	+105.0	+150.0	20
24	TE324a	Температура сокового пара 4 корпуса	+0.0	+8.0	+84.97	+8.0	+150.0	20

Рисунок 6.3 – Вікно статистики тривог в середовищі CoDeSys HMI

7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1. Постановка задачі дослідження

Моделювання це процес вивчення властивостей об'єкта на моделі. Одним з видів моделі, що може досліджуватися є математична модель. Математична модель представляє собою систему рівнянь, що описують поведінку об'єкта в часі при дії на нього збурень.

Так як властивості об'єкта регулювання впливають на вибір типу регулятора та його настройок дуже важливо розробити модель об'єкта, що дозволяє підбирати відповідні регулятори та їх оптимальні настройки ще до моменту їх встановлення на виробництві.

Необхідність моделювання виникає при неможливості безпосереднього дослідження об'єкта або при необхідності значних витрат на проведення такого дослідження. На основі змодельованого на ЕОМ об'єкта можна створити систему автоматизації, що максимально відповідатиме поставленим перед нею вимогам.

Для повного використання можливостей сучасних промислових контролерів та ЕОМ необхідно точно визначити характеристики об'єкта регулювання та закони, які повинні відпрацьовувати автоматичні регулятори для забезпечення оптимальних параметрів.

При згущенні соку в випарних апаратах відбуваються наступні процеси:

- конденсація пари в паровій камері;
- виділення прихованої теплоти пароутворення;
- передача тепла до стінки труби, через стінки кип'ятільних труб до парорідинні суміші в трубі;
- википання води в розчині з поглинанням тепла.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Дудкін Е. К.					
Керівник		Заїка В. І.				67	
Зав.кафедри		Смітюх Я. В.					ЗАВ-3-1
Секр. ЕК		Крупська Т. М.					НУХТ

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

Теплообмінний апарат складається з гріючої камери і простору зайнятого парорідинною сумішшю, поміщеним в термоізолюваний корпус.

Випарний апарат можна представити у вигляді чотирьох теплових ємностей: парорідинна суміш, вторинний пар, метал та ізоляція корпусу). Розглянемо їх як ємності з зосередженими параметрами.

При моделюванні випарного апарату необхідно враховувати, що зміна маси суміші рідини та вторинної пари визначається витратою соку на вході апарату S_0 і на виході з нього S , а також кількістю утвореної пари W . Масою пари в випарному апараті можна знехтувати, так як вона незначна.

Об'єм рідини в апараті визначається об'ємом підтрубного простору та об'ємом рідини в теплообмінних трубах. Зміна концентрації сухих речовин визначається їх кількістю на вході в апарат, на виході з апарату, а також втратами від термічного розкладання. Рівняння теплового балансу для металу парорідинного простору апарату масой G_{mp} і площею поверхні теплообміну з навколишнім середовищем F_{mp} складають як і для металу гріючої камери.

Запишемо систему рівнянь для моделювання випарного апарату

$$\begin{cases} a_1 \frac{dt_n}{d\tau} = -a_2 t_n + a_3 t_c + a_4 D - a_5 \\ c_1 \frac{dt_c}{d\tau} = -c_2 t_c + c_3 t_n + c_4 \Theta \\ d_1 \frac{d\Theta}{d\tau} = -d_2 \Theta + d_3 t_c - d_4 W + d_5 \\ f_1 \frac{db}{d\tau} = b_0 S_0 - b(S_0 - W) \\ e_1 \frac{dl_{yp}}{d\tau} = S_0 - S - W \end{cases} \quad (7.1)$$

Перетворимо цю систему рівнянь у вигляд зручний для моделювання випарного апарата як об'єкта автоматизації

$$\begin{cases} (T_1 p + 1) t_n = a'_3 t_c + a'_4 D - a'_5 \\ (T_2 p + 1) t_c = c'_3 t_n + c'_4 \Theta \\ (T_3 p + 1) \Theta = d'_3 t_c - d'_4 W + d'_5 \\ (T_4 p + 1) b = f_2 b_0 \\ T_5 p l_{yp} = S_0 - S - W \end{cases} \quad (7.2)$$

Обчислимо коефіцієнти рівнянь. Дані для розрахунків наведені в таблиці

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

$$T1=a1/a2=(20\cdot(1.765\cdot1.0225+(2730-560)\cdot0.05492)+0.065\cdot20\cdot930.5\cdot(4.186+(134\cdot0.0427))+0.52\cdot2790+0.5\cdot0.28\cdot2769)/(1804/(1/9.5+0.0015/2\cdot0.05))=18.96 \text{ c}$$

$$a'3= a3/ a2=1 \text{ OC/OC}$$

$$a'4= a4/ a2=(2 \text{ 732-560})/ (1 \text{ 804}/(1/9.5+0.0015/2\cdot0.05)) =0.127 \text{ OC/кг/c}$$

$$a'5= a5/ a2=1.5\cdot39.56\cdot(136-25)/ (1 \text{ 804}/(1/9.5+0.0015/2\cdot0.05))=0.384 \text{ OC}$$

$$T2=c1/c2=(0.52\cdot17 \text{ 600})/(15 \text{ 000}+(1804/(1/4+0.0015/2\cdot0.05)))=0.412 \text{ c}$$

$$c'3= c3/c2= (1 \text{ 804}/(1/9.5+0.0015/2\cdot0.05))/(15 \text{ 000}+(1804/(1/4+0.0015/2\cdot0.05)))=0.771 \text{ OC/OC}$$

$$c'4= c4/c2=(1804/(1/4+0.0015/2\cdot0.05))/(15 \text{ 000}+(1804/(1/4+0.0015/2\cdot0.05)))=0.325 \text{ OC/OC}$$

$$T3=d1/d2=(1 \text{ 073}\cdot3.6\cdot(6.7+3.684\cdot0.9)+1.52\cdot29 \text{ 287})/ (6 \text{ 808}+3.6\cdot20.2)=43.53 \text{ c}$$

$$d'3= d3/d2=(1804/(1/4+0.0015/2\cdot0.05))/ ((1804/(1/4+0.0015/2\cdot0.05))+3.6\cdot20.2)) =0.99 \text{ OC/OC}$$

$$d'4= d4/d2=2 \text{ 716}/((1804/(1/4+0.0015/2\cdot0.05))+3.6\cdot20.2)=0.373 \text{ OC/кг/c}$$

$$d'5= d5/d2=(31\cdot3.796\cdot\Theta-1.5\cdot88\cdot(126-25))/ ((1804/(1/4+0.0015/2\cdot0.05))+3.6\cdot20.2)=0.016\cdot\Theta-2.01 \text{ OC}$$

$$T4=f1/(S0-W)=(1073\cdot6.7+3.684\cdot0.9\cdot1073)/(31-10.9)=534.7 \text{ c}$$

$$f2=S0/(S0-W)=31/(31-10.9)=1.542 \text{ \%CP/\%CP}$$

$$T5=e1=3.684\cdot1073=3 \text{ 953 c}$$

Підставимо обчислені коефіцієнти в систему рівнянь

$$\begin{cases} (18.96p + 1)t_n = t_c + 0.127D - 0.384 \\ (0.412p + 1)t_c = 0.771t_n + 0.325\Theta \\ (43.53p + 1)\Theta = 0.99t_c - 0.373W + 0.016\Theta_0 - 2.01 \\ (534.7p + 1)b = 1.542b_0 \\ 3953pl_{yp} = S_0 - S - W \end{cases}$$

(7.3)

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

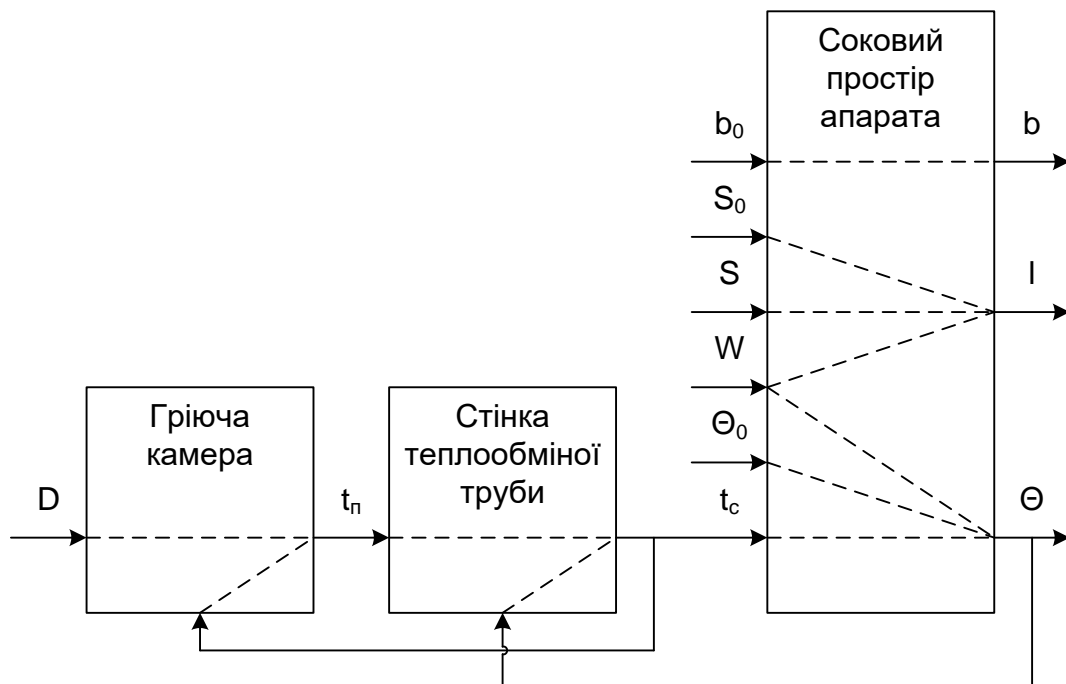


Рисунок 7.1– розгорнута параметрична схема об'єкта моделювання.

7.3. Моделювання САР

На основі дослідження математичної моделі можна зробити наступні висновки:

Перехідні процеси зміни температури тривають до 600 с.

Випарний апарат має властивість самовирівнювання по температурі.

Управляючий вплив - зміна витрати гріючої пари на випарний апарат.

Збурення – зміна температури соку на вході в апарат, зміна відбору пари.

Номінальні значення та межі можливих змін технологічних параметрів наведені в таблиці 7.1.

На рівень впливають витрата соку в корпус, витрата згущеного соку з корпусу, а також витрата вторинної пари. Найбільший вплив на рівень соку в апараті має витрата соку в апарат – це управляюча дія. При сталих витратах продуктів концентрація на виході залежить від концентрації сухих речовин в соці на вході.

Таблиця 7.1– Номінальні значення технологічних параметрів та діапазон їх зміни

Назва змінної	Позначення	Номінальне значення	Форма зміни	Амплітуда зміни
Витрата гріючої пари	D	10,95 кг/с		-10..+7 кг/с
Витрата вторинної пари	W	10,9 кг/с	стрибок	-4,59..+3,28 кг/с
Температура соку на вході в апарат	Θ	126 °С	стрибок	-2..+2 °С
Витрата соку в апарат	S ₀	31 кг/с		-30..+20 кг/с
Витрата соку з апарату	S	20.1 кг/с	стрибок	-4..+4 кг/с
Концентрація соку перед апаратом	b ₀	16 %СР	стрибок	-2..+2 %СР

Оберемо тип регулятора та його настройки що забезпечують мінімальне значення критерія управління

$$I = \int_0^{\tau} \Delta x^2 dt \rightarrow \min \quad (7.4)$$

При цьому необхідно враховувати обмеження

$$\begin{cases} \Delta \Theta_{\max} = 1^{\circ} \text{C} \\ \psi \geq 0.75 \end{cases} \quad (7.5)$$

На початковому етапі розробки автоматичної системи регулювання температури оберемо ІІІ закон регулювання.

Передаточна функція ІІІ регулятора має вигляд

$$W_p(p) = K_p + \frac{1}{T_{иp} p} \quad (7.6)$$

K_p – коефіцієнт підсилення регулятора

T_{иp} – час ізодрому.

Для забезпечення максимального наближення моделюємої АСР до реальних систем введемо ланки нечутливості, ланку з передаточною функцією датчика, ланку обмеження.

Для вибору оптимальних параметрів настройки ПІ регулятора відключимо його І складову і підберемо такий коефіцієнт підсилення П регулятора, при якому система знаходитиметься на межі стійкості (автоколивальний перехідний процес). Такий процес в системі спостерігається при коефіцієнті підсилення регулятора 50.

Період коливань за графіком $T_{ABT}=87,5$ с

Визначимо оптимальні настройки регулятора

$$K_p=0,4 \cdot 50=20$$

$$T_I=1,2 \cdot 87,5=105$$

За іншою методикою для визначення оптимальних настройок регулятора використовують криві розгону. По ним визначається значення T і τ , а також коефіцієнт передачі об'єкта.

В нашому випадку ці величини мають такі значення

$$T=208\text{с}$$

$$\tau=19\text{с}$$

$$K_{об}=0.624$$

Підберемо оптимальні настройки регулятора для процесу регулювання з мінімальним інтегральним критерієм якості регулювання ($I \rightarrow \min$).

$$K_p = \frac{1.1}{K_{oy} \frac{\tau}{T}} = \frac{1.1}{0.624 \cdot \frac{19}{208}} = 19.3$$

$$T_i = 0.6 \cdot T = 0.6 \cdot 208 = 125\text{с}$$

При настройках регулятора $K_p=20$, $T_I=105$ динамічна похибка $A_1=0.69$ 0С, коефіцієнт затухання $\psi \approx (0.69-0.34)/0.69=0.51$, час регулювання близько 1000 с, $I=37$

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

Дослідивши вплив настройок регулятора на процес регулювання можемо зробити висновки.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

1. Так при збільшенні коефіцієнтів настройок на 20 % ($K_p=24$, $T_I=126$) значення критерію I та час регулювання зменшується ($I=33.2$, $T_p=820$), а коефіцієнт затухання зменшується.
2. При зменшенні коефіцієнтів ($K_p=16$, $T_I=79$) зростають динамічна похибка ($A_1=0.72$) і стійкість системи ($\psi \approx 0.55$), критерій якості регулювання I збільшується ($I=42$).

Вибраний регулятор не забезпечує необхідної якості регулювання так як має значну динамічну похибку, значний час регулювання та низьку стійкість (ψ не перевищує 0.55). Для покращення процесу регулювання використаємо принцип комбінованого регулювання температури. Такий принцип поєднує принципи регулювання по відхиленню та по збуренню. Розрахуємо компенсатор підключений до виходу регулятора. Таке підключення забезпечує незалежність настройок компенсатора від настройок регулятора. Розрахуємо коефіцієнт підсилення компенсатора. $KK=KЗБ/КУ = -0,55/0,624 = -0,881$.

При використанні компенсатора та зменшенні коефіцієнта підсилення регулятора (для підвищення стійкості системи) динамічна похибка складає 0.59°C . Критерій якості регулювання $I=18.7$, коефіцієнт затухання коливань $\psi = (0.59 - 0.13)/0.59 = 0.78\%$, час регулювання 500с. Отже така конфігурація системи регулювання температури забезпечує виконання всіх поставлених до неї вимог.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

Висновки

У ході виконання даної кваліфікаційної роботи була розроблена та система автоматизації для 5-корпусної випарної станції, що дозволило досягти значного покращення ефективності та контролю за процесами випарювання. Основні висновки можна сформулювати наступним чином:

Підвищення продуктивності: Впровадження автоматизованої системи контролю та управління дозволило підвищити продуктивність випарювання шляхом оптимізації роботи станції та автоматизації ключових процесів.

Енергоефективність: Система автоматизації дозволила ефективно використовувати енергію та оптимізувати витрати електроенергії під час випарювання, що є важливим кроком у напрямку сталого виробництва.

Безпека та надійність: Реалізована система враховує важливі аспекти безпеки в роботі випарної станції, має автоматичні заходи управління аварійними ситуаціями та забезпечує надійність виробничого процесу.

Віддалене керування та моніторинг: Розроблений інтерфейс користувача дозволяє здійснювати віддалене керування та моніторинг станції, що забезпечує зручність управління та можливість швидко реагувати на зміни у виробничих процесах.

Впровадження розробленої системи автоматизації сприяє підвищенню ефективності та конкурентоспроможності 5-корпусної випарної станції, роблячи виробництво більш стійким до внутрішніх та зовнішніх впливів.

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

Список використаної літератури

1. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: Навчальний посібник/ Б.М.Гончаренко, А.П. Ладанюк, О.П.Лобок. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 160 с.
2. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник/ І.В.Ельперін– К.: НУХТ, 2003. – 320 с.
3. Ельперін І.В. Автоматизація виробничих процесів: підручник. / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К.: Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
4. Ельперін І.В. Промислові контролери. Частина 2 / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2012. – 106 с.
5. Кавецкий Г. Д., Процессы и аппараты пищевой технологии : учебн. / Г. Д. Кавецкий, Б. В. Васильев – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Колос, 2000. – 551 с.
6. Ключев А.С., Проектирование систем автоматизации технологических процессов: Справочное пособие / А.С. Ключев, Б.В. Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев; Под ред. А.С.Ключева. – 2-е издание, перераб. и доп. – М.: Энергаторгомиздат, 1990. – 464 с.: ил.
7. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.
8. Ладанюк А.П., Системний аналіз складних систем управління. Навчальний. посібник / Ладанюк А.П., Смітюх Я.В., Власенко Л.О. – К.:НУХТ, 2013. – 274с..
9. Левченко О.І. Основи автоматизації теплоенергетичних процесів та установок. Навчальний. посібник / Левченко О.І., Сідлецький В.М. – К.:НУХТ, 2014. – 227с..
10. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 «Автоматизація

					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання / Уклад.: І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. [Електронний ресурс]. – К. : НУХТ, 2020. – 73 с.

11. Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: Навчальний посібник. / В.Г. Трегуб // К.: НУХТ, 2006 – 139 с.

12. Мікропроцесорний контролер АКУТЕК ПЛК 160-220.А-М. Режим доступу до сайту: <https://owen.ru/product/plk160>.

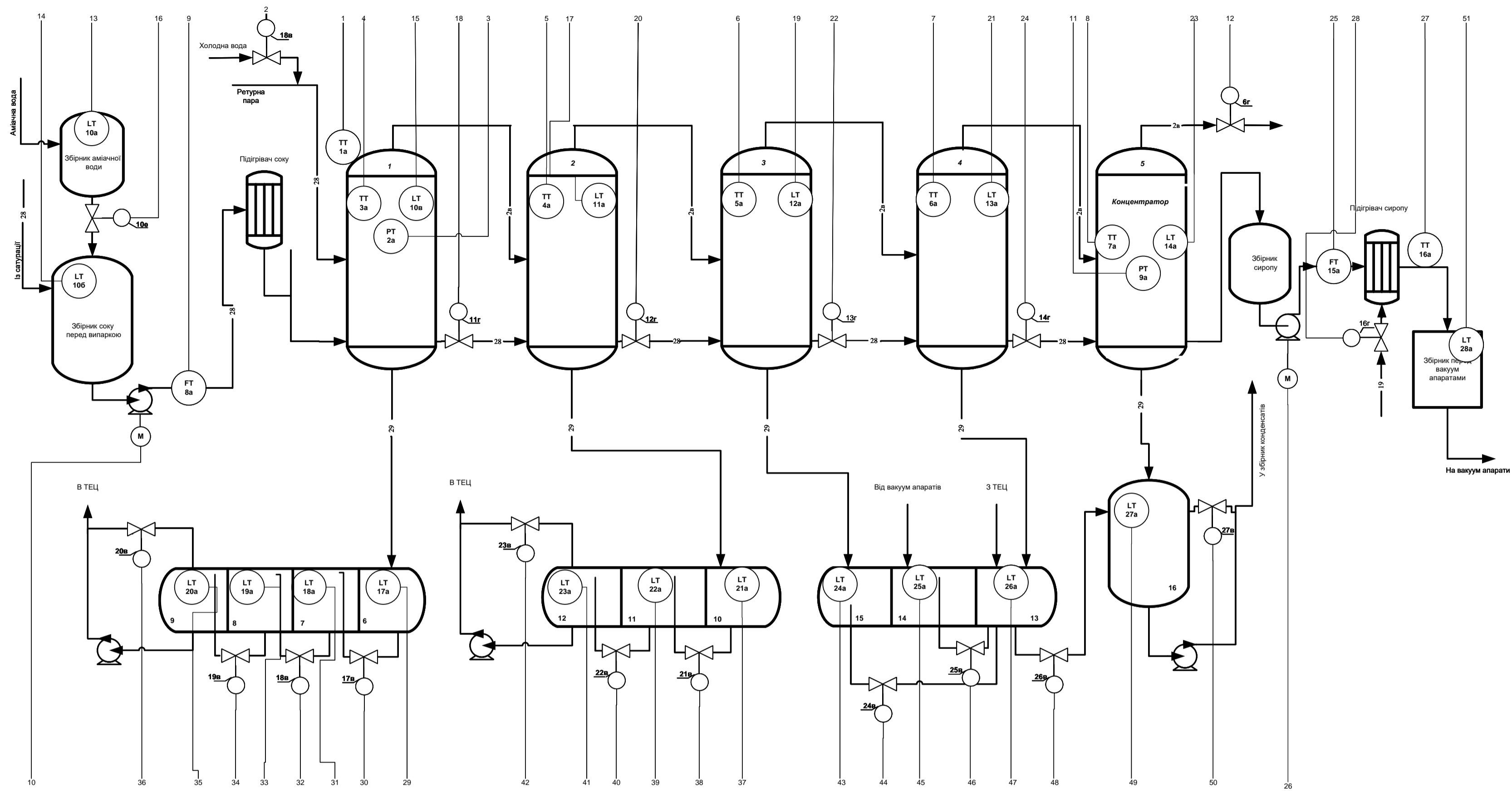
13. Модуль швидкісного введення аналогових сигналів МВ 110-8АС. Режим доступу до сайту: https://owen.ru/product/moduli_analogovogo_vvoda_s_bistrimi_vhodami_s_interfejsom_rs_485.

14. Модуль аналогового виведення АКУТЕК МУ110-8И. Режим доступу до сайту: https://owen.ru/product/moduli_analogovogo_vivoda_s_interfejsom_rs_485.

15. Электромагнитный витратомір “ВЗЛЕТ ЄР”. Режим доступу до сайту: https://vzljot.ru/catalogue/elektromagnitnyj_metod/vzlet_er_lajt_m/

16. Ємнісний рівнемір CLM-36 Dinel. Режим доступу до сайту: <https://www.dinel.cz/izdeliya/izmeriteli-urovnnya-neprreryvnogo-deistviya/emkostnye-izmeriteli-urovnnya-clm-36>

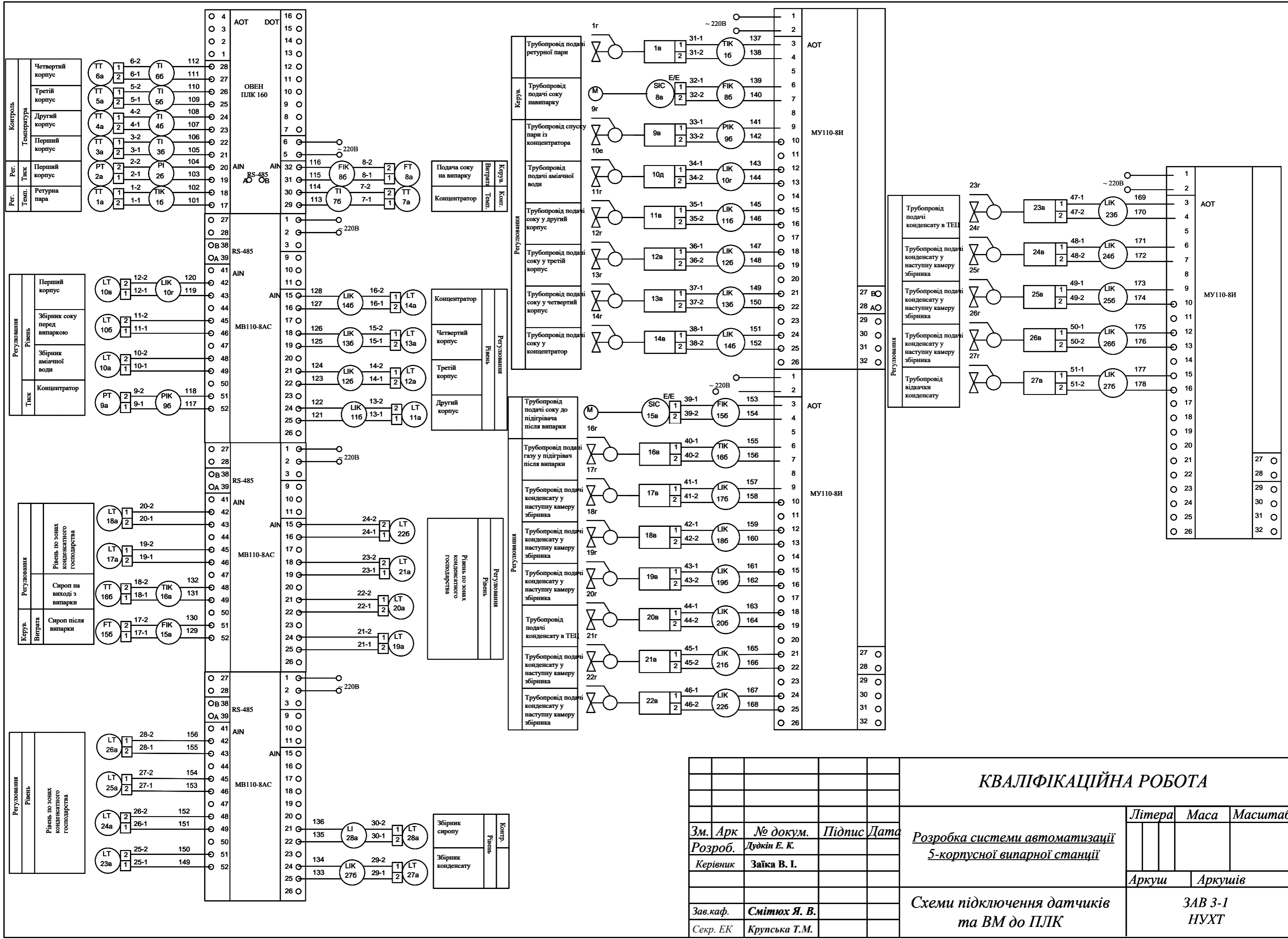
					<i>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76



Позн.	Найменування
1,2,3,4,5	Корпуси випарної станції
-28-	Сік
-1а-	Вода аміачна
-2-	Пара ретурна
- 19 -	Газ
6-16	Збірники конденсату
- 29 -	Конденсат
-2в-	Пара вторинна

	1	2	3	4-8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29,31,33,35,37,39, 41,43,45,47	30,32,34,36,38, 40,42,44,46,48	49	50	51
Прилади за місцем	133 °C	регулювання	0,241 МПа	128°C, 117°C, 104°C, 89°C, 68°C	керування	0,025 МПа	регулювання	1500 мм	3000 мм	1200 мм	регулювання	1500 мм	регулювання	1800 мм	регулювання	2000 мм	регулювання	2300 мм	регулювання	керування	80 °C	регулювання	1000 мм	регулювання	2500 мм	регулювання	2000 мм		
Прилади на щиті	TY 1в	TIK 1б	PI 2б	TI 3б-7б	SIK 8в	PIK 9б	LY 10д	LIK 10г	LY 11в	LIK 11б	LY 12в	LIK 12б	LY 13в	LIK 13б	LY 14в	LIK 14б	SIK 15в	TY 16в	TIK 16б	LY 17б-26б	LY 17в	LIK 17б	LI 28б						
ОВЕН ПЛК 160	Y																												
	C																												
ПЕОМ	B																												
	V																												
	I																												
	R																												
	K																												

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Зм. Арк	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Дудкін Е. К.		
Керівник	Зайка В. І.		
Зав.каф.	Смітюх Я. В.		
Секр. ЕК	Крупська Т. М.		
Розробка системи автоматизації 5-корпусної випарної станції		Літера	Маса
Функціональна схема автоматизації		Масштаб	Масштаб
		Аркуш	Аркушів
		ЗАВ 3-1 НУХТ	



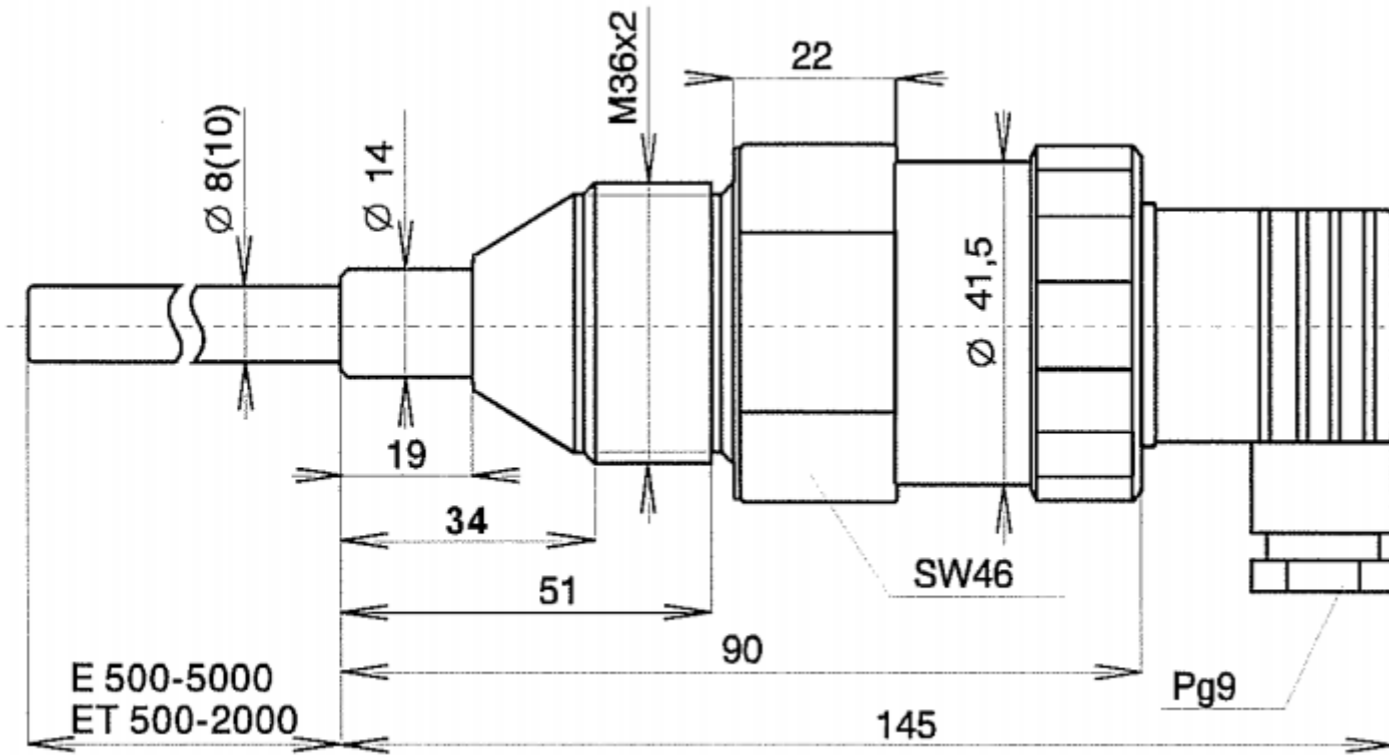
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Зм. Арк	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.	Дудкін Е. К.		
Керівник	Зайка В. І.		
Зав.каф.	Смітюх Я. В.		
Секр. ЕК	Крупська Т. М.		

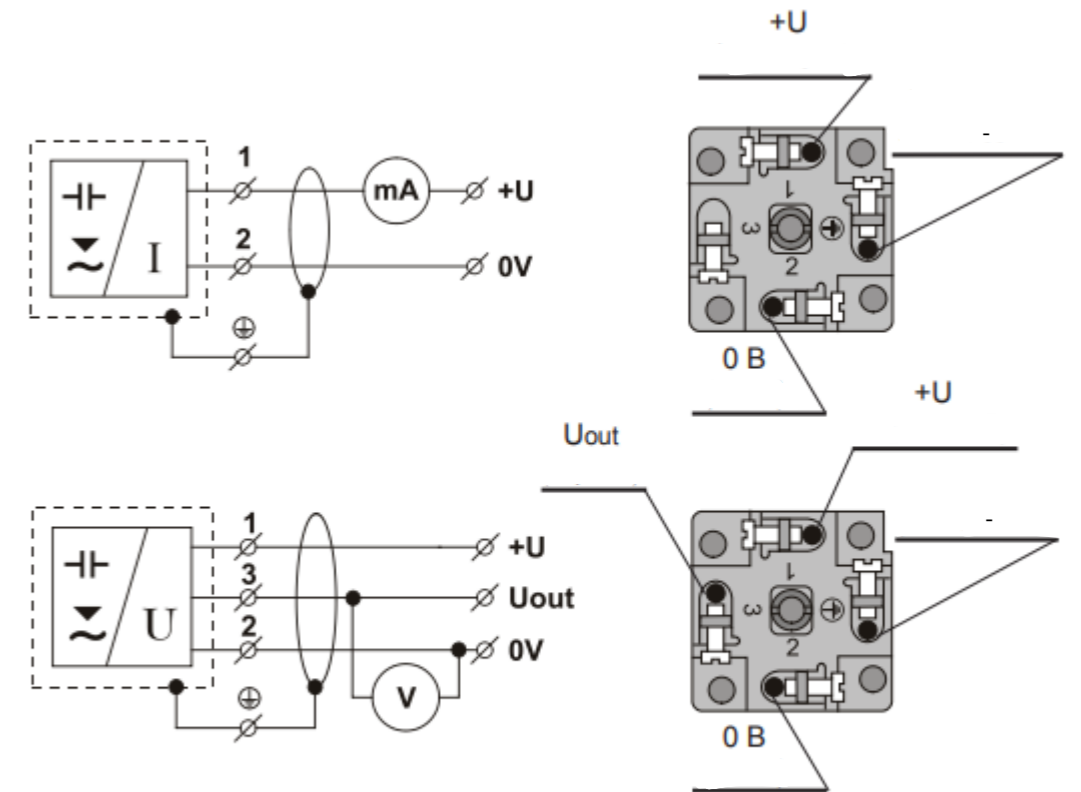
*Розробка системи автоматизації
5-корпусної випарної станції*

*Схеми підключення датчиків
та ВМ до ПЛК*

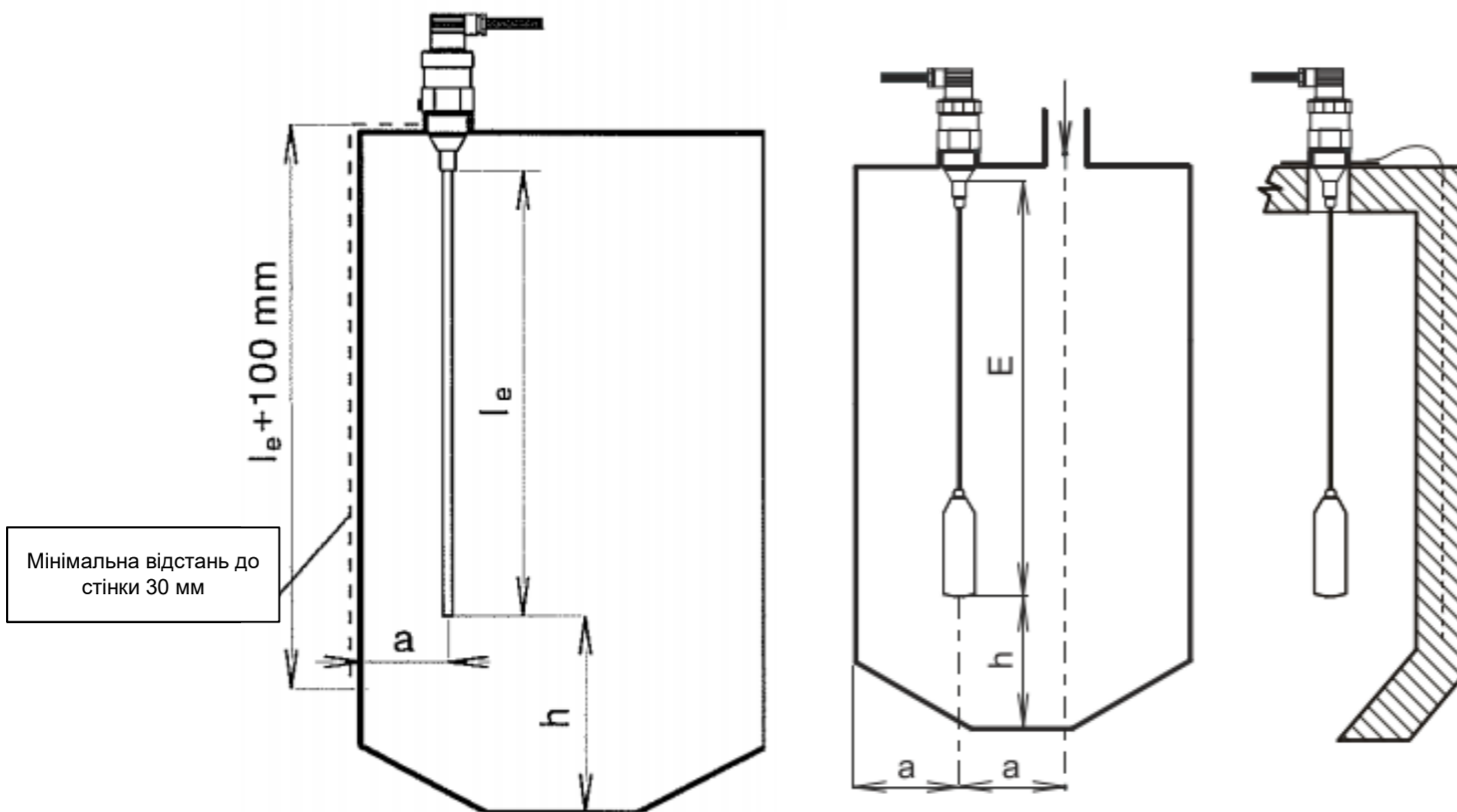
Літера	Маса	Масштаб
Аркуш	Аркушів	
ЗАВ 3-1 НУХТ		



Монтажні розміри ємнісного рівнеміра
Dinel CLM-36



Схеми підключення ємнісного рівнеміра
Dinel CLM-36



Рекомендації з монтажу ємнісного
рівнеміра Dinel CLM-36 на технологічному
обладнанні

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Зм.	Арк	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи автоматизації 5-корпусної випарної станції	Літера	Маса	Масштаб
Розроб.		Дудкін Е. К.						
Керівник		Заїка В. І.				Аркуш	Аркушів	
Зав.каф.		Смітюх Я. В.			Креслення встановлення технічного засобу	ЗАВ 3-1 НУХТ		
Секр. ЕК		Крупська Т.М.				Формат А3		