

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  
\_\_\_\_\_ Форсюк А.В.  
(підпис) (прізвище та ініціали)

« 2 » червень 2021 р.

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

« 2 » червень 2021 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

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

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

на тему: Розробка системи автоматизації заторно-варочного відділення пивзаводу

Виконав: здобувач  4  курсу, групи  АК-4-2

\_\_\_\_\_ Стеценко Ярослав Дмитрович  
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник \_\_\_\_\_ Сідлецький Віктор Михайлович  
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали) (підпис)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_ Гриценко О.В.  
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис)

Київ – 2021 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 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

\_\_\_\_\_ І.В.Ельперін

«29» \_\_\_\_\_ квітня 2021 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Стеценку Ярославу Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи Розробка системи автоматизації заторно-варочного відділення пивзаводу

керівник роботи доц. Сідлецький В.М

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «29» квітня 2021 р. № 248-кв

2. Строк подання здобувачем роботи «2» червня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи

Короткі відомості про об'єкт автоматизації, відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації. Матеріали переддипломної практики.

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

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



## Анотація

В кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації заторно-варочного відділення пивзаводу. В проекті представлено опис технологічного процесу заторно-варочного відділу, представлено завдання на систему автоматизації, розроблено схему автоматизації, специфікацію технічних засобів автоматизації, монтажну схему технічного засобу автоматизації – датчика рівня акустичного ЭХО-5С-60, схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічних засобів. Розроблено алгоритм та програму для управління заторним чаном. Програма розроблена для ПЛК Schneider Electric Modicon M340. Інтерфейс дисплейної мнемосхеми процесом управління заторним відділенням розроблено в програмному забезпеченні від фірми Schneider Electric та її вигляд представлено в записці.

**Ключові слова:** Заторно-варочне відділення пивзаводу, алгоритм управління, програмне забезпечення, показники якості перехідних процесів.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	<i>Арк.</i>
						1
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## Annotation

The qualification work considers the development of automation system for the mash department of the brewery. The project presents a description of the technological process of the mash-cooking department, presents tasks for the automation system, developed a scheme of automation, specification of technical means of automation, assembly diagram of technical means of automation - level sensor EHO-5C-60, connection of sensors and actuators to PLC and extended connection diagrams of technical means. An algorithm and a program for controlling the mash tank have been developed. The program is designed for Schneider Electric Modicon M340 PLC. The interface of the display mnemonic of the process of congestion control is developed in the software from the company Schneider Electric and its form is presented in the note.

**Keywords:** Brewery mash and brewing department, control algorithm, software, quality indicators of transients

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						1
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Зміст

Вступ.....	4..
Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації.....	6
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації.....	7.
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....	12
Розділ 2. Система автоматизації.....	13
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....	13
2.2. Схема автоматизації.....	28
2.3. Специфікація засобів автоматизації.....	31
Розділ 3. Проектне компонування промислового логічного контролера(ПЛК) та схеми підключення.....	
3.1 Проектне компонування промислового логічного контролера(ПЛК)	36
3.2 Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК.....	46
3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів.....	48
Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів.....	51
Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК).....	56
Розділ 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
Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання.	
7.1. Постановка задачі дослідження.....	67
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.....	69.
7.3. Моделювання САР.....	72
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.....	79
Висновок.....	80
Список використаної літератури.....	81

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

## Вступ

Автоматизація - це застосування комплексу засобів, що дозволяють здійснювати виробничі процеси без особистої участі людини, але під його контролем. Автоматизація виробничих процесів приводить до збільшення випуску, зниженню собівартості й поліпшенню якості продукції, зменшує чисельність обслуговуючого персоналу, підвищує надійність і довговічність машин, дає економію матеріалів, поліпшує умови праці й техніки безпеки. Автоматизація звільняє людину від необхідності безпосереднього керування механізмами. В автоматизованому процесі виробництва роль людини зводиться до налагодження, регулюванню, обслуговуванні засобів автоматизації й спостереженню за їхньою дією. Якщо автоматизація полегшує фізичну працю людини, то має мету полегшити й розумову працю.

Пиво – це слабоалкогольний пінистий напій, одержаний із пророслих і непророслих зернових культур спиртовим зброджуванням охмеленого суслу пивними дріжджами. Виробництво пива – надзвичайно складний і досить тривалий біотехнологічний процес. В даному дипломному проекті розроблено комп'ютерно-інтегровану систему і програмно-алгоритмічне забезпечення для керування технологічним комплексом заторного відділу пивоварного заводу.

Метою розробки автоматизованої системи є стабілізація основного потоку виробництва, зменшення матеріальних та енергетичних витрат, узгодження роботи підприємства в цілому та всіх його підрозділів зокрема, розробити багаторівневу систему управління в залежності від організаційної структури підприємства.

Основою систем автоматизації нині стали функціональні можливості мікропроцесорних систем управління, при створенні яких вирішальну роль відіграють такі фактори, як використання принципів інтеграції, розподіленого управління, програмних комплексів. Сучасні системи автоматизації на базі мікропроцесорних пристроїв та ЕОМ мають широкі функціональні можливості й досконалі технічні характеристики, які забезпечують підвищення надійності та

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

живучості, швидкодію, оперативність управління, збільшення кількості входів-виходів, поліпшення комфортності праці оператора.

Розширення функціональних можливостей сучасних мікропроцесорних систем управління пов'язане із значним збільшенням кількістю видів і систем відображення технологічної інформації: використанням динамічних мнемосхем, одержанням графіків зміни технологічних параметрів за будь-який відрізок часу, формуванням передісторії розвитку процесу, архівуванням за допомогою таблиць, звітних документів тощо. Все це дає змогу підвищити оперативність управління, максимально враховувати виробничу ситуацію, що, зрештою, зумовлює зростання показників ефективності функціонування ТК. При створенні систем автоматизації використовують багатоконтурні системи, в яких реалізуються принципи компенсації збурень, адаптації, досконалі структури типу каскадних систем, з додатковими сигналами та ін.

За рівнем автоматизації пивоварне виробництво займає одне із провідних місць серед інших галузей харчової промисловості. Розвиток пивоварного виробництва на сучасному етапі потребує нових конструктивних та технологічних рішень. Це спричинено зменшенням енергоємності виробництва при збереженні і навіть збільшенні його потужностей. Умови сучасного ринку вимагають від виробництва дешевої і якісної продукції, а це, в свою чергу, змушує виробників знаходити нові технології. Сучасні технології безпосередньо пов'язані з автоматизацією виробничого процесу. Сьогодні на багатьох підприємствах процес виробництва солоду контролюється оператором в ручному режимі, а це призводить до втрат якості, тому що останній не в змозі підтримувати необхідний усталений режим і своєчасно ліквідувати відхилення від заданих параметрів.

Отже, очевидно, що виробництво вимагає застосування автоматизації даного процесу. Для ефективності функціонування системи автоматизації потрібний ретельний вибір технічних засобів автоматизації та засобів автоматизації зв'язку мікроконтролера з об'єктом системи управління.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації

### 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації

Процес виробництва пива на сучасному пивоварному заводі включає в себе декілька етапів:

#### 1. Приготування солоду:

Замочування зерна - При виробництві солоду зерно після дозрівання, очищення й сортування направляють на миття і замочування. Миття зерна є обов'язковим процесом, оскільки на його поверхні знаходяться органічні та неорганічні забруднення, які створюють сприятливі умови для розвитку мікроорганізмів.

Для миття і замочування зерна використовують спеціальні апарати різних конструкцій, зерно миється 5 год. - 19 год. зрошується – 2 год. миється – 2 год. зрошується з додаванням CO<sub>2</sub> і води, яка подається через форсунки, всього 28 год. зерно готовлять до пророщування.

Мийні та замочувальні апарати виготовляють із листової сталі циліндрично-конічної форми. Щоб зерно не залягало і не залишалося в апараті при його вивантаженні, конус дна повинен мати нахил не менше 45°.

Пророщування зерна - для того, щоб одержати високоферментативний солод із необхідними властивостями при мінімальних втратах сухої речовини і низької собівартості потрібно керувати процесом пророщування зерна в оптимальних умовах і вести постійний контроль технологічних параметрів та біохімічних процесів у пророщеному зерні.

Зерно пророщують до максимального нагромадження активних ферментів і розчинення ендосперму, тобто до досягнення необхідних властивостей кінцевого продукту, який називається свіжопророслим солодом.

Велике значення для одержання солоду високої якості має повсякденний

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Стеценко Я.Д			Розробка системи автоматизації заторно-варочного відділення пивзаводу	Літ.	Арк.	Архувів
Перевір.		Сідлецький В.М					6	7
Секретар		Проскурка Є.С				НУХТ		
Зав.каф		Ельєрін І.В				АК 4-2		
Н.контроль								

контроль вологості зерна, оптимальне значення якої важливіше, ніж температура.

Тому дуже важливо підтримувати досягнутий рівень вологості пророщуваного зерна (44 – 48%) протягом усієї фази розчинення ендосперму без змін, оскільки вона істотно впливає на біохімічні перетворення речовин.

На даному підприємстві використовується солодоростильний апарат барабанного типу з плоским ситом [1].

Кондиційоване повітря, яким продувається пророщуване зерно у солодоростильних апаратах, має бути мікробіологічно чистим, з оптимальною температурою у відповідний момент пророщування (від 8 до 16 °С), повністю насиченим вологою та без механічних забруднень.

Сушіння і термічна обробка солоду - свіжепророслий солод не придатний для тривалого зберігання, а головне, він не має характерних якісних властивостей для виготовлення пива. Відповідні властивості солоду, що зумовлюють якість пива як напою, формуються лише при термічній обробці. Крім того, термічна обробка солоду дозволяє відокремити від нього проростки, які при зберіганні, якщо їх не видалити, адсорбують вологу і набувають гіркої смаку через окислення жирів. До того ж вони містять алкалоїд горденін, що є попередником утворення нітрозамінів із канцерогенними властивостями.

Солодосушарки, що забезпечують технологічні вимоги до фізичних і біохімічних процесів сушіння та термічної обробки солоду, поділяють на два типи: періодичної і безперервної дії. До першого типу відносять горизонтальні одно-, дво- і трирусні горизонтальні сушарки.

Сушіння і термічну обробку солоду на таких сушарках проводять періодично з невеликими перервами для завантаження свіжопророслого і вивантаження сухого солоду. Період сушіння триває від 12 до 24 годин, температура сушильного агента змінюється від 45 до 80—105 °С.

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

## 2. Переведення екстрактивних речовин зернопродуктів у розчин (затирання):

Відповідно до апаратурно-технологічної схеми варильного відділення солод і ячмінь зважуються на автовагах і подаються у відповідні бункери. З бункерів солод надходить у паростковідбійну, а потім у полірувальні машини (або повітряно-ситові сепаратори), а потім у спеціальний бункер. Далі через автоваги переміщується в дробарку і у відповідний бункер. Несолоджений ячмінь після магнітного сепаратора зважується на автовагах, подрібнюється на вальцьовому станку і подається у відповідний бункер.

Подрібнений солод та ячмінь надходять у заторні апарати для приготування затору(рис.1.1). Перекачування рідкої і густої частин затору здійснюється з одного заторного апарату в інший відцентровим насосом. Приготовлена заторна маса насосом із заторних апаратів подається у фільтраційний апарат.



Рисунок 1.1- Приклад заторного апарату

Мутне сусло, одержане на початку фільтрування, насосом повертають у фільтраційний апарат, а прозоре сусло в сусловарильний апарат, де воно кип'ятиться з хмелем, у результаті чого досягаються концентрування та ароматизація. З метою відокремлення від пелюстків хмелю гаряче охмелене сусло пропускається через хмілевідбірник і насосом перекачується на освітлення[2].

Солодова дробина з фільтраційного апарата насосом направляється у спеціальні резервуари, а з них – на реалізацію. Освітлення та охолодження сусла

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відбуваються на двох апаратах: перший призначено для видалення завислих часточок, другий – для охолодження сусла до початкової температури бродіння. Перша стадія – охолодження гарячого сусла до 60 - 70°C – здійснюється у відстійному апараті, друга (до 6°C) – в автоматизованому пластичному теплообміннику.

### 3. Охолодження і освітлення сусла:

Метою охолодження та освітлення сусла є зниження температури, насичення його киснем повітря й осадження завислих часточок. Залежно від методів бродіння (низове, верхове) сусло охолоджують до 6 – 7 або 14 - 16°C.

Охолодження сусла в пластинчастих теплообмінниках - є найбільш ефективним і гігієнічним способом підготовки сусла до бродіння.(рисунок 1.2)



Рисунок 1.2 Теплообмінник пластинчатий

Пластинчастий теплообмінник продуктивністю 10м<sup>3</sup>/год використовують як для охолодження сусла, так і пастеризації пива та стерилізації сусла. Основними робочими елементами його є пластини[1]. Для попереднього охолодження сусла використовують артезіанську воду температурою до 20°C, а для остаточного охолодження – льодяну воду температурою 1°C або розсіл.

### 4. Бродильне відділення:

На даному підприємстві використано циліндро-конічний апарат із суміщенням бродіння і доброджування. Суть її у тому, що в одному апараті великого об'єму (від 100 до 1500м<sup>3</sup> і більше) з добовим заповненням його сусликом

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

(8 - 9°C) та дріжджами суміщають два ступені: головне бродіння і доброджування.(рисунок 1.3)



Рисунок 1.3 Циліндро-конічний апарат (ЦКБА)

Основна мета доброджування – одержання напою з приємним смаком, характерним специфічним для даного виду пива ароматом і достатнім насиченням двооксидом вуглецю. Це досягається в результаті складних фізико-хімічних і біохімічних процесів у молодому пиві при участі дріжджових кліток, що залишилися.

### **5. Освітлення і розлив пива:**

Після доброджування у пиві містяться завислі часточки у вигляді дріжджових клітин, білково-дубильних сполук, скоагульованих білкових речовин і хмелевих смол. Ці мікроскопічні включення твердої фази з їхніми оптичними властивостями, що відрізняються від оптичних властивостей рідкої фази пива, й зумовлюють його мутність. Процес освітлення пива можна розглядати як розподіл дисперсійних середовищ на рідкі та тверді фази, чого досягають фільтруванням, сепаруванням й іншими методами. На даному підприємстві використовується і сепарація і фільтрування, між цими фізичними процесами існує буферна ємність.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 1.4- Лінія розливу пива

Фільтрування – основний метод освітлення пива, вдало поєднуваний із його розливом. На даному підприємстві використовується рамний фільтр-прес. Він складається з пластин (брикетів) завтовшки 40-60 мм із бавовняно-паперово-азбестової маси, яку формують за допомогою спеціального гідравлічного або ручного преса[2].

Фільтрувально-розливна установка складається із змішувача, куди надходить пиво з апарата доброджування, насоса, за допомогою якого воно подається до холодильника й фільтра, збірника фільтрованого пива (фарфасу) та ізобаричних апаратів для розливу його у пляшки. (рисунок 1.4)

Автоматичні лінії розливу пива в пляшки складаються з автомата для виймання пляшок із ящика, пляшкомильної машини, розливного автомата, закупорювального, бракеражного, тунельного пастеризатора, етикетувального автоматів та автомата для укладання пляшок у ящики.

## 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

Таблиця 1. Вимоги до системи автоматизації

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигнал	Припустиме значення параметру	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії
1	Бункер №1	Рівень	70%	регулювання	Стабілізація	Вплив на двигун М1
2	Автоваги	Вага	50кг	регулювання	Стабілізація	Вплив на двигун М2
3	Змішувальний чан	Рівень	60%	Регулювання, контроль	Стабілізація, Відображення, реєстрація, сигналізація	Вплив на клапан 3и. АРМ оператора
4	Заторний апарат 1	Густина	1:4 СР	контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора
5	Заторний апарат 1	Температура	67С	регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан пари(6д)
6	Трубопровід від заторної маси	Витрата	16 м <sup>3</sup>	регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан затору(8б)
7	Заторний апарат 2	Рівень	65%	Регулювання, контроль	Стабілізація, Відображення, реєстрація, сигналізація	Вплив на клапан затору 12в, АРМ оператора

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

## Розділ 2. Система автоматизації.

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

Для відображення технологічних параметрів заторного відділення використаний технологічний індикатор ІТМ – 11, зовнішній вигляд якого зображено на Рисунку 2.1

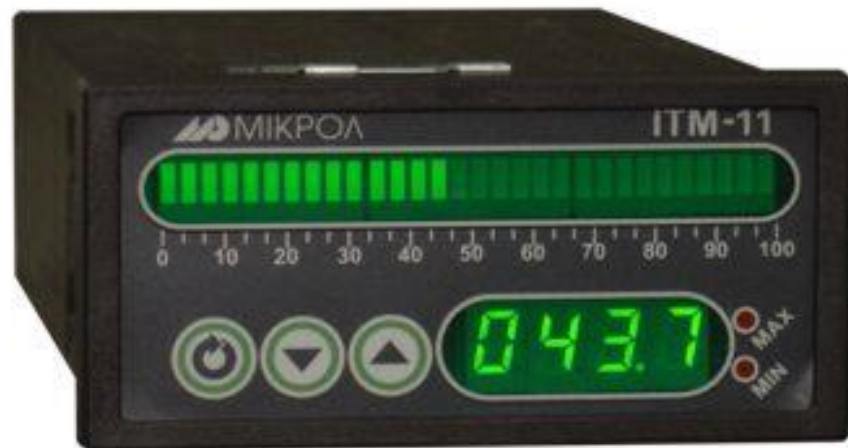


Рисунок 2.1 – Зовнішній вигляд ІТМ – 11

Застосовується для відображення на цифровому 4-х розрядному й лінійному 31 сегментному індикаторі значення вимірюваного технологічного параметра.

Область застосування :

1. Системи промислової автоматики
2. Місцеві щити та пульти керування
3. Системи цифрової та лінійної індикації
4. Віддалений збір даних, диспетчерський контроль

Функціональні можливості :

1. Підключення до приладів з уніфікованими вихідними сигналами

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
					Розробка системи автоматизації заторно-варочного відділення пивзаводу	Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Стеценко Я.Д					13	28
Перевір.		Сідлецький В.М				НУХТ		
Секретар		Проскурка Є.С				АК 4-2		
Зав.каф		Ельперін І.В						
Н.контроль								

2.Індикація параметрів в технологічних одиницях на цифрових та лінійних індикаторах

3.Цифрова калібрівка початку шкали та діапазону вимірювання

Вхідний цифровий фільтр

4.Ліанеризація вхідного сигналу

5.Захист від несанкціонованої зміни параметрів

6.Збереження параметрів при відключенні живлення



Рисунок 2.2 - Зовнішній вигляд передньої панелі індикатора ІТМ-11

Технічні характеристики :

- Кількість каналів вимірювання 1
- Гальванічна ізоляція трирівнева (по входу, виходу, живленню).
- Період вимірювання 0,25 сек
- Вхідні сигнали 0-5мА ( $R_{вх}=400 \text{ Ом}$ ), 0(4)-20 мА ( $R_{вх}=100 \text{ Ом}$ ), 0-10В ( $R_{вх}>50\text{кОм}$ )
- Основна приведена похибка вимірювання  $\pm 0,2\%$

### ПАРАМЕТР

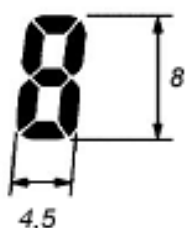


Рисунок 2.3 – Розміри цифр відображаємих на індикаторі

- Висота цифр світлодіодних індикаторів 8 мм
- Висота сегмента лінейних індикаторів 5 мм
- Температура навколишнього середовища от +5°C до +50°C
- Напруга живлення: від мережі постійного струму 24В±15%
- Споживана потужність: не більше 3,2 Вт
- Корпус (ВхШхГ): щітовий 48х96х185 мм DIN43700, IP30
- Монтажна глибина: 240 мм
- Маса блока: не більше 0,33 кг

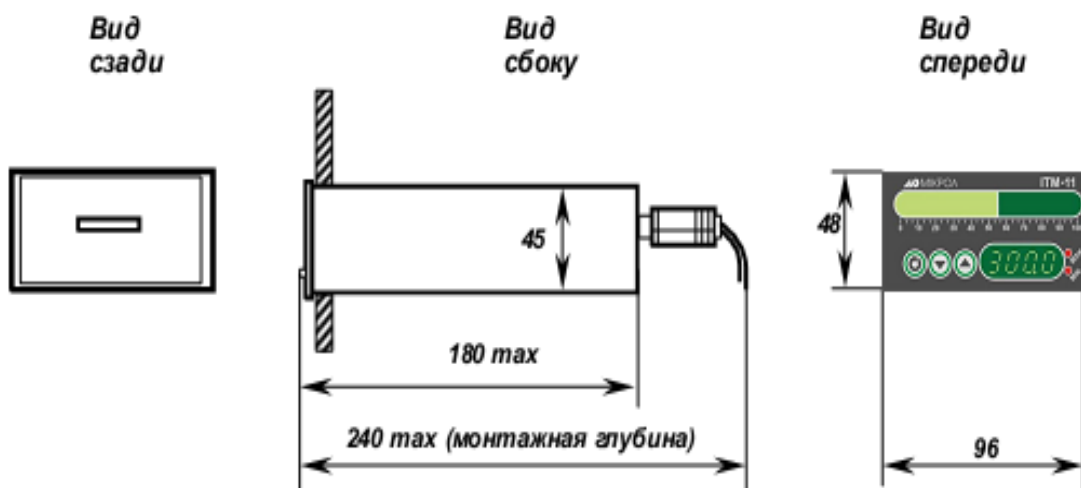


Рисунок 2.4 – Габаритні розміри ITM – 11

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

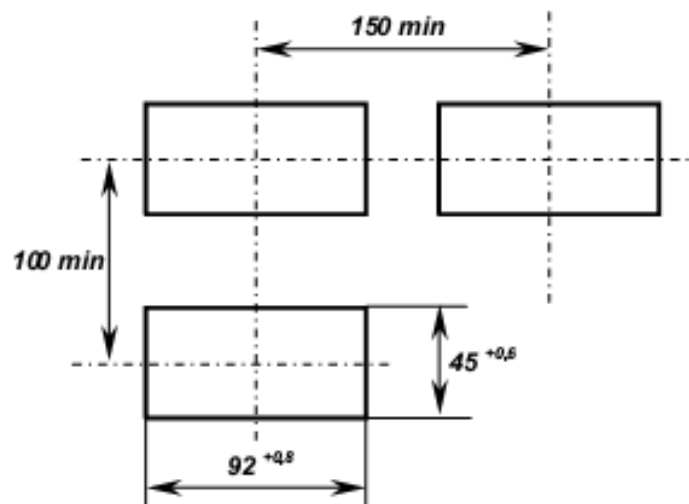


Рисунок 2.5 – Розмітка на щиті

Для керування технологічним процесом використано блок ручного керування БРУ-10, зовнішній вигляд якого зображено на Рисунку 3.7



Рисунок 2.6 – Зовнішній вигляд БРУ-10

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

- Багатофункціональної станції ручного керування аналоговими або імпульсними виконавчими механізмами [4]
- Блоку ручного задатчика аналогового сигналу
- Блоку ручного задатчика імпульсних сигналів "більше"- "менше"

-Цифрового індикатора двох технологічних параметрів

**Область застосування :**

- Індикатор двох фізичних величин
- Ручний аналоговий задатчик аналогових уніфікованих сигналів
- Ручний задатчик імпульсних сигналів типу менше
- Станція ручного керування аналоговим виконавчим механізмом
- Станція ручного керування імпульсним виконавчим механізмом
- Перетворювач імпульсних сигналів менше у вихідний уніфікований сигнал
- Перетворювач Імпульсних Шим-сигналов у вихідний уніфікований сигнал
- Перетворювач (конвертор) вхідних аналогових уніфікованих сигналів у вихідний аналоговий уніфікований сигнал .

**Технічні дані:**

- Кількість каналів виміру: 2
- Гальванічна ізоляція: трирівнева (по входу, виходу, живленню)
- Період виміру: не більше 0,25 сек
- Вхідні аналогові сигнали: 0-5ма ( $R_{вх}=400 \text{ Ом}$ ), 0(4)-20 мА ( $R_{вх}=100 \text{ Ом}$ ), 0-10В ( $R_{вх}>50 \text{ Ом}$ )
- Вхідні сигнали від термоперетворювачів опору ТСП 50П, 100П, гр.21, ТСМ 50М, 100М, гр.23 тільки в моделі МІК-2-02
- Основна наведена похибка виміру: .0,2%
- Розв'язна здатність цифрової індикації: .0,01%
- Кількість розрядів цифрового індикатора: 4 (на кожен канал)
- Висота цифр світлодіодних індикаторів: 10 мм
- 4 дискретних виходи: транзистор ОК 40 В 100 мА або реле 220 В 8 А (залежно від замовлення клемно-блочного з'єднувача)
- Температура навколишнього середовища: від +5<sup>0</sup>С до +50<sup>0</sup>С
- Напруга живлення: від мережі змінного струму ~(220.22)В, (50.1)Гц
- Споживана потужність: не більше 8,5 Вт

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для вимірювання витрати затору використано ультразвуковий витратомір фірми «СИГНУР» серії АКРОН-01 (Рисунок 2.7)

Принцип дії витратоміра заснований на вимірі різниці часу поширення акустичних коливань, що перетинають потік контрольованого середовища під кутом до осі трубопроводу у двох протилежних напрямках: по потоці й проти потоку[5].



Рисунок 2.7 – Зовнішній вигляд АКРОН - 01

Основним вузлом витратоміра, у якому формується первинна інформація про швидкість потоку контрольованого середовища, є електроакустичний канал (Рисунок 2.8). У його склад входять: електронний комутатор (2), попередній підсилювач (3), підсилювач-формувавч (4), генератор синхроімпульсів (5) і акустичний канал (1), що, у свою чергу, складається з оборотних ультразвукових випромінювачів-приймачів (УИ1(+V) і УИ2(-V) ) і трубопроводу з контрольованим середовищем.

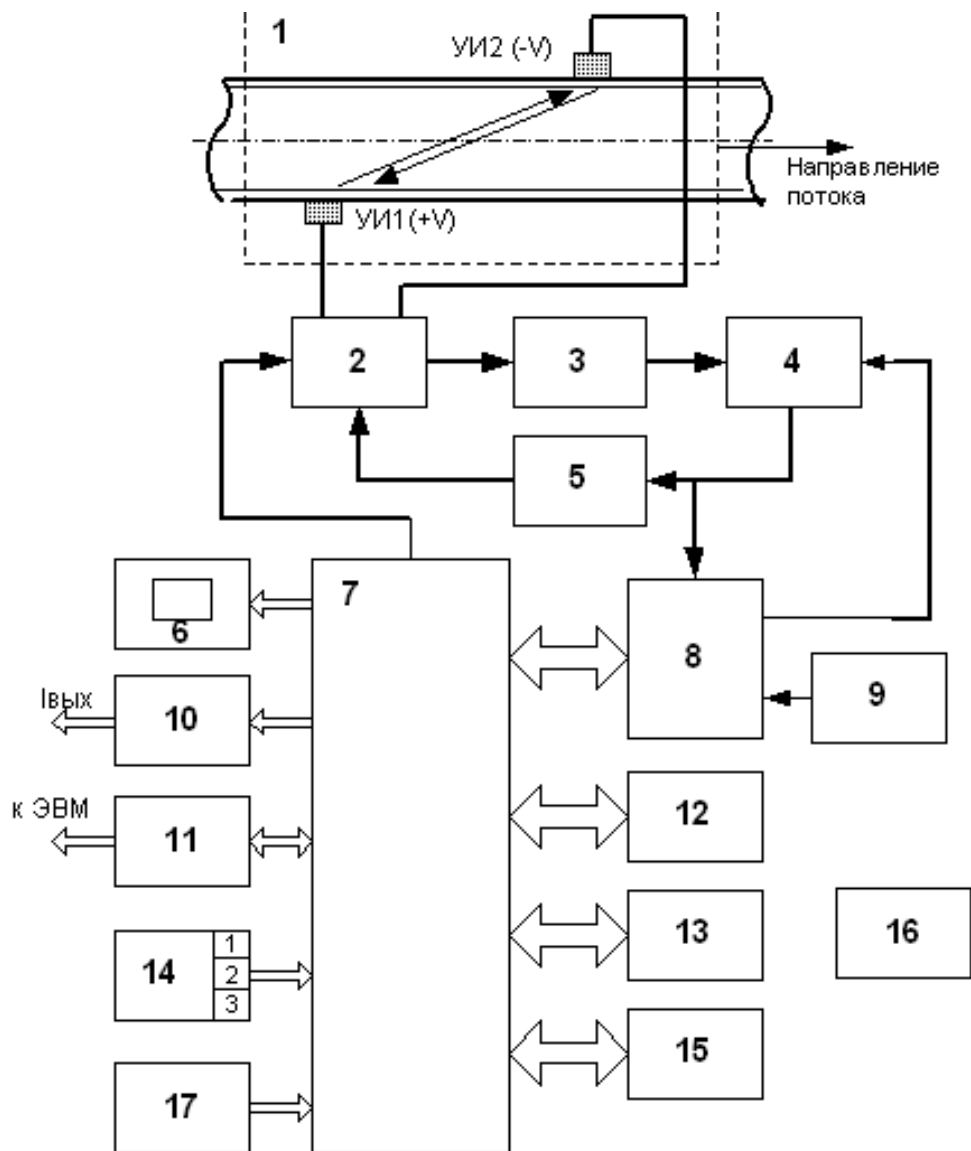


Рисунок 2.8 – Структурна схема АКРОН - 01

Генератор (5) виробляє короткі електричні імпульси, які через комутатор (2) надходять на один з ультразвукових випромінювачів (УИ1(+V) або УИ2(-V)), де вони перетворюються в акустичні коливання. Ці коливання, поширюючись через стінки трубопроводу й контрольовану рідину, досягають протилежного ультразвукового приймача (УИ2(-V) або УИ1(+V)), де перетворюються назад в електричні сигнали, які після проходження через комутатор (2) підсилюються попереднім підсилювачем (3) і надходять на вхід підсилювача-формувача

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

інформаційних сигналів (4) (єпюри 1а, 1б Додатка 3). Цей підсилювач містить лінійний каскад з автоматичним регулюванням посилення й компаратор для формування прямокутних сигналів (єпюра 2), які надходять на вхід синхронізуємого генератора імпульсів (5) і перезапускають його. Цей процес повторюється багаторазово, після чого випромінювач і приймач змінюють свої функції на зворотні. Напрямок руху ультразвукових коливань у середовищі визначає електронний комутатор (2), що управляється мікроконтролером (7).

Інформативними параметрами витратоміра є періоди проходження імпульсів  $T_{+V}$  і  $T_{-V}$  в електроакустичному каналі. З метою зменшення похибки квантування вимірюється тривалість деякої кількості  $n_0$  періодів  $T_{+V}$  і  $T_{-V}$ . Значення величини  $n_0$  обчислюється автоматично, залежно від параметрів об'єкта виміру. Вимірювані інтервали тривалістю  $n_0 T_{+V}$  і  $n_0 T_{-V}$  формуються багатофункціональним таймером (8), на один із входів якого з виходу підсилювача-формувача (4) надходять розділені в часі послідовності імпульсів з періодами проходження  $T_{+V}$  і  $T_{-V}$ . Вимірювані інтервали заповнюються імпульсами високої частоти від кварцового генератора (9), число цих високочастотних імпульсів підраховується лічильниками, що входять до складу багатофункціонального таймера (8). Також таймер (8) формує стробуючий сигнал, що збільшує перешкодозахищеність інформативних параметрів в електроакустичному каналі й вступник на другий вхід підсилювача-формувача (4).

Технічні характеристики:

Вихідний сигнал витратоміра АКРОН-01 - 0-5, 0-20 або 4-20 мА постійного струму, що визначає прямопропорційну залежність від вимірюваної витрати. Можливий вивід інформації на комп'ютер через убудований інтерфейс RS-232 або RS-485. Діаметр умовного проходу трубопроводу, мм 40 – 2000. Верхні межі діапазонів вимірюваної витрати, м<sup>3</sup>/год 8 – 40000. Основна похибка, % (при довжині прямолінійної ділянки трубопроводу не менш 10Dу до місця установки ПП-1 і не менш 5Dу - після місця установки:

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

при вимірі об'ємної витрати + 1,5

при вимірі кількості + 2

контрольованого середовища -10 - +150

Живлення від мережі змінного струму, 220 В міжповірочний інтервал 2 роки

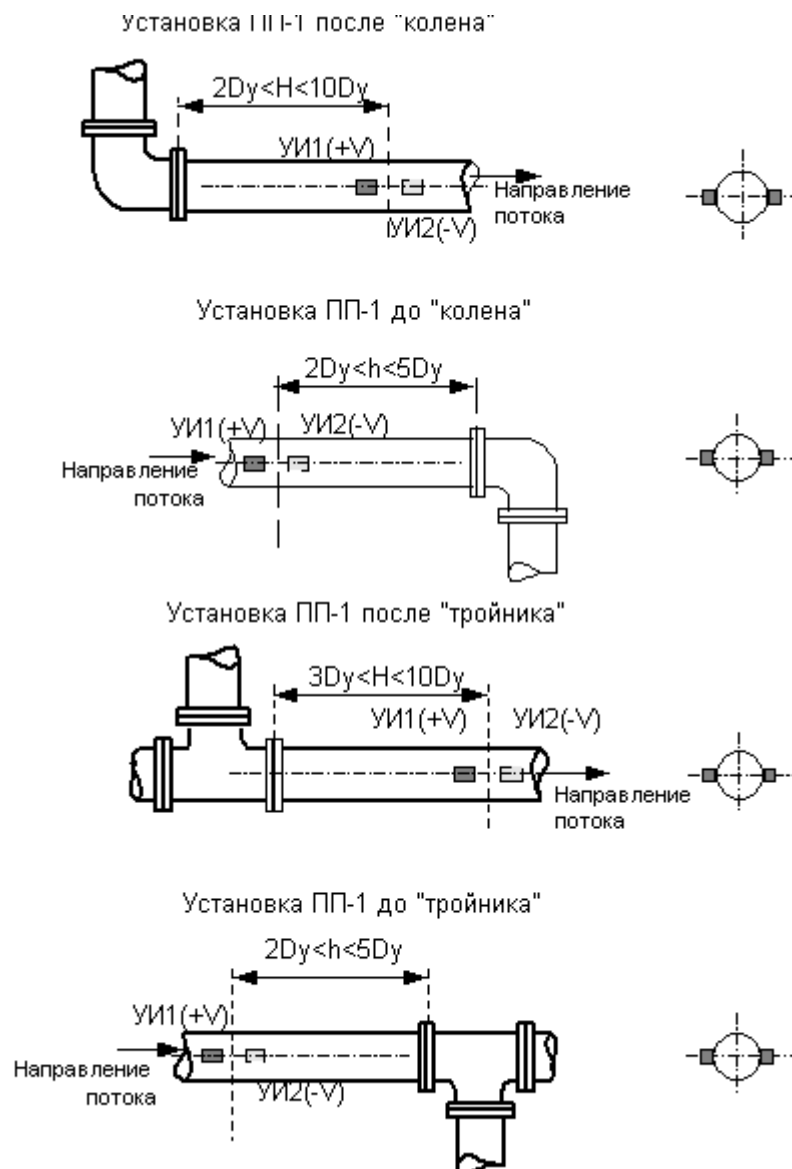


Рисунок 2.9 – Ескізи монтажу АКРОН – 01

Для вимірювання температури в заторних апаратах застосовано термоперетворювач опору ТСМ 50М. (Зовнішній вигляд показано на рис 2.10 )

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

Діапазон вимірювання  $-50^{\circ} \dots 180^{\circ} \text{ C}$ . Тобто ТСМ даного градування повністю відповідає технологічному процесу розглянутому в даній роботі. Принцип дії заснований на властивості провідника змінювати свій електричний опір зі зміною температури. Основними частинами термоперетворювача опору є: чутливий елемент, захисні арматури й голівка перетворювача із затискачами для підключення з'єднувальних проводів. Чутливі елементи мідних термоперетворювачів являють собою дріт, покритий емалевою ізоляцією, що біфілярно намотаний на каркас, або без каркаса, поміщений в тонкостінну металеву оболонку. Чутливий елемент знаходиться в захисній арматурі[4].

Випускаються термоперетворювачі опору наступних номінальних статичних характеристик перетворення: платинові 10П, 50П, 100П, мідні 10М, 50М, 100М. Число в умовній позначці характеристики показує опір термоперетворювача при  $0 \text{ C}$ .

На сьогоднішній день існує досить велика номенклатура даних перетворювачів. Також існує велика кількість виробників, як вітчизняних так і іноземних. В залежності від вимог технологічного процесу, зовнішній вигляд також може змінюватись. Наприклад довжина монтажної частини може змінюватись в залежності від діаметра трубопровода, збірника тощо. Матеріал захисної арматури сталь 12Х18Н10Т. Але при необхідності може бути виконаний з іншого матеріалу, наприклад для агресивного середовища з іншої марки сталі або навіть не з сталі. Також голівка перетворювача може бути виконана в двох варіантах: склопластику або алюмінію. Переваги: досить висока точність, стабільність показань, простота виконання. До недоліків варто віднести досить значну інерційність, неможливість вимірювати температуру в точці об'єкта.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Рисунок 2.10 – Зовнішній вигляд термоперетворювачів опору

Нижче приведені конструктивні виконання (Рисунок 2.11). Треба зазначити, що воно може відрізнятися в залежності від потреб виробництва.

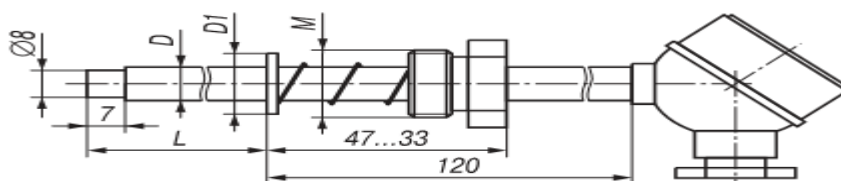


Рисунок 2.11 – Конструктивне виконання термоперетворювача

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

В якості нормуючого перетворювача використано БПО-32 фірми «Мікрол».



Рисунок 2.12 – Зовнішній вигляд БПО-32

Блок БПО-32 (Рисунок 2.12), призначений для перетворення зміни опору резистивних датчиків (термоперетворювачів опору, реохордів) по трипровідній схемі підключення в уніфікований сигнал постійного струму 0-5 ма, 0-20 ма, або 4-20 ма, і названий далі по тексту БПО-32.

Перетворювач може бути використаний у системах регулювання й керування технологічними процесами в енергетиці, металургії, у вимірювальних системах і вимірювально-обчислювальних комплексах[5].

В проекті заторного відділення використано виконавчі механізми Danfoss AMV 323 230В(Рисунок 2.13)



Рисунок 2.13- Виконавчий механізм Danfoss AMV 323 230У

## Опис:

Привод Danfoss AMV 323 230У 1з - Електроприводи AMV 323, 423, 523 для застосування із клапанами VF 2, VF 3, VFS 2, VRB 3, VRG 3 Редукторні електроприводи AMV 323, 423 і 523 призначені для роботи з регулювальними клапанами типу VF2, VF3, VFS2, Ду = 15-100 мм, а також VRB3 і VRG3, Ду = 15-50 мм. Приводи при їхньому оснащенні функціональним модулем AMES можуть управлятися аналоговим сигналом 0-10 або 0-20 мА. Крім пристроїв для ручного керування й індикації положення, електроприводи оснащені кінцевими вимикачами, що захищають їх, а також клапани від механічних перевантажень, що виникають, у тому числі при досягненні штоком клапана крайніх положень. Ця функція дозволяє підбудовувати привод під хід штока регулювального клапана. Основні характеристики:

- час переміщення штока привода на 1 мм — 1 с (для AMV 323), 3 с (для AMV 423) и 11 с (для AMV 523);
- напруга живлення (для різних типів приводів) — 230 або 24 В змін. струму;
- хід штока — 0–50 мм;
- можливість роботи з функціональними блоками АМЕК (з додатковими кінцевими вимикачами), АМЕР (с функцією II- чи III-регулювання), АМЕС (керуємі сигналом 0–10 В або 0–20 мА).

## Датчик рівня акустичний «ЕХО-АС-01»

Призначений для безконтактного автоматичного дистанційного вимірювання рівня рідких середовищ, в тому числі агресивних, вибухонебезпечних, в'язких, неоднорідних, що випадають в осад, а також сипучих матеріалів з діаметром гранул і шматків від 5 до 300 мм.

Принцип дії датчика заснований на акустичній локації рівня звуковими імпульсами, що проходять через газове середовище, і на явищі відображення цих імпульсів від кордону розділу «газ - контрольоване середовище».

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Мірою рівня є час поширення звукових коливань від випромінювача до контрольованої кордону розділу середовищ і назад до приймача.

Датчик рівня акустичний «EXO-AC-01» складається з перетворювача первинного акустичного, що має типи АП-14, АП-61, АП-11, АП-13 і блоку вимірювального БІ-1-1, і випускається в пило - захищеному виконанні.



Рисунок 2.14- Акустичний рівнемір

Вимірювання рівня в відсотках і метрах;

Вимірювання обсягу контрольованої речовини в резервуарі;

Вимірювання відстані до об'єкта;

Архівування значень вимірних параметрів нештатних ситуацій за 30 дб і 24 години;

Подання вимірної інформації в буквено-цифровому вигляді на дисплеї вбудованого ж / к індикатора і через послідовний інтерфейс RS232;

Вимірювання обсягу;

Релейні вихідні сигнали;

Вибухозахищене виконання;

Пилеводозахищене виконання;

Можливість перебудови діапазонів в процесі експлуатації[8].

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Таблица 2.1-Технічні характеристики акустичного рівнеміра

Измеряемые среды	Избыточное давление среды, МПа	Температура воздуха, окружающего АП	Температура измеряемой среды	Диапазон измерений, м	Конструктив исполнение (степень защиты от внешней среды)
Вода, водные растворы, пульпы, каменный уголь, песок, щебень.	0	-30...+50 °С	-40...+170°С (жидкости); -50...+120°С (сыпучие)	0-0,4; 0-0,6; 0-2,5; 0-6; 0-10	АП-31 (IP 42)
	0 — 2,5			0-12; 0-16; 0-20; 0-30	АП-41 (IP42)
Растворы солей, сточные воды, кислоты, щелочи; пожароопасные среды.	0 — 0,15	-40...+70°С		0-10	АП-91 или АП-91Т (IP 64)
	0 — 0,05	-10...+50°С		0-6; 0-8; 0-10	АП-61 или АП (IP 54)
	0,6; 1,6; 4	-30...+50°С		0-6; 0-8; 0-10	АП-61 или АП с УВЗ (IP 54)
Высокоагрессивные среды: серная конц. кислота, щелочи	0	30...+50°С		0-6; 0-8; 0-10	АП-61В (IP 64)
Взрывоопасные: спирты, бензин, керосин, диз. топливо; мазут	0,6; 1,6; 4	-30...+50°С			АП-61В (IP 64)

## 2.2. Схема автоматизації

Опис функціонування основних контурів вимірювання, керування та регулювання:

1-й контур - це регулювання рівня солоду в бункері №1. Первинний перетворювач рівня комплект (поз. 1а,1б) ЭХО-5С-60 видає сигнал 4...20мА, котрий надходить на індикатор технологічний ІТМ-11(поз. 1в), з нього на аналоговий модуль контролеру (ВМХ АRT0414 ), а далі на контролер, де цей сигнал перетворюється і оброблюється згідно програми користувача та формується сигнал керування з дискретного вихідного модулю (ВМХ DD3202К) , на пост ручного керування Lovato 8L2PP2A8 (поз. 1г) та через перемикач Lovato 8LM2T3120 (SB1) потрапляє на пускач магнітний – Lovato 11BF9.10-9 (поз. 1д) та запускається двигун приводу норії.

2-й контур - це регулювання ваги солоду в автовагах. Первинний перетворювачі ваги (поз 2а, 2б) має уніфікований вихідний сигнал 4...20мА, котрий надходить на аналоговий модуль контролеру (ВМХ АRT0414 ), а далі на контролер, де цей сигнал перетворюється і оброблюється згідно програми користувача та формується сигнал керування, в разі невідповідності, потім через вихідний дискретний модуль (ВМХ DD3202К), на пост ручного керування Lovato 8L2PP2A8 (поз. 2в) та через перемикач Lovato 8LM2T3120(SB2) потрапляє на пускач магнітний – Lovato 11BF9.10-9 (поз. 2г) та запускається двигун приводу дробарки.

3-й контур - це регулювання рівня в змішувальному чані, первинний перетворювач рівня комплект (поз. 3а, 3б) ЭХО-5С-60 видає сигнал 4...20мА, котрий надходить на індикатор технологічний ІТМ-11 (поз. 3в), з нього на аналоговий модуль контролеру (ВМХ АRT0414 ), а далі на контролер, де цей сигнал перетворюється і оброблюється згідно програми користувача та формується сигнал керування на аналоговий (ВМХ АМО 0802) на БРУ-10 (поз 3г) та на виконавчий механізм в комплекті з індикатором положення (3д, 3ж)

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Danfos AMV323, що встановлений на трубопроводі гарячої води, контролер також згідно програми користувача, та типу пива, яке готується, може змінювати рівень впливом на триходовий клапан (поз. 3и) через БРУ-10 (поз. 3е) на виконавчий механізм ( поз. 3з) Danfos.

4-й контур - це регулювання рівня заторної маси в заторному чані №1.

Первинний перетворювач рівня комплект (поз. 4а, 4б) ЭХО-5С-60 видає сигнал 4...20мА, котрий надходить на індикатор технологічний ІТМ-11(поз. 4в), з нього на аналоговий модуль контролеру (ВМХ АРТ0414 ), а далі на контролер, де цей сигнал перетворюється і оброблюється згідно програми користувача та формується сигнал керування на аналоговий (ВМХ АМО 0802) на БРУ-10 (поз. 4г) та на виконавчий механізм в комплекті з індикатором положення (4д, 4е) Danfos AMV323, що встановлений на трубопроводі подачі гарячої води в апарат.

5-й контур пов'язаний з попереднім – це регулювання кількості сухих речовин в 1-му заторному чані. Первинним перетворювачем густини є комплект буйкового рівнеміра УБ-П (поз. 5а, 5б) з котрого 20...100кПа потрапляє на пневмо-електроперетворювач ПЕП-11 (поз. 5в) далі аналоговий сигнал потрапляє на контролер і є сигналом корекції для контролеру при регулюванні рівня в заторному чані №1.

6-й контур - це регулювання температури в 1-му заторному чані. З первинного перетворювача температури ТСМ-100М (поз. 6а) сигнал про температуру надходить на нормуючий перетворювач БПО-32 (поз. 6б) з нього 4...20мА, на аналоговий модуль контролеру (ВМХ АРТ0414 ), а далі на контролер, де цей сигнал перетворюється і оброблюється згідно програми користувача та формується сигнал керування через аналоговий модуль (ВМХ АМО 0802) на БРУ-10 (поз. 6в) та на виконавчий механізм в комплекті з індикатором положення (6г,6д) Danfos AMV323, який встановлений на трубопроводі подачі пари в апарат.

7-й контур – керування роботою мішалки. В залежності від програми користувача ,та величини рівня та густини в 1-му заторному чані контролер періодично формує команду через дискретний вихідний модуль (ВМХ DD3202К)

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

, на пост ручного керування Lovato 8L2PP2A8 (поз. 7а) та через перемикач Lovato 8LM2T3120 (SB3) потрапляє на пускач магнітний – Lovato 11BF9.10-9 (поз. 7б) та запускається двигун приводу мішалки.

8-й контур - регулювання витрати заторної маси з 1го заторного чану.

Перетворювач витрати (поз. 8а) АКРОН-01 має сигнал 4...20мА, з нього на аналоговий модуль контролеру (ВМХ ART0414 ), а далі на контролер, де цей сигнал перетворюється і оброблюється згідно програми користувача та формується сигнал керування на аналоговий (ВМХ АМО 0802) на електропневмо перетворювач (поз. 8б) ЕП-3324 а з нього 20...100кПа на виконавчий механізм OMAI ART-366 з ПОЗИЦІОНЕРОМ RYT-1200L (поз. 8в), що встановлений на трубопроводі подачі заторної маси.

9-й контур - регулювання температури в 2-му заторному чані .відбувається аналогічно контуру №6.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

### 2.3. Специфікація засобів автоматизації

Таблиця 2.2 – Специфікація технічних 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, 1б	Датчик рівня акустичний. Для вимірювання рівня рідких або сипучих середовищ. Верхня межа вимірювання 2,5 4, 6 м. Кл.т 1,5. Вих с. 0 – 5 мА 4 – 20 мА. Живлення 220В, 50Гц	ЭХО-5С-60	шт.	1	
2	1в	Індикатор технологічний Вхідний сигнал: 0-5мА (Rвх=400 Ом), 0(4)-20 мА (Rвх=100 Ом), 0-10В (Rвх>50кОм) Напруга живлення: пост. струм 24В±15%	ІТМ-11 “Мікрол”	шт.	1	
3	1г SB1	Пост ручного керування Пост кнопочний Перемикач двопозиційний	LOVATO 8L2PP2A8 LOVATO 8LM2T S120	шт.	1 1	
4	1д	Пускач магнітний	LOVATO 11BF9.10 -9 (AC)	шт.	1	
5	2а, 2б	Ваги електронні тензометричні з вихідним сигналом постійного струму 4-20 мА, кл.т. 1,0	НПО «Механотрон» Норма-СМ	шт.	1	
6	2в SB2	Пост ручного керування Пост кнопочний Перемикач двопозиційний	LOVATO 8L2PP2A8 LOVATO 8LM2T S120	шт.	1 1	

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

Продовження таблиці 2.2 - Специфікація технічних засобів автоматизації

1	2	3	4	5	6	7
7	2г	Пускач магнітний	LOVATO 11BF9.10 -9 (AC)	шт.	1	
8	3а, 3б	Датчик рівня акустич. Верхня межа вимір. 2,5 4, 6 м. Кл.т 1,5. Вих с. 0 – 5 мА 4 – 20 мА. Живлення 220В, 50Гц	ЭХО-5С- 60	шт.	1	
8	3в	Індикатор технологічний Вхідний сигнал: 0-5мА (Rвх=400 Ом), 0(4)-20 мА (Rвх=100 Ом), 0-10В (Rвх>50кОм) Напруга живлення: пост. струм 24В±15%	ІТМ-11 «Мікрол»	шт.	1	
9	3д,3ж	Клапан двоходовий з Інд.положення 0-10V, 0-20 mA Напруга живлення 220в -24	«Данфос» VRG(B)2 «Данфос» AMV323	шт.	1	
10	3г	Блок ручного керування імпульсний Напруга живлення 220В	Мікрол БРУ-10	шт.	1	
11	3з,3и	Клапан триходовий 0-10V, 0-20 mA Напруга живлення 220в -24	«Данфос» VF(3) «Данфос» AMV323	шт.	1	
12	3е	Блок руч. керув аналог, та імпульсними сигналами. Вхідний сигнал 0 – 5 мА, 0 – 20 мА, 4 – 20, 0 – 10 В, Вихідний сигнал 0 – 5 мА, 0 – 20 мА, 4 – 20, 0 – 10 В, Напруга живлення 220В	БРУ – 10 «Мікрол»	шт.	1	

Продовження таблиці 2.2 - Специфікація технічних засобів автоматизації

1	2	3	4	5	6	7
13	4а,4б	Датчик рівня акустич. Верхня межа вимір. 2,5 4, 6 м. Клас точності 1,5. Вихідний сигнал 0 – 5 мА 4 – 20 мА. Живлення 220В, 50Гц	ЭХО-5С-60	шт.	1	
14	4в	Індикатор технологічний Вхідний сигнал: 0-5мА (R <sub>вх</sub> =400 Ом), 0(4)-20 мА (R <sub>вх</sub> =100 Ом), 0-10В (R <sub>вх</sub> >50кОм) Напруга живлення: пост. струм 24В±15%	ІТМ-11 «Мікрол»	шт.	1	
15	4г	Блок ручного керування аналоговий. Вхідний сигнал 0 – 5 мА, 0 – 20 мА, 4 – 20, 0 – 10 В, Вихідний сигнал 0 – 5 мА, 0 – 20 мА, 4 – 20, 0 – 10 В, Напруга живлення 220В	БРУ – 10 «Мікрол»	шт.	1	
16	4д,4е	Клапан двоходовий з показником положення 0-10V, 0-20 mA Напруга живлення 220в, -24	«Данфос» VRG(B)2 «Данфос» AMV323	шт.	1	
17	5а,5б	Вимірювач густини буйковий. Вихідний сигнал 20...100кПа	УБ-П	шт.	1	

Продовження таблиці 2.2 - Специфікація технічних засобів автоматизації

1	2	3	4	5	6	7
18	5в	Перетворювач пневмоелектричний Вхідний сигнал 0 – 10 кПа, 0 – 50 кПа, 0 – 200 кПа Вихідний сигнал 0 – 5, 0 – 20, 4 – 20 мА. U 220В, -24В	ПЕП – 11 «Мікрол»	шт.	1	
19	6а	Термометр опору, для вимірювання температури рідини та газу, герметичний. Діапазон вимірювання(-200°...+200°)	TSM100 М	шт.	1	
20	6б	Блок перетворювача сигналу термометра опору ТСМ 100М. Вихідний сигнал 0-20мА, 0-5мА, 4-20мА. U- 24В	БПО32 «Мікрол»	шт.	1	
21	6в	Блок ручного керування аналоговий. Вхідний сигнал 0 – 5 мА, 0 – 20 мА, 4 – 20, 0 – 10 В, Вихідний сигнал 0 – 5 мА, 0 – 20 мА, 4 – 20, 0 – 10 В, Напруга живлення 220В	БРУ – 10 «Мікрол»	шт.	1	
22	6г,д	Клапан двоходовий з показчиком положення 0-10V, 0-20 mA Напруга живлення 220в, -24	«Данфос» VRG(B)2 «Данфос» AMV323	шт.	1	

Продовження таблиці 2.2 - Специфікація технічних засобів автоматизації

1	2	3	4	5	6	7
23	7а SB3	Пост ручного керування Пост кнопочний Перемикач двопозиційний	LOVATO 8L2PP2A8 LOVATO 8LM2T S120	шт.	1 1	
24	7б	Пускач магнітний	LOVATO 11BF9.10-9 (AC)	шт.	1	
25	8а	Ультразвуковий витратомір (Кл.точ 1,5) Межі вимірювання 8- 40000м3\год Вихід:0..5,0(4)-20мА Живл.220В	ЭТАЛОН-PM	шт.	1	
26	8б	Перетворювач електропневматичний з вхідним сигналом постійного струму 4-20 мА, з вихідним сигналом 20 – 100кПа кл. т. 0,25	ЭП - 3324	шт.	1	
27	8в	Пневматичний виконавчий механізм.	МІМ-250	шт.	1	
28	9а	Термометр опору, для вимірювання температури рідини та газу, герметичний. Діапазон вимірювання(- 200°...+200°)	ТСМ100М	шт.	1	
29	9б	Блок перетворювача сигналу термометра опору ТСМ 100М. Вихідний сигнал 0- 20мА, 0-5мА, 4-20мА. U- 24В	БПО32 «Мікрол»	шт.	1	
30	9г,д	Клапан двоходовий 0-10V, 0-20 mA Напруга живлення 220в, -24	«Данфос»VR G(B)2 «Данфос» AMV323	шт.	1	

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

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

#### 3.1 Проектне компонування промислового логічного контролера(ПЛК)

В кваліфікаційній роботі було використано промисловий логічний контролер фірми Schneider Electric–М340. Програмований логічний контролер (ПЛК) Modicon М340 виробництва компанії Schneider Electric - це найбільш компактний ПЛК з усієї серії Modicon, що володіє підвищеною гнучкістю пам'яті і функціональністю найвищого класу. Незважаючи на невеликі габарити Modicon М340 має велику продуктивність, високою швидкістю обробки двійкових інструкцій. ПЛК Modicon М340 використовуються в найбільш відповідальних галузях промисловості: нафтогазовий сектор, упаковка і обробка матеріалів, текстильна промисловість, харчова промисловість, деревообробка, об'єкти інфраструктури, диспетчеризації електропостачання і багато чого іншого. Modicon М340 – промисловий контролер для програмування якого використовується програмне забезпечення UNITY PRO. Modicon М340 – контролер модульного типу, конфігурація якого вибирається в залежності від кількості входів-виходів і алгоритму управління. Модулі кріпляться на шасі, яке виконує механічну та електричну функції. Така конструкція дає можливість гарячої заміни модулів без зупинки контролера. М340 може включати від 1-го до 4-х шасі з різною кількістю місць для установки модулів (від 4-х до 12-ти), об'єднаних між собою BusX шиною, загальною довжиною до 30 м.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Стеценко Я.Д			Розробка системи автоматизації заторно-варочного відділення пивзаводу	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сідлецький В.М					36	15
Секретар		Проскурка Є.С				НУХТ		
Зав.каф		Ельперін І.В				АК 4-2		
Н.контроль								



Рисунок 3.1 – Зовнішній вигляд контролеру Modicon M340

M340 може складатись з таких основних елементів (рис. 3.2): –шасі, на яких встановлюються модулі(1); модуль живлення, який обов’язково повинен бути присутнім в кожному шасі, і який встановлюється на спеціально відведеному місці у шасі(2); – модуль розширення для контролерів побудованих на базі декількох шасі(3); кабелі розширення BusX, що з’єднує модулі розширення на суміжних шасі (4); –резистори в кінцевих модулях розширення архітектури M340(5);процесорний модуль, який обов’язково розміщується в посадочному місці з номером 00 у шасі, яке має номер 0(6); модулі вводу/виводу та модулі спеціального призначення, які розміщуються в будь - якому посадочному місці(7).

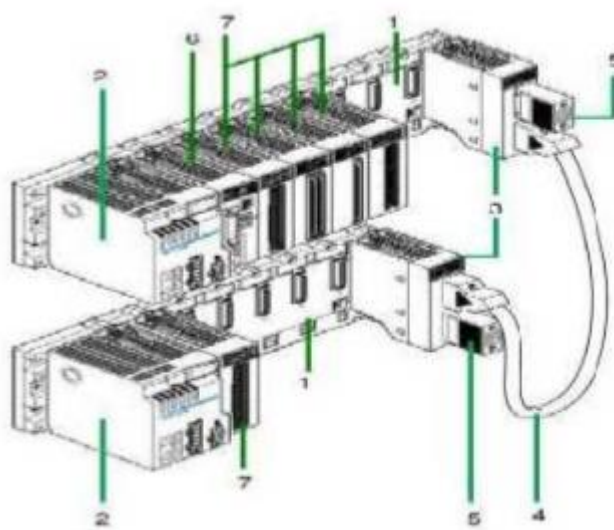


Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд контролеру Modicon M340

Основним конструктивним елементом контролера є шасі (рис. 3.3). З одного боку, шасі використовується як конструктивний елемент, на якому розміщуються й закріплюються окремі модулі контролера, з іншого – шасі має загальну шину BusX, по якій відбувається як живлення модулів, установлених в шасі, так і обмін сигналами та даними між окремими модулями контролера. Шасі може кріпитися як на стандартну DIN-рейку так із допомогою гвинтів. Шасі відрізняються за кількістю місць для встановлення модулів, відповідно на 4 (BMX XBP 0400), 6 (BMX XBP 0600), 8 (BMX XBP 0800) та 12 (BMX XBP 1200) позицій[6].

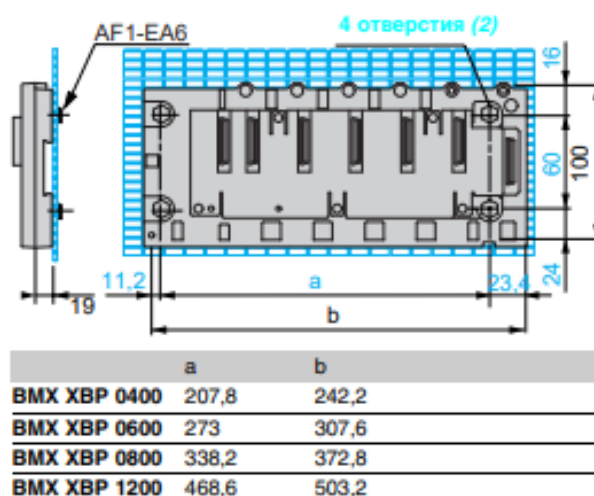


Рисунок 3.3 – Зовнішній вигляд шасі контролера

### Модулі живлення контролера.

Всі модулі шасі, включно процесорний, живляться по внутрішній шині від модуля живлення BMX CPS... (рис. 3.4). Модуль живлення підбирається по типу живлення (постійний або змінний струм) та споживаної потужності і вставляється у кожне шасі в роз'єми з маркуванням CPS. Розрахунок споживаної потужності залежить від кількості і типу модулів, які встановлюються у шасі. Цей розрахунок можна також виконати у програмування UNITY PRO в процесі конфігурування апаратної частини ПЛК. Будь який модуль живлення M340 має аварійне реле, яке відключається при зупинці контролера, або коли система самодіагностики виявить некоректне значення вихідної напруги модуля живлення.



Рисунок 3.4 – Зовнішній вигляд модуля живлення VMXCPS...

### Процесорні модулі.

Процесорні модулі M340 відрізняються функціональними можливостями, швидкістю обробки інструкцій, кількістю входів/виходів, які може обробляти контролер, кількістю спеціальних каналів, об'ємом доступної оперативної пам'яті та вбудованими в модуль ЦПУ комунікаційними засобами.



Рисунок 3.5 – Процесорні модулі VMX P34 1000, VMX P34 2010, VMX P34 2030

Процесорні модулі складаються з наступних елементів(рис.3.5): гвинт для закріплення модуля на шасі–1; блок індикації–2; роз'єм USB mini B для підключення терміналу програмування, або засобів SCADA/HMI–3; відсік для карти пам'яті –4; роз'єм RJ45 для підключення кабелю послідовного інтерфейсу RS-485 та RS-232C, по Modbus RTU/ASCII або символного режиму (маркування чорним кольором)–5; – роз'єм для підключення кабелю Ethernet TCP/IP 10BASE-T/100BASE-TX (маркування зеленим кольором)–6. У спеціальній комірці(рис.3.5, поз 4) розміщується SD-карта пам'яті. На карті, що

входить у комплект стандартної поставки M340 (об'ємом 8 Мбайт), зберігається загрузочний проект, вбудовані діагностичні веб-сторінки, а також при необхідності вихідний код проекту, константи та діалогові таблиці. Альтернативний варіант – використання карти обсягом 128 Мб, з підтримкою збереження даних користувача з прикладної програми, а також файлових операцій через FTP Сервер. Кожний процесорний модуль може вміщувати один або два вбудовані комунікаційні канали з комбінації (рис 3.5): послідовний Modbus Serial RS232/RS-485, Ethernet TCP/IP та CANOpen. Крім функцій обміну з іншими пристроями системи, Modbus RTU (Serial) та Modbus TCP/IP (Ethernet) забезпечують доступ терміналу програмування UNITY PRO до контролера[6].

### Аналогові модулі вводу виводу

Модулі аналогових входів/виходів M340 являють собою стандартні модулі, які займають одну позицію. Аналогові відрізняються за типом каналів (вхідні, вихідні, змішані), за кількістю каналів, за характеристикою і діапазоном сигналів (напруга, струм, термометри опору, тощо), наявністю гальванічного розподілення і за способом підключення. Ці модулі можна встановлювати у будь-яке посадочне місце шасі, окрім місця для живлення (PS) та процесорного модуля. Дозволяється гаряча заміна модулів (при включеному живленні).

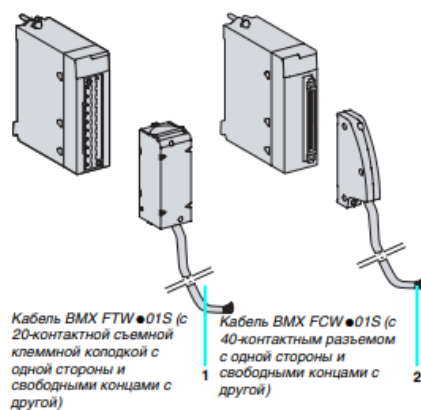


Рисунок 3.6 – Приклад підключення аналогових модулів

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

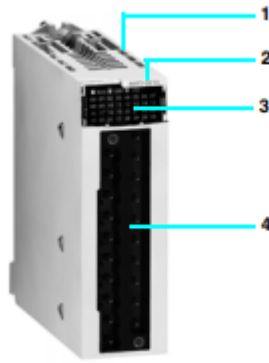


Рисунок 3.7 – Модуль аналогового входу BMX AMI 0410

Аналогові вхідні модулі М340 виконують функції: –сканування вхідних каналів різного діапазону за допомогою безконтактного мультиплексування; – аналогово-цифрове перетворення; –фільтрація сигналів; – моніторинг модуля: тестування ланок перетворення, вхідний контроль перевищування рівня сигналу, тест наявності клемної колодки.

Таблиця 3.1- Характеристика вхідного модуля BMX AMI 0410

Характеристики модулів аналогового входу BMX AMI 0410		BMX AMI 0410					
Модуль вводу		Изолированные входы высокого уровня					
Тип входу		4					
Кол-во каналів		± 10 В, 0..10 В, 0..5 В, 1..5 В, ± 5 В					
Тип входу		0..20 мА, 4..20 мА, ± 20 мА (через защищенные встрои 250 Ом )					
Напряжение		16 бит					
Ток		± 10 В ± 5 В 0..5В 0..0В 1..5В 0..20мА					
Аналого-цифровое преобразование		± 11,4 В ± 30 мА					
Диапазон напряжения/тока		0,35 мВ 0,92 мА					
Макс. величина преобразования		10 (независимо от уровня вх.)					
Разрешение		± 30 мА					
Вх. импеданс		Мом					
Допустимая перегрузка на входах		В ± 30 мА					
Станд. Диапазон напряжения		мА ± 30					
Диапазон тока							

Модулі аналогових виходів виконують функції:

- цифро-аналогове перетворення;
- захист каналів модулів від перевантаження;
- моніторинг модуля: тест перетворення, тест виходу за межі, тест наявності клемної колодки.



BMX ART 0414 BMX ART 0814

Рисунок 3.7 – Модуль аналогового виходу

Таблиця 3.2- Характеристика вихідного модуля BMX АМО 0210

Характеристики модуля аналогового вихода BMX АМО 0210			
Модуль	BMX АМО 0210		
Тип вихода	Изолированные выходы высокого уровня		
Кол-во каналов	2		
Диапазон	Напряжения	± 10 В	
	Тока	0..20 мА и 4..20 мА	
Разрешение	Биты	15 + знак	
Скорость преобразования	мс	J1	
Питание выхода	Внутреннее питание от шасси		
Диапазон выхода	Напряжение		Ток
Диапазон настройки	Номинал	В	± 10 В
	Макс.	В	± 11,25 В
Импеданс нагрузки	Ом		≥ 1,000
			≤ 600
Погрешность измерения (1)	При 25°C	%FS	0.10
	Макс. при 0..60°C	%FS	0.25

**Дискретні модулі. Загальна характеристика.** Модулі дискретних входів/виходів М340 являють собою стандартні модулі, які займають один слот. Ці модулі відрізняються за типом каналів (вхідні, вихідні, змішані), за кількістю каналів, за типом вхідних та вихідних каналів і за способом підключення. Ці модулі можна встановлювати у будь-яке посадочне місце шасі, окрім місця для живлення (PS) та процесорного модуля. Дозволяється гаряча заміна модулів (при включеному живленні). Типи модулів. Дискретні модулі можуть мати входи/виходи постійного струму (DC) на 24 VDC та 48 VDC з позитивною (sink) або негативною (source) логікою підключення, або змінного струму (AC) на 100-240 VAC. Доступні модулі з транзисторними або релейними виходами. Виходи можуть бути захищені від короткого замикання. Всі дискретні входи та виходи ізольовані від внутрішньої шини.

**Способи підключення.** Дискретні модулі за способом підключення зовнішніх сигналів можуть бути з 20-контактною з'ємною клемною колодкою (рис. 3.8) або з 40-контактними з'єднувальними роз'ємами (рис. 3.9). Для модулів з клемною колодкою додатково замовляється 20контактна з'ємна клемна колодка ВМХ ФТВ 20•0, або готовий кабель, який на одному кінці має клемну колодкою, а на іншому вільні провідники (з розпушеними кінцями) зкольоровим маркуванням.



24 В	48 В	24 В	48 В	100...120 В
16 изолированных каналов				
Через 20-гнездовой зажим ВМХ ФТВ 2000/2010/2020, винтовой зажим или съемный зажим пружинного типа				
Тип 3	Тип 1	Тип 1 (AC)	Тип 3	

Рисунок 3.8 – Модуль дискретного входу



24 В Вв/Выв
16 изолированных вводов и 16 изолированных выводов
через один 40-контактный соединитель

Рисунок 3.9 – Модуль дискретного входу-выходу

Існують три види 20-контактних клемних колодок: – гвинтова клемна колодка ВМХ ФТВ 2000; – колодка з гвинтовими зажимами ВМХ ФТВ 2010; – пружинна клемна колодка ВМХ ФТВ 2020/ З'ємні клемні колодки поставляються

з аксесуарами для кодування, що дає можливість забезпечити унікальний механічний ключ для кожної пари – модуль клемна колодка. Іншими словами, кодування виключає можливість підключення клемної колодки, яка була встановлена на модулі до іншого модуля.

Підключення модулів через кабелі з HE10 з'єднувачами проводиться тільки з використанням спеціальних виносних блоків з клемними колодками системи швидкого монтажу Telefast ABE. Schneider Electric пропонує дуже велику гаму блоків Telefast для дискретних модулів, які відрізняються:

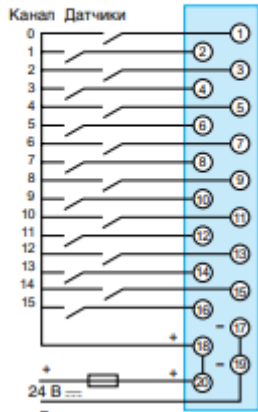
- кількістю та типом каналів, які обслуговує даний блок;
- типом клем (гвинтові, пружинні);
- наявністю розподілення живлення;
- наявністю гальванічних розв'язок між каналами, між блоком та дискретним модулем;
- вбудованими додатковими функціями перетворення сигналу (вбудовані або з'ємнітвердотільні або електромеханічні реле на різні потужності);
- наявністю додаткових функцій захисту;
- наявністю світлових індикаторів;
- наявністю можливості ручного включення/відключення сигналу;
- іншими додатковими опціями. Усі блоки Telefast мають змінний плавкий запобіжник, який захищає входи/виходи модуля від перевантаження. Одним із універсальних блоків Telefast для дискретних входів/виходів є ABE7H16R21, який може підключатися до будь яких модулів з 40-контактним з'єднувачем з використанням кабеля FCC••3 (•• - залежить від довжини кабеля). Він використовується для підключення 16 дискретних входів або 16 дискретних виходів окремими парами гвинтових клем колодки[7].

Схеми підключення. На рис. 3.10, 3.11 показані схеми підключення дискретних датчиків та виконавчих механізмів до деяких модулів зі з'ємною клемною колодкою. На рис. 3.11 показана схема підключення до модулів з 40-контактним роз'ємом, на прикладі модуля змішаного типу ВМХ DDM3202К та блоку Telefast ABE 7H16R21.

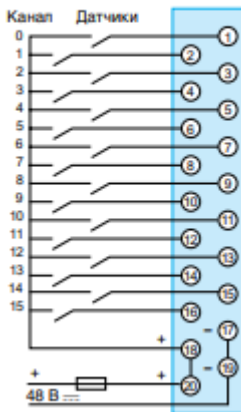
					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Модулі входу

BMX DDI 1602



BMX DDI 1603



BMX DDI 3202K/6402K

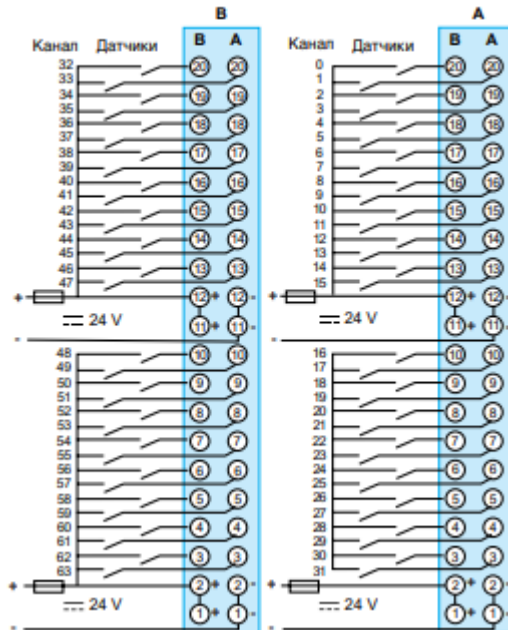
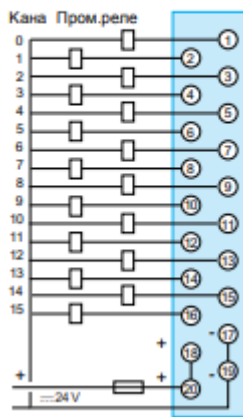


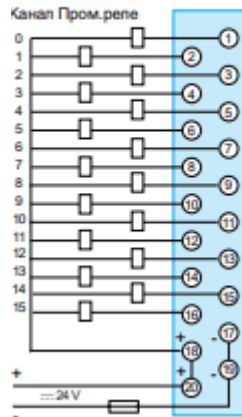
Рисунок 3.10 –Спосіб підключення модуля дискретного входу

### Модулі вихода

BMX DDO 1602



BMX DDO 1612



BMX DDO 3202K/6402K

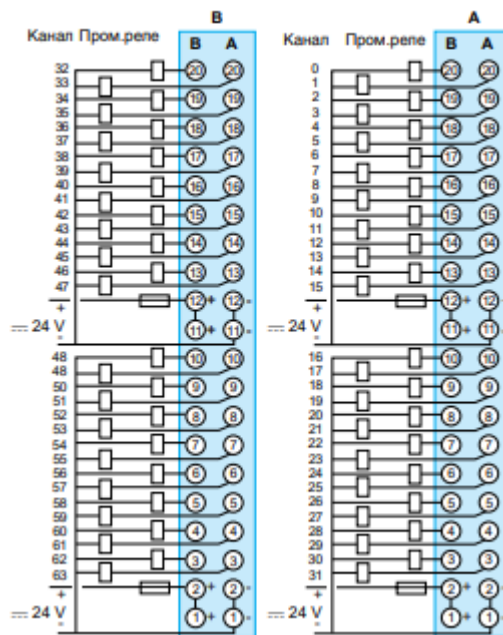


Рисунок 3.11 –Спосіб підключення модуля дискретного виходу

В таблиці 3.4, представлено типи та кількість необхідних модулів для промислового логічного контролера (ПЛК) Schneider Electric Modicon M340 для управління заторним відділенням пивзаводу.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 3.4 – Вибір модулів для ПЛК

Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
Modicon M340	Процесорний модуль BMX P34 20p0 с картою пам'яті BMX RMS 008MPF	1	
BMX CPS 2010	Модуль живлення	1	
BMX ART 0414	Повноформатний модуль аналогових входів 8вх	2	
BMX AMO 0802	Повноформатний модуль аналогових виходів 8вих	1	
BMX AMO 0210	Напівформатний модуль аналогових виходів 4вих	1	
BMX NOM 0200	Модуль послідовальної передачі даних	1	
BMX DDI 3202K	Повноформатний модуль дискретних виходів 8вих	2	

### 3.2 Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

При розробці принципової схеми підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК Schneider Electric M340 були використані наступні компоненти: – пакетні вимикачі QF1-QF5 – 5 шт., для подачі живлення до певних гілок з технічними засобами в системі автоматизації; – для живлення датчиків використовувався блок живлення (БЖ) для перетворення змінної напруги 220 Вв постійну напругу 24 В; – плавкі запобіжники FU1-FU6 – 6 шт., для запобігання короткого замикання. В принциповій схемі підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК Schneider Electric M340 застосовувалася наступна нумерація провідників:

- нумерація 800-818
- для провідників в яких протікає змінний струм;
- нумерація 001-004 для провідників в яких протікає пневматичний сигнал починалася;
- нумерація 100-118

– для провідників в яких протікає вимірювальний сигнал від датчиків до ПЛК Schneider Electric M340;

– нумерація 200-208 – для провідників в яких протікає сигнал управління від ПЛК Schneider Electric M340 до виконавчих механізмів.

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

### 3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів

#### Контур регулювання, контролю рівня в змішувальному чані

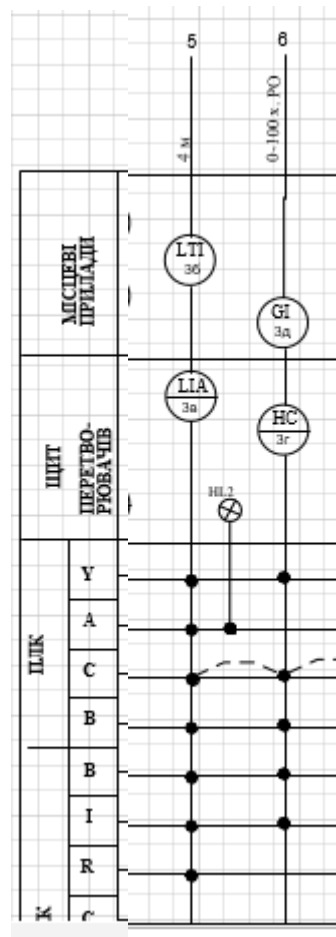
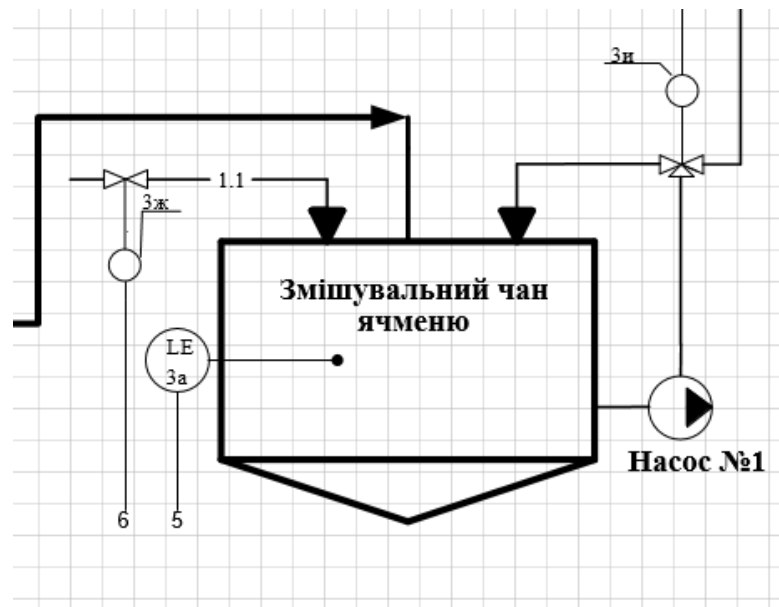


Рисунок 3.12 - Функціональна схема автоматизації контуру регулювання рівня в змішувальному чані

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

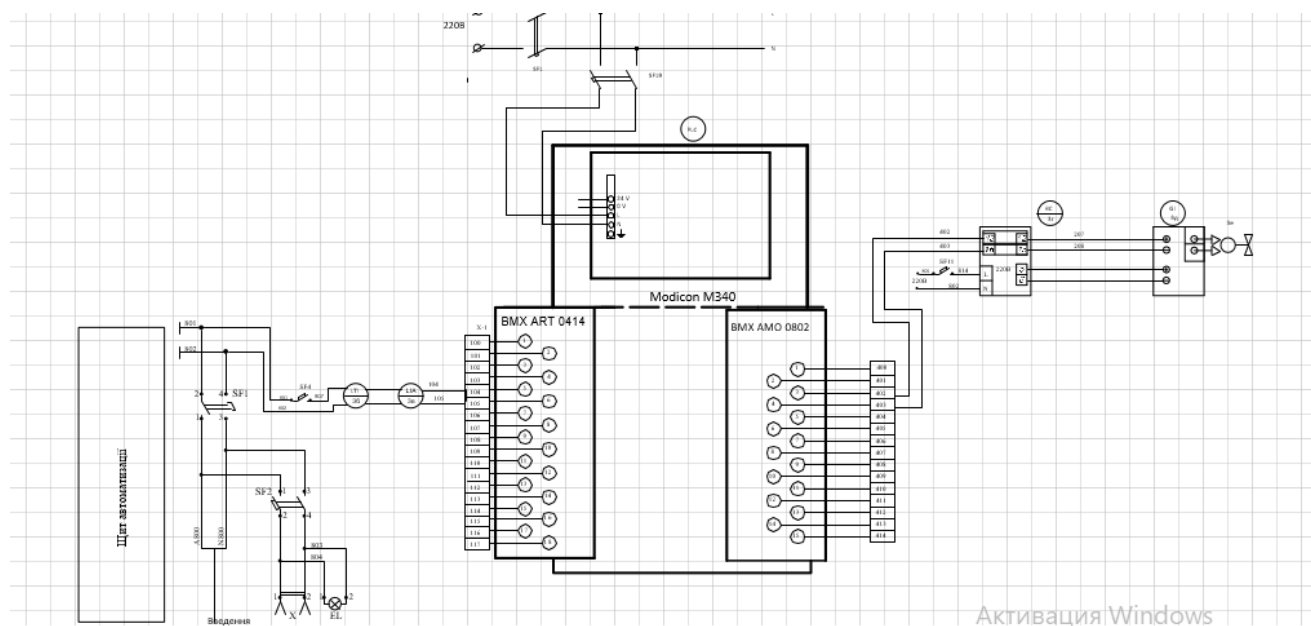


Рис. 3.13. Розширена схема підключення датчика рівня та клапанів до модулів ПЛК Schneider Electric M340.

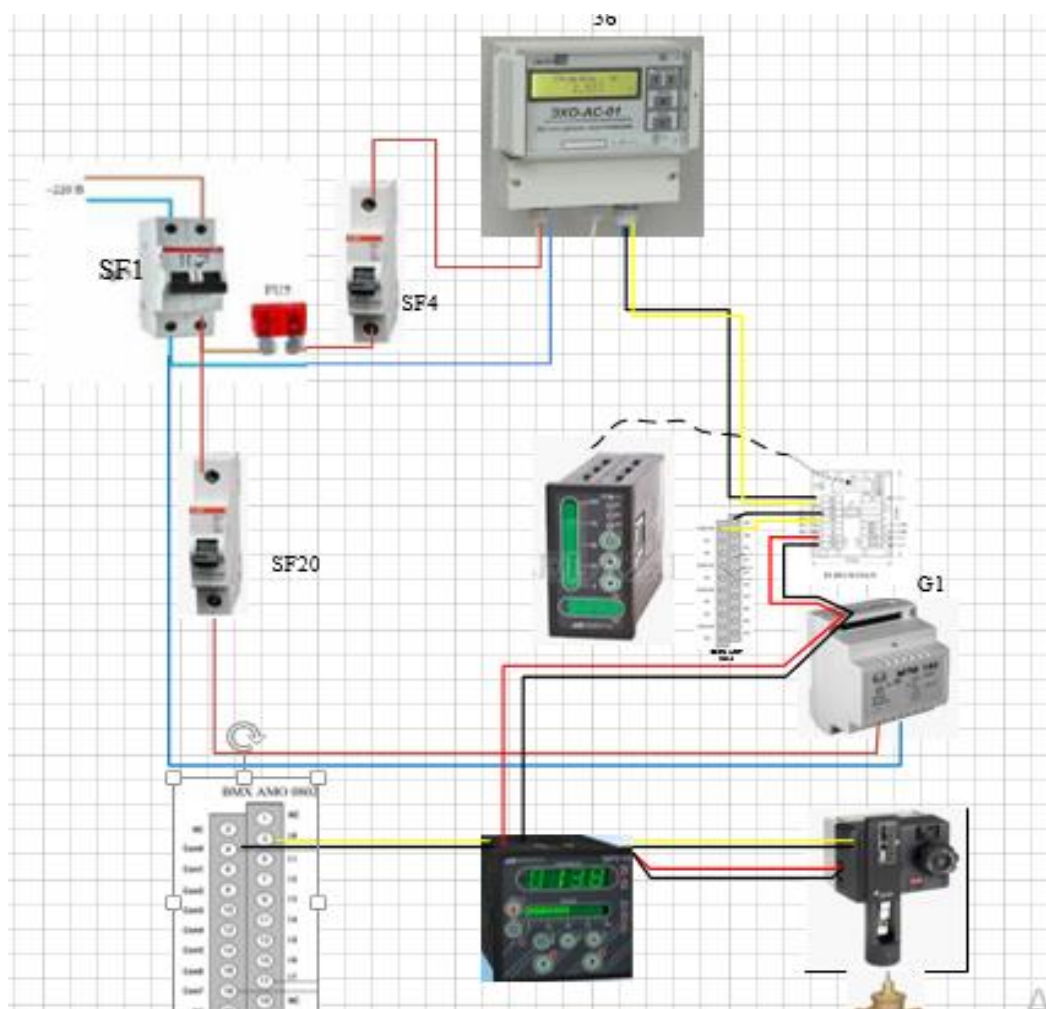


Рис. 3.14. Графічна схема підключення датчика рівня та клапанів до модулів ПЛК Schneider Electric M340

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Регулювання рівня заторної маси в змішувальному чані здійснюється наступним чином:

Датчиком рівня є акустичний рівнемір ЭХО-5С-60( поз 3а,3б), з нього уніфікований сигнал надходить на індикатор технологічний мікропроцесорний ІТМ-11(поз 3в) в якому відбувається індикація та сигналізація критичних значень, потім уніфікований сигнал надходить на аналоговий модуль контролеру ВМХ АРТ 0414 (клеми 1,2). В контролері відпрацьовується закон керування і вразі невідповідності формується командний сигнал на модуль аналогового виходу ВМХ АМО 0802(клеми 3,4) з якого сигнал 4...20мА надходить до БРУ-10(поз3г) а далі сигнал надходить до виконавчого механізму «Данфос»АМV323(поз3д) котрий змінює кількість гарячої води до змішувального чану та стабілізує рівень в ємності. Для подачі напруги використовують автоматичні вимикачі SF20, SF4., а також блока живлення МТМ-140(G1).

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

## Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів

Датчик ЭХО-5С-60 (ЭХО-1С-60) призначений для використання на об'єктах харчової промисловості, не вимагають обладнання спеціального виконання, і на об'єктах інших галузей промисловості для безконтактного автоматичного дистанційного вимірювання рівня рідких середовищ, в тому числі вибухонебезпечних, агресивних, в'язких, неоднорідних, що випадають в осад, а також сипучих і кускових матеріалів з діаметром гранул і шматків від 5 до 300 мм, при температурі контрольованого середовища від мінус 30 до плюс 120 ° С. Датчик ЭХО-5С-60 складається з перетворювача первинного акустичного, має типи АП-61, АП-11, АП-13 (надалі - АП) і блоку вимірювального БІ-1-1 (надалі - БІ), і випускається в пилеводозахищеному виконанні.

### ТЕХНІЧНІ ДАНІ;

#### 2.1. Діапазони вимірювання: 0

0-0,1;0 -0,15; 0-0,2; 0-0,3; 0-0,4; 0-0,6;0-1,0; 0-1,6; 0-2,5; 0-4,0; 0-6,0; 0-10,0; 0-2,0; 0-16,0; 0-20,0; 0-30м.

Можлива перебудова діапазону вимірювання в умовах експлуатації Похибка уставки спрацьовування релейних виходів, виражена у відсотках від діапазону вимірювання, повинна бути не більше  $\pm 4,0$ .

Параметри АП та їх типи наведені в табл.1.

Тип	Температура контролюємої середовища, °С	Предельное рабочее давление (избыточное) Мпа	Верхний предел измерения, м		Неизмеряемый уровень, м
			жидкие среды	сыпучие среды	
АП-61	-10...+70	0,6	10,0	4,0	1,0
АП-11	-40...+120	0	10,0; 20,0*	4,0	1,0
АП-13	-40...+60	0	0,3	4,0	0,25
АП-61В	-20...+60	0,6	10,0	4,0	1,0
АП-61В	-20...+60	1,6	10,0	4,0	1,0
АП-61В	-20...+60	4,0	10,0	4,0	1,0

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Стеценко Я.Д			Розробка системи автоматизації заторно-варочного відділення пивзаводу	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сідлецький В.М					51	5
Секретар		Проскурка Є.С				НУХТ		
Зав.каф		Ельперін І.В				АК-4-2		
Н.контроль								

Принцип дії датчика ЭХО-5С-60 заснований на акустичній локації рівня звуковими імпульсами, що проходять через газове середовище, і на явищі відображення цих імпульсів від кордону розділу «газ - контрольована середовище». Мірою рівня є час поширення звукових коливань від випромінювача до контрольованої кордону розділу середовищ і назад до приймача. Структурна схема датчика наведена в додатку 2. Одним з основних елементів датчика є мікроконтролер 8. Алгоритм функціонування датчика записується в його внутрішню пам'ять при виготовленні. У програмі реалізовані функції управління окремими вузлами приладу. По передньому фронту сигналу "СТРОБ" за допомогою буферного пристрою 5 формується короткий імпульс (додаток 3 етюра 1), що запускає генератор зондируючих сигналів 1. Генератор зондуючих сигналів виробляє радіоімпульси з певною частотою повторення (додаток 3 етюра 2), які перетворюються в акустичні перетворювачем 4. Акустичні сигнали поширюються по газовому середовищі, відбиваються від кордону розділу «газ - рідина» і сприймаються тим же електроакустичним перетворювачем. Після зворотнього перетворення відбиті сигнали посилюються попереднім підсилювачем 2 акустичного перетворювача (додаток 3 етюра 3) і по сполучному кабелю подаються на вхід підсилювача-формуєча інформаційних сигналів 6. Цей підсилювач 12 містить лінійний каскад з автоматичним регулюванням посилення. З виходу підсилювача прямокутні сигнали (додаток 3 етюра 4) через допоміжні пристрої надходять на мікроконтролер 8, який виробляє операцію виділення інформаційних сигналів на тлі перешкод. Для компенсації зміни швидкості звуку в залежності від температури повітря в об'єкті контролю в витратомірі передбачений термопреобразователь 3, вбудований в АП, і перетворювач струму термопреобразователя в напругу 7. Вихідний сигнал останнього подається на вхід АЦП мікроконтролера 8. За вимірним значенням часу запізнювання інформаційного сигналу щодо зондуемого і швидкості ультразвуку обчислюється значення рівня. Перетворювач «код - струм» 13 виробляє струм, пропорційний обчисленому значенню рівня. Рідкокристалічний дисплей 9 служить для відображення інформації про контрольовану величину.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Блок реле 15 містить до трьох реле для сигналізації заданих значень рівня. У датчику передбачено самодіагностування; більшість потенційних несправностей автоматично виявляється в процесі функціонування приладу і відображається на дисплеї (див. розділ 9 "Можливі несправності і способи їх усунення"). 4.2. АП призначений для перетворення надходячих до нього електричних імпульсів в акустичні і перетворення відбитих імпульсів назад в електричні. Основою АП є пьезокерамічний диск, який працює на одній з резонансних частот. Залежно від умов експлуатації та призначення АП мають різні модифікації. Для контролю середовищ, що знаходяться під надлишковим тиском, застосовується АП-61 (додаток 4). Конструкція АП-61 має дві частини. Нижня частина виконана з нержавіючої сталі і являє собою зварену конструкцію, що складається з фланця з ввареним в нього циліндром. У середині циліндра розміщений усічений 13 конус, який більшою підставою приварений до циліндра. Менша підстава конуса безпосередньо переходить в майданчик дискової форми, до якої приклеюється пьезокерамічний диск, призначений для випромінювання і прийому акустичних коливань. Конус призначений для концентрації акустичної енергії. Внутрішня порожнина, утворена циліндром і усіченим конусом, залита звукопоглинальним матеріалом. У верхній частині АП розташований корпус, виконаний з алюмінієвого сплаву, усередині якого вміщено електронна схема. Для вимірювання рівня середовищ при атмосферному тиску застосовуються АП-11 і АП-13. Конструктивно АП-11 складається з двох частин. Нижня частина виконана з хімічностійкого пластика - пентапласт або поліпропілену і являє собою усічений конус, який більшою підставою безпосередньо переходить в кріплення фланцю. До меншої частини прикріплюється акустичний вібратор, що представляє собою круглу металеву мембрану, до якої приклеюється пьезокерамічний диск. Конус призначений для концентрації акустичної енергії[9].

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

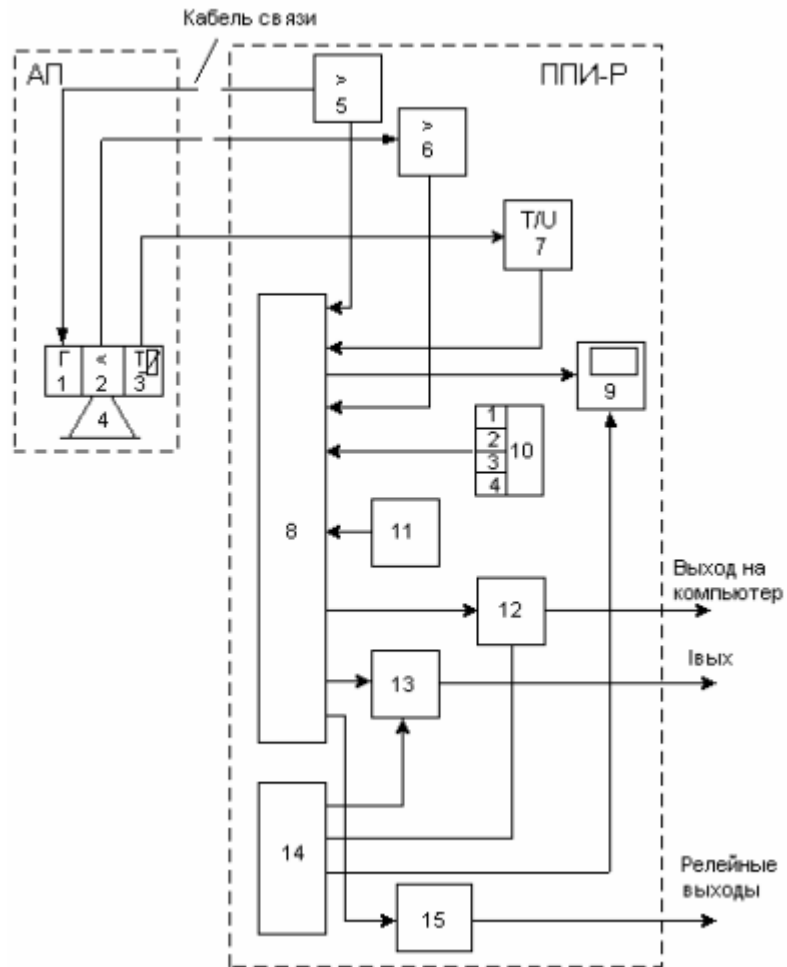


Рисунок 4.1 – Структурна схема електричного перетворювача рівнеміра

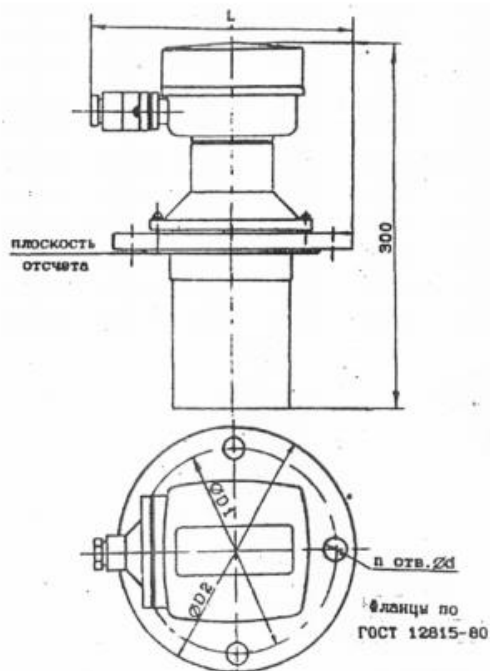


Рисунок 4.2- Габаритні та установчі розміри акустичного перетворювача АП-61

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

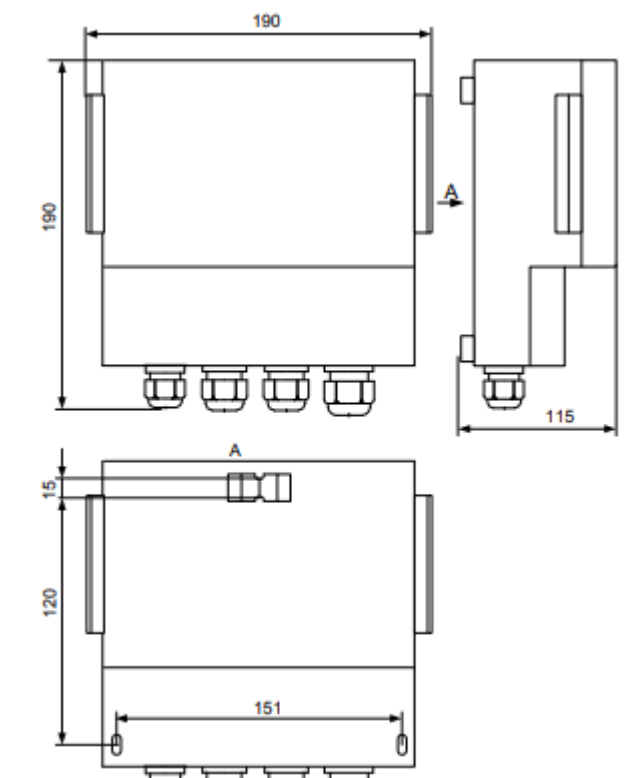


Рисунок 4.3- Габаритні та установчі розміри блока вимірювального БИ 1-1

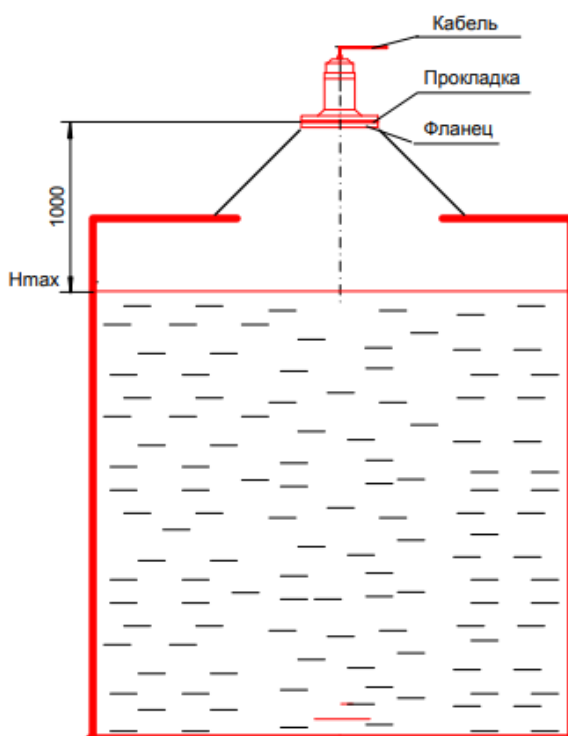
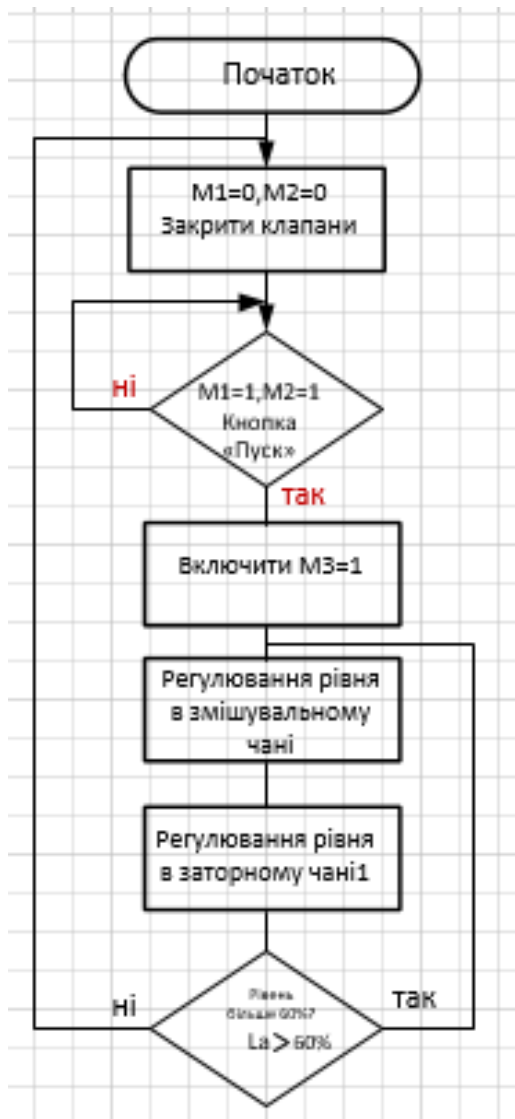


Рисунок 4.4- Монтаж рівнеміра над відкритим резервуаром

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

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



Алгоритм керування рівнем в змішувальному чані

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Розроб.		Стеценко Я.Д			Розробка системи автоматизації заторно-варочного відділення пивзаводу	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сідлецький В.М					56	5
Секретар		Проскурка Є.С				НУХТ		
Зав.каф		Ельперін І.В				АК-4-2		
Н.контроль								

Програма для ПЛК Schneider Electric M340 написана на мові програмування ST (StructuredText). Мова структурованого тексту (ST) одна з можливих мов програмування на контролерах фірми Schneider Electric. Програма на мові структурованого тексту, подібна до правил написання на відомих алгоритмічних мовах, таких як PASCAL, C, BASIC і складається з програмних рядків, написаних із використанням відповідних правил побудови, інструкцій, стандартних процедур, зарезервованих слів і мнемонічних позначень, які визначають алгоритм обробки змінних різних типів. Текст програми на мові структурованого тексту організована в послідовності рядків, яка починається з знаку оклику, який генерується автоматично, і може включати наступні елементи: мітку, коментарі і одну або більшість інструкцій і команд, розподілених знаком ";". Мітка використовується для виділення послідовності інструкцій у програмі користувача (основна програма, підпрограма). Мітка має позначення %Li:, де і може приймати значення від 0 до 999 і розташовується на початку послідовності. Коментар може бути вставлений у любе місце програми й кількість їх не обмежена. Коментар може включати до 256 символів і записуватись у декілька рядків. Коментар розташовується між знаками (\* та \*). Коментарі зберігаються у пам'яті програми користувача. Програма користувача складається з послідовності інструкцій, які розділяються одна від одної знаком ";". У структурованому тексті використовуються наступні інструкції:

- інструкції над бітами;
- арифметичні і логічні операції над словами і подвійними словами;
- арифметичні інструкції над словами у форматі із плаваючою комою;
- інструкції порівняння слів у різних форматах;
- інструкції перетворення форматів чисел;

Розробка прикладної програми включає в себе кілька етапів. На першому етапі розроблення прикладного програмного забезпечення необхідно визначити структуру програми користувача, яка може бути одно задачною чи багато задачною. Крім того вона може включати в себе підпрограми та завдання обробки

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

подій. Кожне з цих завдань програмується окремо. Кожна програма може програмуватися з використанням мов програмування, які підтримує ПЛК. У контролерах Modicon M340 можуть використовуватись чотири мови програмування: крокових діаграм – Ladder Diagram, список інструкцій - Instruction List, структурований текст - Structued Text, та Граф сет - Grafset.

В таблиці 5.1 представлено змінні та їх адреси, що використовуються для програмування ПЛК.

Таблиця 5.1. Таблиця зовнішніх змінних ПЛК

№ пп	Ім'я змінної	Клас	Адреса	Період опитування	Одиниці МПК	Фіз. одиниці	Авар Мін	Авар. макс
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Клапан 9а	Зов.	%QW3.0	4мс	-10000 +10000	0-100%	0	100%
2	Клапан 7г	Зов.	%QW3.1	4мс	-10000 +10000	0-100%	0	100%
3	Рівень 1а.	Зов.	%IW5.0	4мс	-10000 +10000	2м	0.1м	1.9м
4	Вага 2а.	Зов.	%IW5.1	4мс	-10000 +10000	--	--	--
5	Рівень 4а.	Зов.	%IW5.2	4мс	-10000 +10000	6м	0.1м	5.9м
6	Рівень 7а.	Зов.	%IW5.3	4мс	-10000 +10000	6м	0.1м	5.9м
7	Рівень 3а.	Зов.	%IW6.4	4мс	-10000 +10000	4м	0.1м	3.9м

Далі показана підпрограма приготування затору в 1-му та 2-му заторних апаратах.

%L200:(\*Заторо-варочне відділення\*)

SET %Q2.5;(\*ВВІМКНУТИ мішалку\*)

%MW101:=%IW5.1\*4;(\*Вибір уставки концентрації\*)

IF %IW5.3<9500 AND %IW5.2<%MW101 THEN (\*Якщо рівень не досяг "макс" та концентрація менша заданої\*)

%QW3.1:=10000;(\*ВВІМКНУТИ клапан подачі води\*)

END\_IF;

IF %IW5.3>=9500 OR %IW5.2>=%MW101 THEN (\*Якщо рівень досяг "макс" та концентрація >= заданої\*)

%QW3.1:=0;(\*Вимкнути клапан подачі води\*)

%MW102:=%IW5.3;(\*Фіксуємо дійсний рівень\*)

START %TM2;(\*Таймер розмішування затору в апараті\*)

END\_IF;

SET %M5;(\*Вмикаємо PID регулятор в автоматичний режим\*)

PID(",",%IW6.2,%QW4.2,%M5,%MW20:43);(\*Регулюємо температуру в 1-му заторному апараті\*)

%MW20:1:=6500;(\*завдання\*)

%MW20:2:=0;(\*Значення вих. в ручному режимі\*)

%MW20:3:=-10;(\*коефіцієнт пропорційності\*)

%MW20:4:=10;(\*коефіцієнт інтегрування\*)

%MW20:5:=10;(\*коефіцієнт диференціювання\*)

%MW20:13:=1;(\*режим диференціювання\*)

IF %TM2.Q THEN

RESET %Q2.5;(\*Вимкнути мішалку\*)

START %TM3;(\*Таймер розшарування затору в апараті\*)

END\_IF;

IF %TM3.Q THEN (\*По вимкненню таймеру розшарування\*)

SET %Q2.3;(\*ВВІМКНУТИ клапан 30в\*)

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

```
SET %Q2.10;(*ввімкнути насос 58а*)
%QW4.0:=-10000;(*Перевести клапан в положення подачі в 2-й заторний
апарат*)
END_IF;
IF %IW5.3<=%MW102/2 THEN
RESET %Q2.3;(*вимкнути клапан 30в*)
RESET %Q2.10;(*вимкнути насос 58а*)
%MW20:1:=9000;(*змінюємо завдання завдання*)
START %TM4;(*Таймер догрівання затору в апараті 30хв.*)
END_IF;
```

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

## Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Schneider Electric - велика французька машинобудівна компанія, що забезпечує розробку та виробництво рішень в галузі управління електроенергією, а також комплексних енергоефективних рішень для енергетики та інфраструктури, промислових підприємств, об'єктів цивільного та житлового будівництва, центрів обробки даних.

Протягом більше 25 років, Wonderware InTouch був номером один у світі людино-машинних інтерфейсів (HMI). InTouch пропонує:

- легендарну простоту використання, лідируючу на ринку інновацій;
- неперевершений захист інвестицій;
- блискучу графіком;
- неперевершену зв'язність;
- кращу підтримку в галузі і найширшу партнерську екосистему.

Відзначене нагород програмне забезпечення InTouch є відкритим і розширюваним з нагляду за HMI і SCADA рішенням, яке дозволяє компаніям швидко створювати стандартизовані, багаторазово використовувані додатки візуалізації і розгорнути їх по всьому підприємству, не виходячи з офісу.

Остання версія - 2014 R2 випущена 16.12.2014.

Програмний пакет InTouch складається з двох основних компонентів - середовища розробки та середовища виконання. У середовищі розробки створюються мнемосхеми, визначаються і прив'язуються до апаратних засобів вхідні і вихідні сигнали і параметри, розробляються алгоритми управління і призначаються права операторів. Створене таким чином додаток функціонує в середовищі виконання.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Стеценко Я.Д			Розробка системи автоматизації заторно-варочного відділення пивзаводу	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Сідлецький В.М					61	6
Секретар		Проскурка Є.С				НУХТ		
Зав.каф		Ельперін І.В				АК 4-2		
Н.контроль								

Таке розмежування дозволяє запобігти несанкціонованому внесенню змін до додатка, не визначене логікою його роботи. Для того, щоб додаток могло обмінюватися даними з апаратурою, необхідно використання третього компонента - окремої програми, званої сервером введення-виведення. Як правило, сервер вводу-виводу орієнтований на використання з конкретним видом обладнання, таким як промислові контролери. Разом з тим, використовуються також сервера введення-виведення, розраховані на обмін даними відповідно до визначених промисловим стандартам, і які можуть працювати з усіма контролерами задовольняють цим стандартом (наприклад Modbus, ProfiBus, DeviceNet і ін.).

Архітектура клієнт-сервер для ефективної роботи в мережі. База даних ведеться тільки на сервері, немає необхідності копіювати її на клієнтські станції. Відкритість - можна додавати і використовувати готові компоненти інших фірм внаслідок підтримки технологій ActiveX і OPC.

Всі системи розробки InTouch включають набір I / O серверів, OPC Link, DA сервера.

InTouch Development включає модулі для підключення до баз даних Recipe, SPC, SQL Access.

Реєстрація алармов в InTouch здійснюється за допомогою MS SQL Server 2000/2005 або MSDE 2000. (MSDE 2000. не вимагає WW CAL. Якщо використовується MS SQL Server тоді ліцензія WW CAL потрібно для кожного клієнта InTouch)

Орієнтація на перспективні і популярні комп'ютерні стандарти і платформи (Windows, DCOM, OPC, ActiveX і ін.).

Безкоштовна демо-ліцензія на Wonderware Development Studio на 30 днів дозволяє тестувати функціональність Wonderware System Platform 2014 R2 і включає в себе:

IDE (Integrated Development Environment);  
plus Dev I / O Platform for Application Server;

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

InTouch 60K Dev / RT;

InTouch for System Platform Client;

InControl;

Wonderware Historian Server Standard Edition;

IO Servers;

Terminal Services for InTouch;

Historian Client (ActiveFactory) (Per Device); Для того, щоб створити проект на даній мові необхідно сконфігурувати OPS та перевірити з'язок з контролером. Також налаштовується OFS Configuration tools, де вказуємо тип пристрою SNAIDER та адресу UNTLW01:0.254.0./T. Далі, створюючи проект, вносимо певні корективи за допомогою Tools/Computer Setup Wizard, де вказуємо ім'я сервера, драйвера, тип пристрою, протокол OPS, в полі адреси прописуємо Schneider.Aut-OFS[10].

Далі в Project Editor перевіряємо чи у відповідних вікнах появились всі наші пристрої.

Так, як даний проект створювався в демо – версії, то дана конфігурація не проводилась, використовувались ресурси та звернення, що були прописані автоматично та по замовчуванню (рис.6.1).

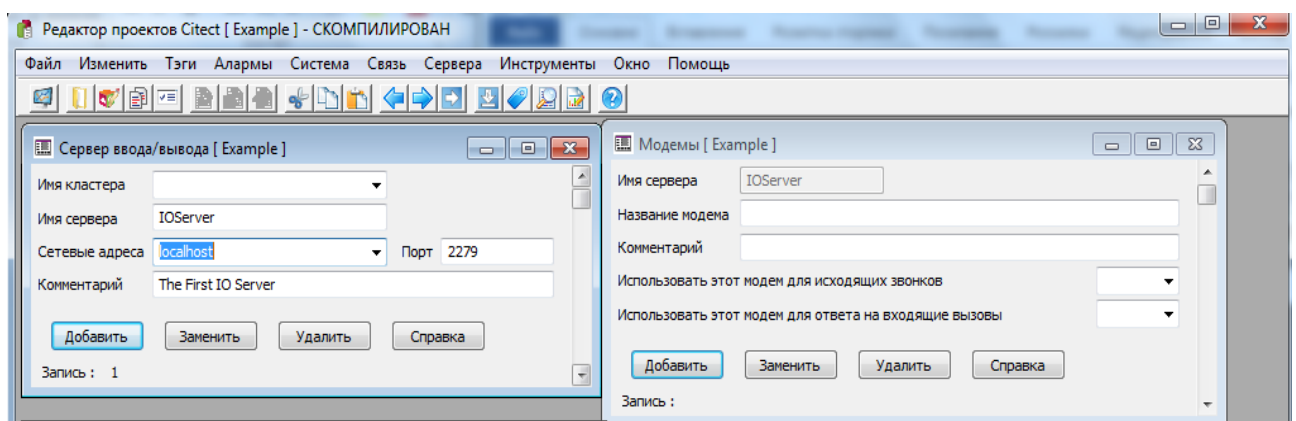


Рисунок 6.1- Настройка конфигурации проекта

## 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Можна виділити три основні етапи розвитку автоматичних засобів моніторингу, застосовуваних у системах керування технологічними процесами і складними об'єктами .

На першому етапі розвитку автоматизації зазнали лише засоби збору вимірювальної інформації і її реєстрації на аналогових показуючих та реєструючих пристроях. Обробку результатів вимірювань і формування відповідних рішень і виконавчих команд здійснював оператор.

На другому етапі всі зростаючі вимоги до засобів моніторингу, привели до створення інформаційно-вимірювальних систем. На відміну від вимірювального приладу інформаційно-вимірювальна система забезпечує вимірювання великої кількості параметрів об'єкта і здійснює автоматичну обробку одержуваної інформації за допомогою вбудованих у систему обчислювальних засобів. В задачі оператора системи керування тепер стали входити тільки прийняття рішень за результатами вимірювань і вироблення команд керування.

На третьому етапі розвитку з'явилися інформаційно-керуючі системи і інформаційно-обчислювальні комплекси, у яких здійснюється повний замкнений цикл обертання вимірювальної інформації від її одержання до обробки, прийняття відповідних рішень і видачі команд управління на об'єкт без участі оператора. До складу таких систем входять обчислювальні машини різних класів, універсальні або спеціалізовані, з різною продуктивністю. Їхнє застосування дозволяє обробляти величезні масиви вимірювальної інформації.

Аналіз узагальненої структурної схеми засобів вимірювання дозволяє сформулювати основні шляхи розв'язання кожної конкретної задачі.

1. Автоматизація збору вимірювальної інформації. Для автоматизації збору інформації необхідно забезпечити уніфікацію вихідних сигналів вимірювальних перетворювачів фізичних величин, програмно-керовану комутацію цих сигналів на загальний канал зв'язку, автоматичний вибір діапазонів вимірювання.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Автоматизація операцій вимірювального ланцюга. Вимірювальний ланцюг засобів вимірювань представляє собою сукупність перетворювальних елементів, що забезпечує здійснення всіх перетворень сигналу вимірювальної інформації. Прийом інформації з об'єкта, фільтрація, попередня аналогова обробка сигналів, підсилення, аналого-цифрове перетворення і т.д. утворюють типовий набір операцій, виконуваних у вимірювальному ланцюзі (каналі) приладу або системи. Автоматизація зазначених операцій повинна проводитися таким чином, щоб у процесі функціонування вимірювального приладу (системи) були відсутні ручні операції настроювання, регулювання і перемикань.

3. Автоматизація передачі інформації з вимірювального ланцюга в цифровий обчислювальний пристрій (ЕОМ, мікроЕОМ). Під цим розуміють відповідне узгодження вимірювального ланцюга з інформаційною магістраллю обчислювального пристрою (технічні засоби узгодження одержали назву «інтерфейс» або для вимірювальних засобів - «приладовий інтерфейс»). Інтерфейс визначає формат переданої і прийнятої інформації, рівні сигналів, імпеданси ліній зв'язку, а також організацію керуючих сигналів і відповідні часові співвідношення для них.

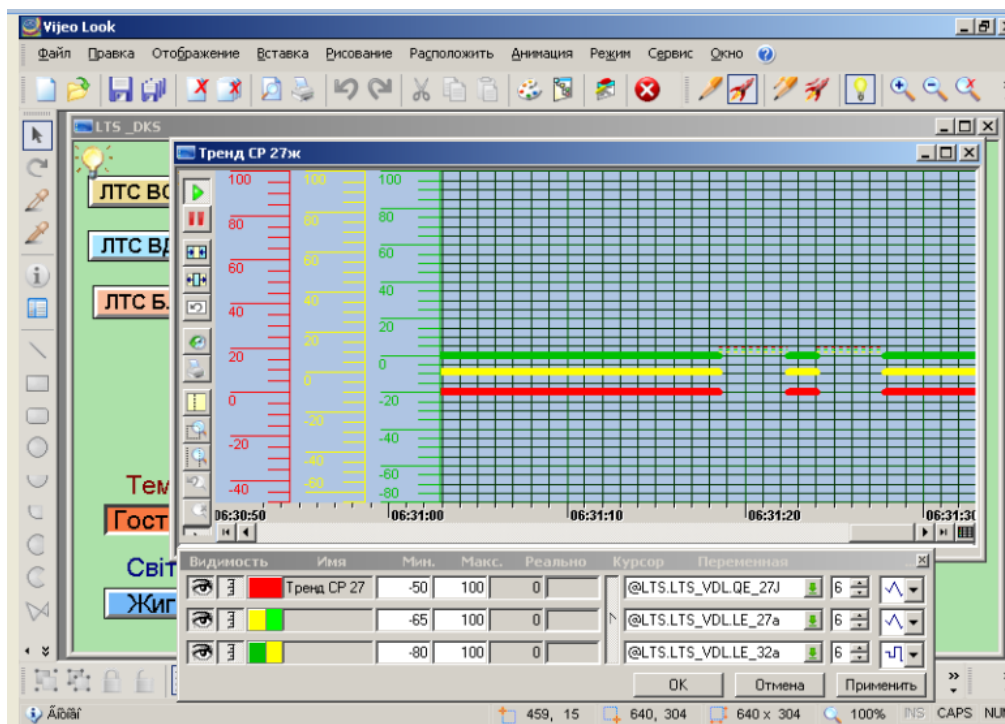


Рисунок 6.2-Приклад дисплейної мнемосхеми

4. Автоматизація обробки вимірювальної інформації. Включення у вимірювальний ланцюг обчислювальних засобів дозволяє значно підвищити точність вимірювальних пристроїв. Обчислювальні засоби можуть бути виконані на основі як універсальних ЕОМ, так і шляхом розробки спеціалізованих машин. Для цілей вимірювання можуть застосовуватися як аналогові, так і цифрові обчислювальні засоби, причому останні набули в цей час більш широке поширення у зв'язку з розвитком мікропроцесорних засобів.

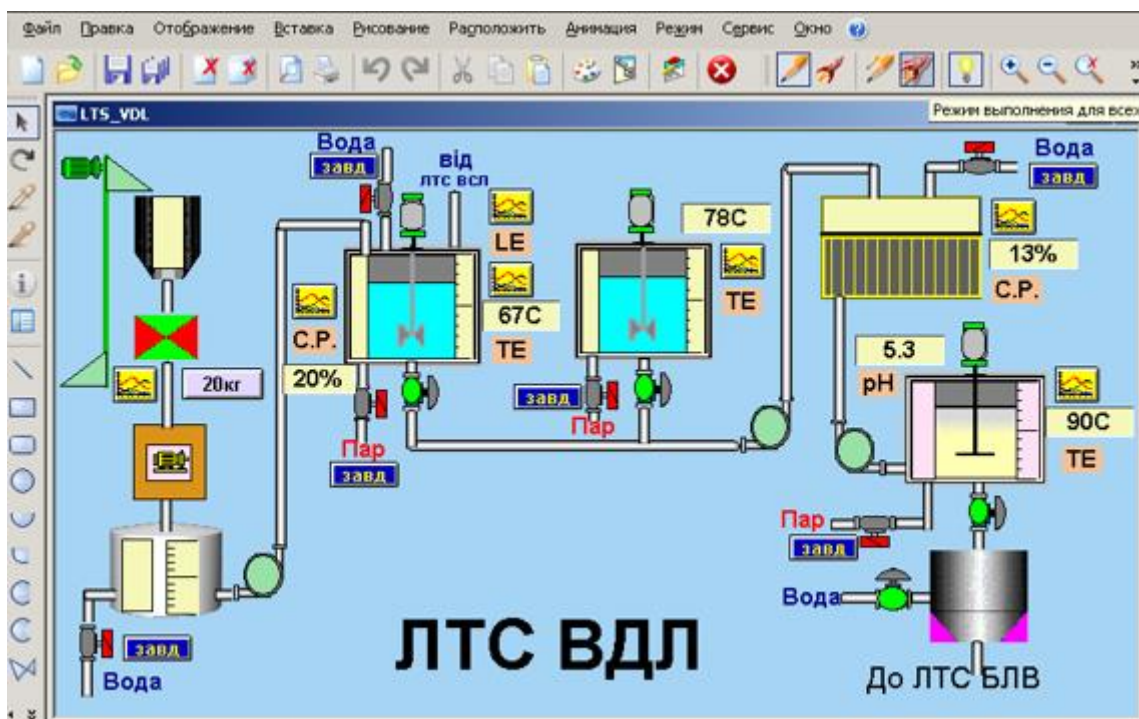


Рисунок 6.3-Приклад дисплейної мнемосхеми заторного відділення

5. Автоматизація індикації і документальної реєстрації результатів вимірювання. Процес контролю відповідності об'єкта встановленим технічним вимогам є важливою частиною автоматизованого технологічного процесу. Сутність контролю полягає в проведенні двох основних операцій:

- одержання інформації про фактичний стан деякого об'єкта, про ознаки і показники його властивостей (первинна інформація)

## Розділ 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання.

### 7.1. Постановка задачі дослідження

Побудову математичної моделі об'єкта можна здійснити аналітичним або експериментальним методами.

**В аналітичних методах** процеси, що відбуваються в об'єкті, аналізуються на основі законів збереження маси і енергії, а також із врахуванням конструктивних, режимних та інших особливостей об'єкта складають диференціальні рівняння, які зв'язують між собою елементарні прирости вхідних і вихідних величин. Загальна методика та приклади аналітичного знаходження функцій передачі для різних технологічних об'єктів наводяться у спеціальній літературі.

**При експериментальних методах** немає необхідності детально знати процеси, що відбуваються в середині об'єкта при збуреннях. Ми розглядаємо об'єкт регулювання як "чорну скриньку", внутрішня будова та властивості якої по суті невідомі. Потрібну нам інформацію про властивості об'єкта одержуємо, спостерігаючи процес зміни його вихідної (регульованої) величини при відомих збуреннях по кожній вхідній величині.

Задача знаходження математичної моделі об'єкта за його експериментальною (згладженою) перехідною функцією, як правило, розв'язуються в три етапи:

1. Виходячи з характеру експериментальної кривої і приймаючи до уваги відомі взаємозалежності між функціями передачі і перехідними функціями вибирають передбачувану структуру моделі об'єкта і відповідну до неї функцію передачі в загальному вигляді.

2. Знаходять числові значення параметрів моделі об'єкта за обраною методикою й отримують конкретну функцію передачі моделі.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Стеценко Я.Д			Розробка системи автоматизації заторно-варочного відділення пивзаводу	Літ.	Арк.	Архів
Перевір.		Сідлецький В.М					67	13
Секретар		Проскурка Є.С				НУХТ		
Зав.каф		Ельперін І.В				АК-4-2		
Н.контроль								

3. Знаходять рівняння перехідної функції моделі і перевіряють точність апроксимації, порівнюючи теоретичну криву з експериментальною.

Задача знаходження передаточної функції об'єкта регулювання за експериментальними кривими розгону на практиці вирішується неоднозначно. Це значить, що, наприклад, деякій експериментально одержаній кривій розгону об'єкта можна підпорядкувати декілька варіантів функцій передачі з різними параметрами (отже, і декілька варіантів структури об'єкта), підібраних так, що перехідні функції для всіх варіантів приблизно збігаються з експериментальною кривою розгону. При апроксимації експериментально отриманих перехідних функцій рекомендується задавати як апроксимуючу залежність - перехідну функцію, що відповідає обраній функції передачі лінійного об'єкта. При цьому отримують лінеаризовану модель досліджуваного каналу об'єкта регулювання. Найкращим вважається варіант, при якому розходження між експериментальною й розрахованою для даного варіанта перехідними функціями будуть мінімальними[12].

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі.

Задано криву розгону змішувального чану (об'єкта регулювання), отриману стрибкоподібною зміною клапану подачі гарячої води(поз Зж) на  $Y=14\%$ :

```

clc;
t= [0 4 8 12 15 20 16 32 38 48 56 63 72 80 90 99 110 120 159 200 219];
X= [2.5 2.49 2.5 2.48 2.52 2.49 2.52 2.56 2.59 2.71 2.85 3 3.08 3.26 3.44 3.58 3.69 3.85 4.12 4.18 4.19];
figure (1),plot (t,X);
grid;
    
```

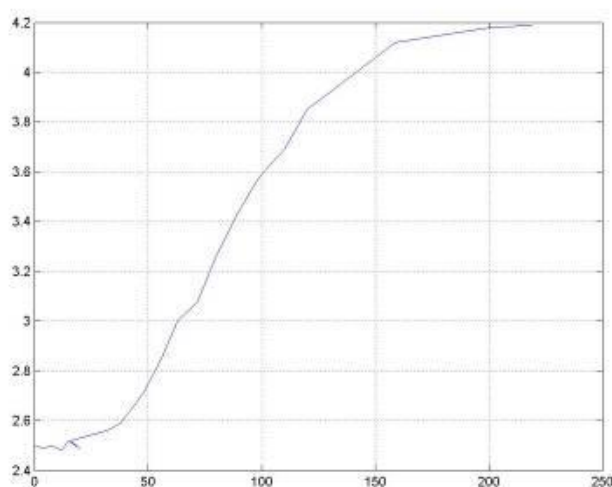


Рисунок 7.1 –крива розгону по каналу збурення(рівень в змішувальному чані)

Виберемо структуру моделі об'єкта і відповідну до неї функцію передачі у такому вигляді: Послідовне з'єднання  $n$  аперіодичних ланок з однаковими сталими часу і послідовно з'єднаною ланкою запізнення.

Передаточна функція:

$$W(p) = \frac{e^{-p\tau}}{(Tp + 1)^n}$$

Таблиця 1.

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$t_{05}/T$	1.68	2.67	3.67	4.67	5.67	6.67	7.67	8.69	9.69
$t_{09}/T$	3.89	5.32	6.68	7.99	9.27	10.53	11.77	12.99	14.21
$t_{05}/t_{09}$	0.43	0.5	0.55	0.58	0.61	0.63	0.65	0.67	0.68

Обераємо значення  $n=3$  аперіодичні ланки для якого з таблиці 1 знаходимо відоме

значення відношення  $\frac{t_{05}}{t_{09}} = 0.5$ . З рівняння  $\frac{t_{05} - \tau}{t_{09} - \tau} = 0.5$ , визначаємо час запізнення  $\tau$ .

$\tau = \frac{0.5 \cdot t_{09} - t_{05}}{-0.5} = \frac{0.5 \cdot 145 - 84.1}{-0.5} = 23.2$  с. Для заданого  $n=3$  з таблиці 1 знаходимо

значення  $\frac{t_{09} - \tau}{T}$  і  $\frac{t_{05} - \tau}{T}$ , з яких знаходимо  $T$ .

$$\frac{t_{05} - \tau}{T} = 2.67 \Rightarrow T = 22.55$$

$$\frac{t_{09} - \tau}{T} = 5.32 \Rightarrow T = 22.55$$

Кінцева формула математичної моделі буде мати наступний вигляд:

$$W_{op}(p) = \frac{e^{-p \cdot 23.2}}{(22.55 \cdot p + 1)^3}$$

Порівняємо експериментальне перехідну функцію з аналітично визначеною моделлю об'єкта регулювання та знайдемо відносну похибку, для цього складемо наступну програму:

clc;

t=[0 4 8 12 15 20 16 32 38 48 56 63 72 80 90 99 110 120 159 200 219];

X=[2.5 2.49 2.5 2.48 2.52 2.49 2.52 2.56 2.59 2.71 2.85 3 3.08 3.26 3.44 3.58 3.69 3.85 4.12 4.18 4.19];

Xzad=2.5;

Xmax=4.19;

Xpo4=2.5;

delX=Xmax-Xzad;

Xout=(X-Xpo4)/delX;

t1=[0: 219];

Xi=interp1 (t,Xout,t1);

tau=23.2;

ss1=(tf (1, [22.55 1])) ^3;

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

[num,den] =pade (tau,5);
ss2=tf (num,den);
ss=ss1*ss2;
yy=step (ss,t1);
figure (3),plot (t1,yy,t,Xout,'o'); grid;
d=abs (yy-Xi') *100;
[dm j] =max (d),

```

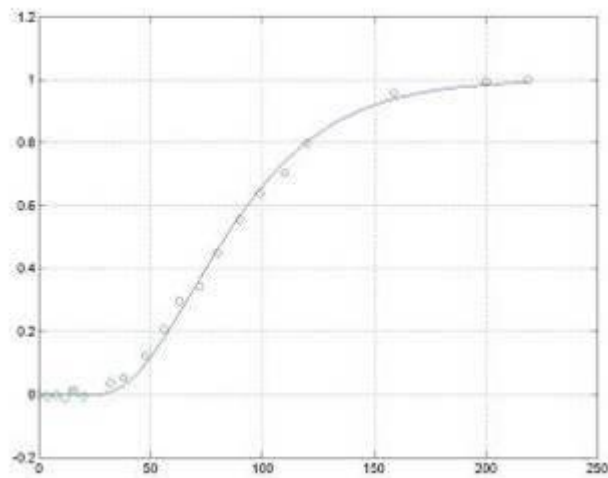


Рис. 7.2 порівняння експериментальної "o" і теоретичної "-" функції передачі

Відносну похибку регулювання визначаємо за формулою:

$$\delta = \frac{y(t_j) - y^e(t_j)}{\Delta y^e} \times 100\% = 3.5841\%$$

### 7.3. Моделювання САР.

Розрахуємо оптимальні параметри настроювання за методом розширених частотних характеристик. Цей метод базується на амплітудно-фазовому критерії стійкості (критерій Найквіста), який можна інтерпретувати як критерій запасу стійкості, якщо замість звичайних частотних характеристик застосувати розширені частотні характеристики[13].

Розширена частотна характеристика елемента з відомою функцією передачі визначається заміною в ній оператора Лапласа

$$p = -m\omega \pm i\omega,$$

де  $\omega$  - кругова частота;  $m = \alpha/\omega$  - ступінь коливальності, яка характеризує запас стійкості;  $\alpha$  - абсолютне значення дійсної частини комплексного кореня характеристичного рівняння.

Умова забезпечення заданого запасу стійкості формулюється на основі амплітудно-фазового критерію стійкості Найквіста, в якому застосовуються розширені частотні характеристики розімкненої системи автоматичного регулювання

$$W_{pc}(m, i\omega) = W_{op}(m, i\omega)W_p(m, i\omega) = -1,$$

де  $W_{op}(m, i\omega) = U(m, \omega) + iV(m, \omega)$  - розширена амплітудно-фазова характеристика (АФХ) об'єкта регулювання;  $U(m, \omega), V(m, \omega)$  - розширені дійсна та уявна частотні характеристики об'єкта регулювання.  $W_p(m, i\omega)$  - розширена АФХ регулятора. Для спрощення запису позначимо  $U(m, \omega) = U, V(m, \omega) = V$ .

Розрахунок параметрів настроювання ПІ-регулятора

Шукаємо частоти  $\omega^*$  і  $\omega^{**}$  графічно із залежностей:

$$\varphi_{OP}(m, \omega^*) = -\frac{\pi}{2} + \operatorname{arctg} m$$

$$\varphi_{OP}(m, \omega^{**}) = -\pi$$

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

```

clc;
clear;
w= [0: 0.001: 0.15];
m=0.32; p=-m*w+i*w;
tau=23.2; T=22.55;
Kp=0.12
W=Kp*exp (-p. *tau). / (T. *p+1). ^3;
U=real (W); V=imag (W);
A=sqrt (U. ^2+V. ^2);
fi=phase (W);
figure (1),plot (w,fi*180/pi); grid; title ('RFCH'); xlabel ('w,rad/s'); ylabel ('f (m,w)
');
figure (2),plot (U,V); grid; title ('RAFH'); xlabel ('Re [W (p)] '); ylabel ('Im [W (p)]
');
disp ('w A fi (w) ')
R= [w (:) A (:) fi (:) *180/pi]
fi1= (-pi/2+atan (m)) *180/pi, fi2=-180

```

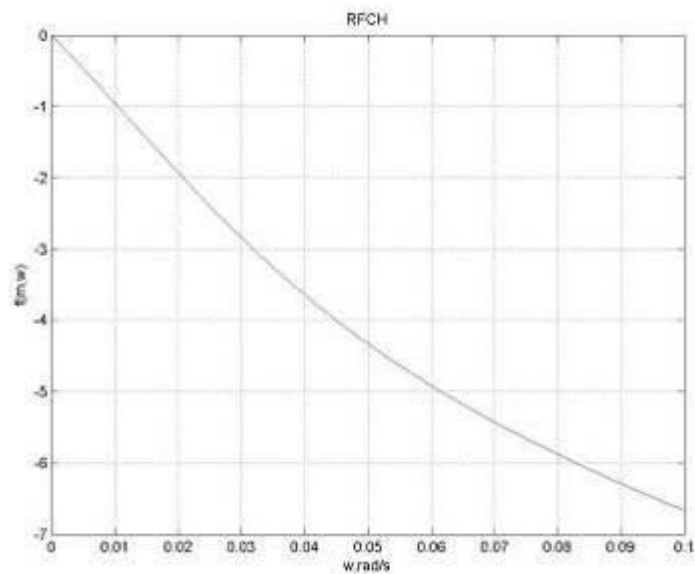


Рис. 7.3. Розширена фазочастотна характеристика

$w^{**}$  - беремо на перетині графіка з частотою - 3,14;  $w^{**} = 0.0335$

$w^*$  - беремо на перетині графіка з частотою  $\frac{\pi}{2} + \arg \operatorname{tg} 0.32 = -72,255$ ,  $w^* = 0.0132$

Задаємо  $T_D$  враховуючи умову  $0 \leq \frac{T_D}{T_{is}} \leq 0.25$ , нехай  $T_D = 0,5$ .

Побудуємо границю запасу стійкості:

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

```

clc;
clear;
w= [0.0132: 0.0002: 0.0335];
m=0.32; W1=0.0132; W2=0.0335;
T=22.55;
tou=22.55;
Tg=0.5;
Kp=0.12
p=-w. *m+j. *w;
Wop=Kp*exp (-tou*p). / (T*p+1). ^3;
Fi=phase (Wop);
A=abs (Wop);
v=abs (Fi) +atan (m) - pi;
y= (w. *sqrt (m^2+1). * (m*cos (v) - sin (v))). /A+w. ^2* (1+m^2) *Tg;
x= (cos (v) *sqrt (m^2+1)). /A+2*Tg*w. *m;
figure (1),plot (x,y); xlabel ('Kp'); ylabel ('Kp/Tis'); grid

```

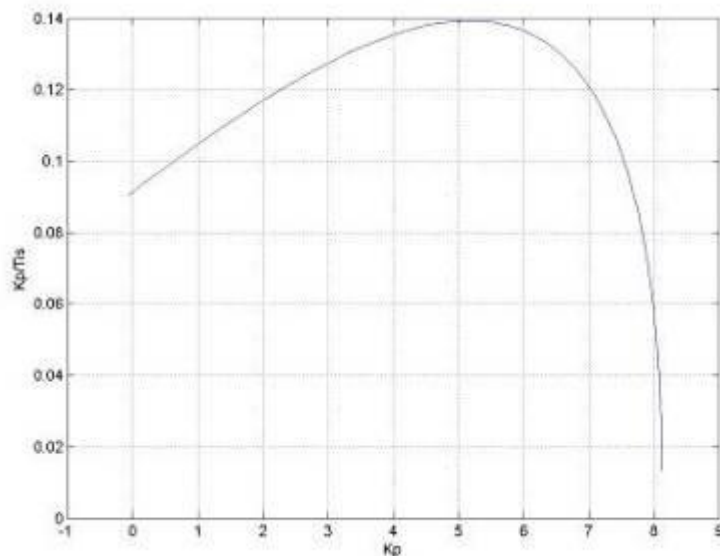


Рис. 7.4 Границя області заданого запасу стійкості  $m=0.32$  з ПІД-регулятором  
З графіка знайдемо:

$$\left(\frac{k_p}{T_{i3}}\right)_{opt} = 0.14, \text{ а } (k_p)_{opt} = 5,15$$

В середовищі Simulink. складаємо модель САР з ПІД-регулятором.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

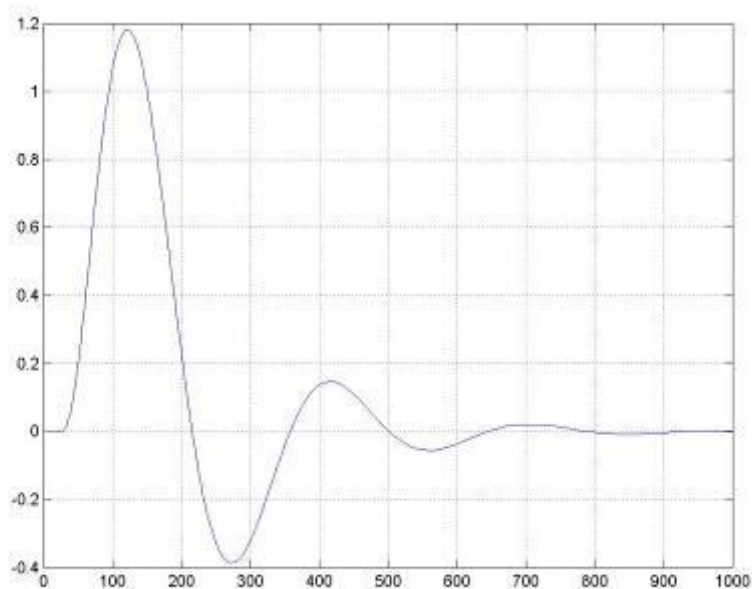
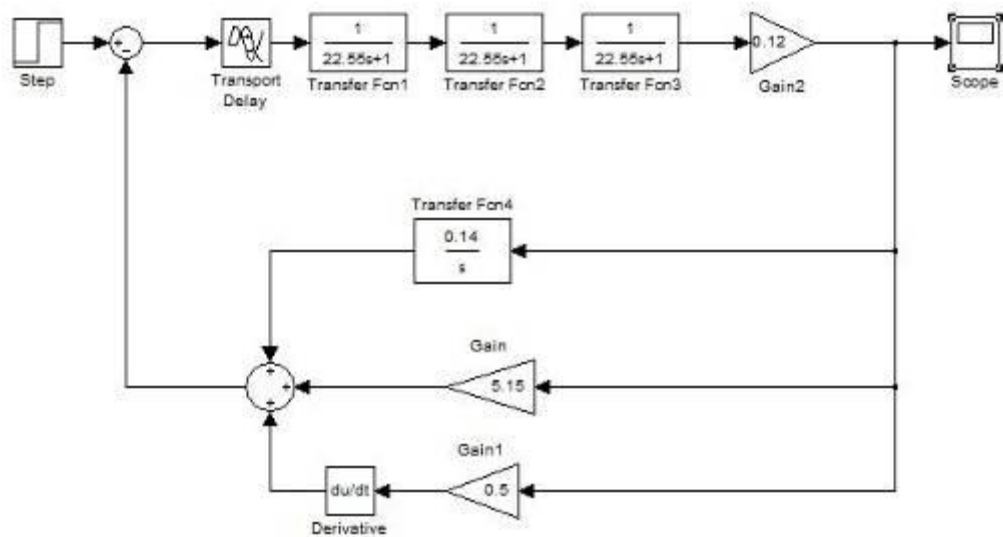


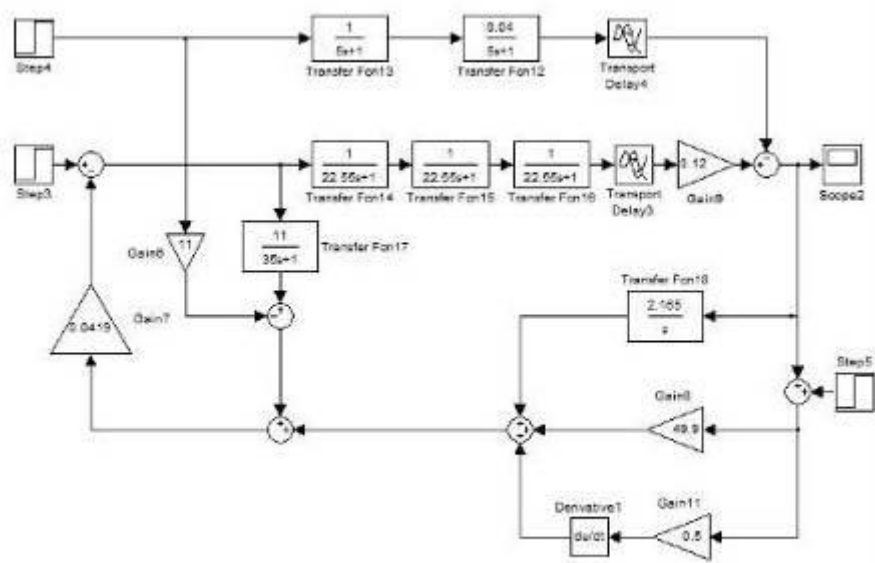
Рис. 7.5 Перехідний процес зміни вхідної величини на 14%

Якщо структурна схема САР обрана і розраховані параметри настроювання автоматичного регулятора, то з метою дослідження перехідних процесів САР моделюють в середовищі Matlab (Simulink). Перехідні процеси САР моделюють вказаними в завданні каналами регулюючої, збурюючої дії та зміною завдання регулятора[13]. За цими перехідними процесами визначають показники якості САР. Якщо досліджується одноконтурна САР, то крім процесу регулювання при оптимальних значеннях параметрів настроювання регулятора, моделюють

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

перехідні процеси для різних значень з границі області заданого запасу стійкості (див. рис.7.3) і порівнюють їх показники якості: час регулювання, максимальне динамічне відхилення, ступінь затухання, частоту коливань, інтегральну квадратичну оцінку тощо. Для об'єктів із самовирівнюванням бажано дослідити процеси регулювання із застосуванням І - та ІІ-регуляторів. Для об'єктів без самовирівнювання перехідні процеси моделюють на частотах  $\omega < \omega_0$ ,  $\omega = 1.2\omega_0$ ,  $\omega > \omega_0$ , порівнюючи їх показники якості. При застосуванні каскадної або комбінованої системи регулювання необхідно порівняти процеси регулювання в цих САР відповідно з процесом регулювання в одноконтурній системі без допоміжного регулятора або без корекції по збуренню. Для САР з додатковим сигналом з проміжної точки необхідно порівняти перехідний процес такої САР з процесом регулювання за допомогою одноконтурної замкнутої САР[18].

В середовищі Simulink складемо модель САР за допомогою якої можна буде дослідити систему на всі фактори, які впливають на роботу САР:



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

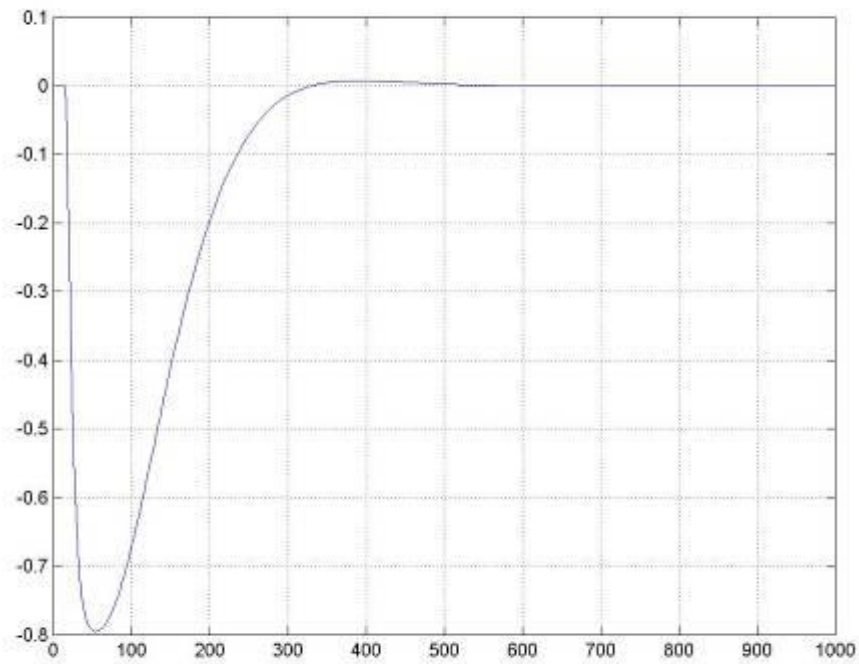


Рис. 7.6 . Перехідний процес при зміні витрати гарячої води до змішувального чану заторної маси ОР каналом збурення на  $20 \frac{м^3}{год}$

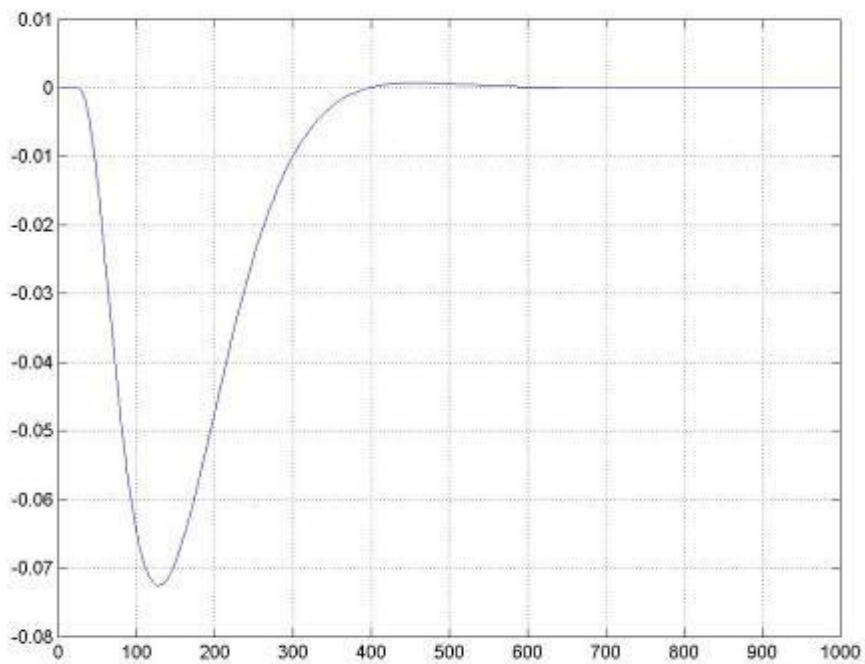


Рис.7.7. Перехідний процес при зміні завдання регулятора на 0.5%

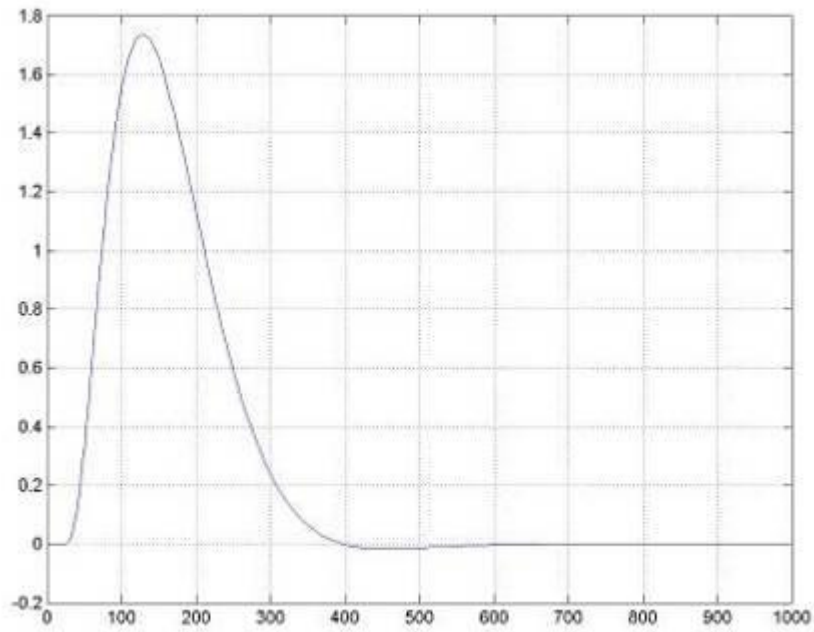


Рис. 7.8. Перехідний процес при максимальній стрибкоподібній зміні регулюючої дії на 25% ходу РО

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

#### 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

Вимоги до якості процесу регулювання:

1. Максимальне динамічне відхилення  $A_1=0.5\%$ .
2. Допустима похибка регулювання  $\Delta=0,05\%$ .
3. Час регулювання  $t_p=200$  с.
4. Ступінь коливальності  $m=0.32$

Визначимо показники якості в одноконтурній САР з ПД-регулятором:

а.) при стрибкоподібній зміні положення РО на 14%:

Максимальне динамічне відхилення  $A_1=1, 19\%$ .

Час регулювання  $t_p=800$  с.

Ступінь затухання:

$$\psi = \frac{A_1 - A_3}{A_1} = 0.84$$

Здійснено дослідження одноконтурної лінійної системи автоматичного регулювання за каналами керуючої та регулюючої дії. Об'єктом регулювання був змішувальний чан для компонентів заторної маси, вихідною величиною був рівень в цій ємності. За кривою розгону ми отримали математичну модель ОР. Передаточна функція складається з послідовного з'єднання трьох аперіодичних ланок та ланки запізнення. Точність апроксимації для нашого об'єкту: зведена похибка дорівнює 3,58%.

Для одноконтурної САР обираємо ПД-регулятор. Для ПД-регулятора при стрибкоподібній зміні положення РО на 14% максимальне динамічне відхилення та час регулювання фактично відповідає заданим технологічним вимогам. На достатньому рівні час перехідного процесу, ступінь затухання, та динамічна помилка.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Висновок

В кваліфікаційній роботі представлена розробка системи автоматизації заторно-варочного відділу пивзаводу. В системі автоматизації використовуються сучасні засоби автоматизації: первинні перетворювачі, нормуючі перетворювачі, електроприводні клапани фірми Данфос та інше. Система автоматизації заторного відділу розроблювалась з використанням сучасного промислового логічного контролера Schneider Electric Modicon M340. Розроблена система автоматизації дозволяє зменшити витрати енергоресурсів, а саме гарячої води та гріючої пари. Також за рахунок використання сучасної техніки та алгоритмів керування вдасться зменшити втрати, покращити якісні показники пива в цілому. Зменшення витрати енергоресурсів та покращення якості продукції дозволить збільшити прибуток виробництва.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80

### Список використаної літератури.

1. Домарецький В.А. Технологія солоду та пива: Підруч. для студентів вищ. закл. освіти. / В.А. Домарецький – К.: Урожай, 1999. – 544с.: іл. – Бібліогр.: с. 535-537.
2. Автоматизація виробничих процесів: підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К. : Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
3. Евдокимова Г.М. Автоматизація виробничих процесів пивоварної промисловості: Навч. посібник / Г.М. Евдокимова, Л.І. Селевцов М: Колос, 2000. – 240 с.
4. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості /А.П. Ладанюк, В.Г. Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра; Київ, «Аграрна освіта», 2001. – 236 с
5. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб.– К.: Ліра-К, 2014.
6. Ельперін І.В. Промислові контролери. Частина 2 І.В. Ельперін // К.: НУХТ.– 2012.–106с
7. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін //Навч. посібник. – К.: Видавництво Ліра-К.– 2013.–340с.
8. Тошинський В.І. Проектування систем автоматизації технологічних процесів: Навч. посібник / В.І. Тошинський, М.О. Подустов – Харків: НТУ «ХП», 2006. – 412 с.
9. Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об'єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) : монографія / А.П.Ладанюк, Заєць Н.А., Л.О.Власенко. – К. : Видавництво Ліра-К, 2016. – 312 с.
10. Кишенько В.Д. Інтелектуальні системи. Практикум [Електронний ресурс]: навчальний посібник / В. Д. Кишенько, Ю. О. Самойленко, Я. В. Смітюх. – Київ : НУХТ, 2017. — 67 с.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Гончаренко Б.М. Цифрові системи керування: навчальний посібник / Б.М. Гончаренко, О.П. Лобок, А.П. Ладанюк. – Вінниця: Нова книга, 2007.–160 с.
12. Бабіченко А.К. Промислові засоби автоматизації: Навч. посібник / А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов - Харків: НТУ "ХПІ", 2001 р.
13. Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об'єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015. – 288 с.
14. Компоненты систем автоматизации. – Режим доступа: [www.URL:  
http://www.svaltera.ua/upload/iblock/9e7/price\\_6\\_sensors\\_.pdf](http://www.svaltera.ua/upload/iblock/9e7/price_6_sensors_.pdf)
15. Каталог продукції «Мікрол», 2013 [www.micro1.ua](http://www.micro1.ua)
16. Посадова інструкція майстру виробничої ділянки (з ремонту автоматичних приладів контролю).
17. Веб-сайт <http://ua.textreferat.com/referat-1077-1.html>.
- 18.Клепач М. І. Теорія автоматичного керування. Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2007. – 206 с.

					<b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82