

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

на тему: **Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для
визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів**

Виконав: студент 2 курсу, групи МТ-1м

Спеціальності: 152 «Метрологія та
інформаційно-вимірювальна техніка»

Борисевич Є. П.

(прізвище та ініціали)

Керівник: доцент кафедри М та ІВТ

кандидат технічних наук, доцент

Чепюк Л.О.

(науковий ступінь, вчене звання, посада,
прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доцент

в.о. декана факультету КІТМР

Ткачук А.Г.

(науковий ступінь, вчене звання, посада,
прізвище та ініціали)

Житомир – 2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»
Факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і
робототехніки
Кафедра метрології та інформаційно-вимірювальної техніки
Спеціальність 152 «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри метрології та
інформаційно-вимірювальної техніки
д.т.н., професор Подчашинський Ю.О.

« _____ » _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Студент Борисевич Є. П.

1. Тема роботи: Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення та контролю параметрів виробництва майонезу.

Керівник роботи: доцент кафедри М та ІВТ кандидат технічних наук, доцент
Чепюк Л.О.

затверджена наказом по університету від « 09 » листопада 2023 р. № 648/с

2. Термін здачі закінченої роботи на кафедру « 17 » грудня 2023р.

3. Вихідні данні до роботи. Об'єкт вимірювань технологічний процес виробництва майонезу, отримання фізичних величин: витрати рідини та отримання даних тиску. Складові компоненти виробництва готової продукції виробництва майонезу. Галузь застосування інформаційно вимірювальна система для визначення та контролю параметрів виробництва майонезу.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які підлягають розробці)
огляд та аналіз існуючих методів вимірювання та інформаційно-вимірювальних систем, розробка методу вимірювань виробництва майонезу та структурної схеми системи, вибір технічних засобів вимірювального каналу, розробка алгоритму та програми обробки вимірювальної інформації, розрахунок метрологічних характеристик системи

5. Перелік графічного матеріалу

структурна схема канал вимірювання, структурна схема інф вим системи, функціональна схема вимірювального каналу, блок-схема алгоритму обробки вимірювання інформації

6. Консультанти кваліфікаційної роботи магістра із зазначенням розділів роботи, що їх стосуються

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	Чепюк Л. О.		

7. Дата видачі завдання

Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний огляд та аналіз методів та засобів вимірювання виробництва майонезу	01.10.23 – 05.10.23	Виконано
2	Формулювання завдань кваліф. роботи	06.10.23 – 10.10.23	Виконано
3	Розробка методів вимірювання та структури комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи	25.10.23 – 09.11.23	Виконано
4	Розробка структурної схеми	11.10.23 – 15.10.23	Виконано
5	Вибір технічних засобів вим каналу системи та розробка функсхеми	16.10.23 – 24.10.23	Виконано
6	Розробка алгоритму роботи комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи	10.11.23 – 22.11.23	Виконано
7	Розрахунок метрологічних характеристик	22.11.23 – 01.12.23	Виконано
8.	Оформлення пояснювальної записки та презентаційного матеріалу	04.12.23 – 17.12.23	Виконано

Студент

(підпис)

Борисевич Є.П

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Чепюк Л. О.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

В даній кваліфікаційній роботі розроблено комп'ютеризовану інформаційно-вимірювальну систему для визначення та контролю параметрів виробництва майонезу. Описано методи та засоби вимірювання параметрів технологічного процесу виробництва майонезу. Розроблено функціональну схему, структурну схему, електричну-принципову схему, проведено розрахунки похибок вимірювального каналу.

Ключові слова: комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система, програмований коонтролер, засоби вимірювання тиску, вакууму та витрат.

ABSTRACT

In the process of qualifying robotics, computing and processing аційно-вимірювальну систему к для визначення та контролю параметрі in mayonnaise virus. This method is described in terms of resources and technical parameters. mayonnaise virus infection. Robust functional scheme, structured scheme, electrical system ципову схему, проведено розрахунки похибок вимірювального каналу.

Key words: computer-generated system , programming controller, resources, information, information here rat.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА МАЙОНЕЗУ	11
1.1. Огляд існуючих рішень з вимірювання параметрів виробництва майонезу та побудови інформаційно-вимірювальної системи	11
1.2. Опис комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для визначення та контролю параметрів виробництва майонезу як об'єкта вимірювання .	18
1.3. Формулювання завдань, що вирішуються в кваліфікаційній роботі.....	23
1.4. Висновки до 1 розділу	24
2. РОЗРОБКА МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ТА СТРУКТУРИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА МАЙОНЕЗУ	25
2.1. Фізичні принципи вимірювання і метод вимірювання параметрів виробництва майонезу	25
2.2. Структурна схема комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для визначення та контролю параметрів виробництва майонезу	43
2.3. Висновки до 2 розділу	45
3. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА МАЙОНЕЗУ	46
3.1. Вимірювальні прилади	48
3.1.1. Датчик рівня.....	48
3.1.2. Датчик тиску	49
3.1.3. Витратомір	51
3.1.4. Вакуумметр	55
3.1.5 Реле потоку	56
3.2. Обчислювальні засоби.....	57

3.2.1. Програмований контроллер	57
3.2.2. Засоби введення-виведення.....	62
3.3. Електрична принципова схема підключення обладнання	72
3.4. Висновки до 3 розділу	85

4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО -АЛГОРИТМІЧНОГО ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА МАЙОНЕЗУ	86
--	----

4.1. Розробка алгоритму роботи комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи.....	86
--	----

4.2.Розрахунок метрологічних характеристик (похибок) комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи.....	88
--	----

4.2.1.Розрахунки похибки каналу вимірювань тиску	87
--	----

4.2.2.Динамічні характеристики вимірювальних каналів	91
--	----

4.3.Аналіз стійкості КІВС без наявності регулятора (корегуючого пристрою) за критерієм Гурвіца.....	92
---	----

4.3.1. Аналіз стійкості КІВС без наявності регулятора Замкнемо об'єкт керування одиничним зворотнім зв'язком:	92
---	----

4.3.2. Побудова перехідної характеристики замкнутої системи та визначення основних показників якості.....	94
---	----

4.4. Синтез системи вимірювання по каналу завдання методом логарифмічних частотних характеристик (методом Солодовнікова).	95
---	----

4.4.1 Побудова асимптотичної ЛАЧХ незмінної частини системи $\text{Ln}(\omega)$	95
---	----

4.4.2.Побудова бажаної асимптотичної ЛАХЧ за Солодовніком	96
---	----

4.4.2.1.Побудова низькочастотної частини бажаної асимптотичної ЛАЧХ	96
---	----

4.4.2.2 Побудова середньочастотної частини бажаної асимптотичної ЛАЧХ а) Визначення частоти зрізу ω_z та побудова середньо частотної асимптоти бажаної ЛАЧХ.	97
4.4.3 Одержання передаточної функції розімкнутого ланцюга бажаної системи.	98
4.4.4 Визначення фактичного надлишку фази в області значущих частот бажаної ЛАЧХ Для перевірки відповідності запасу стійкості тому, що вимагається, будуємо у діапазоні $\omega_a < \omega$	99
4.5 Моделювання синтезованої системи і визначення показників якості перехідного процесу.....	99
4.5.1 Апроксимація передаточної функції об'єкту управління аперіодичною ланкою першого порядку з запізненням.	101
4.5.2 Знаходження параметрів налаштувань стандартного регулятора формульним методом	102
4.5.3. Визначення перехідної функції замкнутої системи та побудова перехідної характеристики	102
4.5.4 розрахунок невизначеності аналого-цифрового перетворення.....	104
4.3. Висновки до 4 розділу	108
ВИСНОВКИ.....	109
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	110

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ПЛК – програмований логічний контролер

ПЗ – програмне забезпечення

АСУ – автоматизована система управління

ОУ – об'єкт управління

АФЧХ – амплітудно-фазо частотні характеристики

КІВС – комп'ютерна інформаційно-вимірювальна система

ВСТУП

Актуальність теми. Комп'ютеризована інформаційно-вимірювальна система для визначення та контролю параметрів виробництва майонезу.

Майонез - наймасовіший готовий соус: 91% сімей регулярно включають його у свій раціон. У концепції політики в області здорового харчування, пріоритетним напрямком є ліквідація дефіциту в харчуванні населення мікронутрієнтів, а спеціалізовані харчові продукти та біологічно активні добавки до їжі віднесені до найважливіших інструментів оптимізації харчування і здоров'я населення. У зв'язку з цим виникає необхідність створення продуктів харчування функціонального призначення, збалансованих за основними нутрієнтами і які користуються повсякденним попитом.

Майонез — це дуже густий вершковий соус, який подається кімнатної температури або охолодженим. Його можна використовувати як соус, заправку або приправу.

Його готують з олії та сирого яйця з додаванням чогось кислого, наприклад оцту або лимонного соку. Зазвичай олія та оцет розділяються. Однак лецитин у яєчному жовтку покриває краплі олії, а яєчні жовтки емульгують, зв'язуючи олію та оцет. Суміш приправляють спеціями, сіллю і цукром.

В даній роботі розроблено та досліджено нову систему контролю, що дозволяє замінити старе обладнання на новіше, точніше та більш надійніше. Також нове обладнання має забезпечити незмінність виробничої лінії виробництва майонезу, залишити туж саму функціональність та особливість роботи з механізмами керування. Функції формування аварійних повідомлень, сигналів захисту, що виконувалися раніше на апаратному рівні реалізовано програмно.

Метою даної роботи є створення розрахунків та удосконалення КІВС.

Для досягнення даної мети необхідно вирішити наступні задачі:

- дослідження технологічного процесу виготовлення майонезу;
- вибір контрольованих параметрів і розробка на їх основі структури КІВС контролю процесу виробництва майонезу;

- розробка алгоритму, структурної схеми, функціональної схеми, принципової схеми КІВС;

- розробка метрологічного забезпечення КІВС шляхом моделювання метрологічних характеристик (похибок);

Об'єкт дослідження – процеси вимірювання при виготовленні майонезів.

Предмет дослідження – комп інформаційно-вимірювальна система визначення та контролю параметрів виробництва майонезу.

Методи дослідження базуються на аналітичному виведенні рівнянь математичної моделі вимірювального каналу, використанні методів ЦОС з ВІ, використанні обчислювальних блоків у вимірювальному каналі, застосуванні методів комп'ютерного моделювання з наступною статистичною обробкою отриманих результатів.

Наукова новизна даної роботи полягає в:

1. Сформульовано перелік фіз величин, вимірювання яких дозволяє контролювати процес виготовлення майонезу;
2. Удосконалені методи вимірювання параметрів технологічного процесу:
 - Вимірювання тиску за допомогою датчика тиску;
 - Вимірювання вакууму за допомогою вакуумметра;
 - Вимірювання рівня витрат за допомогою витратоміру.

Практична цінність даної роботи полягає в:

1. вибрано вимірювальні засоби та елементну базу КІВС процесу виготовлення харчових соусів;
2. розраховано метрологічні характеристики КІВС процесу виготовлення харчових соусів
3. пропонується впровадити нову КІВС визначення та контролю параметрів виробництва харчових соусів.

Структура та обсяг роботи. Дана робота складається з анотації, вступу, 3 основних розділів, висновків, переліку використаних літературних джерел та додатку. Робота викладена на 110 сторінках основного тексту і містить 54 рисунків та 19 таблиці.

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ТА ЗАСОБІВ ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА МАЙОНЕЗУ

1.1. Огляд існуючих рішень з вимірювання параметрів виробництва майонезу та побудови інформаційно-вимірбвальна систем

Дезодорація - останній ступінь у рафінації соняшникової олії та вимагає максимум уваги для отримання якісної олії.

Мета цього процесу - зробити масло придатним для покупця, видаливши все, що робить небажану кислотність, запах та смак.

Запахи та аромати, це в основному альдегіди, кетони та вуглеводні, видаляються одночасно з жирними кислотами. Будучи більш леткими, ніж масло, вони дистилуються при високих температурах барботажною парою при вакуумі.

У разі хімічної рафінації в секції дезодорації відбувається видалення речовин, що одорують, а у випадку фізичної рафінації - поєднання видалення одорируючих речовин з видаленням вільних жирних кислот при проведенні фізичної рафінації.

Дезодоратор виконаний у вигляді вертикальної тарілчастої колони, що містить вбудовані системи рекуперації теплоти і остаточного нагрівання масла. Для рекуперації теплоти нижня тарілка оснащена трьома змійовиками, два з яких подається масло, що надходить на дезодорацію. Третій водяний змійовик, який знаходиться в центральній камері нижньої тарілки, використовується тільки для охолодження олії при зупинці секції дезодорації. Для остаточного нагрівання верхня тарілка містить кілька змійовиків, які з парогенератора подається пар високого тиску. Середні тарілки призначені для дезодорації олії. Всі тарілки оснащені барботерами барботажної пари та напрямними перегородками, що дозволяють уникнути мертві зони під час руху олії. Барботери є концентричними перфорованими трубами, укладеними біля днища тарілок. Отвори для виходу пари з барботера виконані з фасками, щоб уникнути їх забивання нагаром. Пари з дезодоратора відводяться центральною газовідвідною трубою.

Процес виглядає таким чином:

Вихідна вибілена виморожена олія після контрольного фільтрування надходить у перший змійовик нижньої (рекупераційної) тарілки дезодоратора, в якій нагрівається до 80-100С, а потім подається в деаератор містить розпилювальні форсунки і приєднаний через дезодоратор до вакуумної системи, де при температурі 10 видалається волога та повітря.

Далі масло насосом подається в другий змійовик нижньої (рекупераційної) тарілки дезодоратора, в якій триває рекупераційне нагрівання недезодорованої олії до 160-180С теплотою дезодорованої олії.

Виходячи із змійовиків нижньої тарілки, масло надходить у верхню тарілку, в якій нагрівається до необхідної температури 240-260С паром високого тиску, що надходить у змійовики верхньої тарілки з парогенератора.

Олія дезодорується на 4-х тарілках дезодоратора. масло тече за рахунок гравітації через лабіринт у кожній тарілці і перетікає з тарілки на тарілку переливними трубами. Барботажна пара подається в барботери, укладені біля днища тарілок для дистиляції жирних кислот і речовин, що одорують.

Температура дезодорації олії 240-260С.

Розрядження у дезодораторі 2 мм.рт.ст.

На останній нижній (рекупераційній) тарілці дезодорована олія охолоджується до 100-140С, віддаючи теплоту вихідному маслу, що перекачується по першому та другому змійовикам цієї тарілки.

Лимонна кислота вводиться у центральну склянку нижньої тарілки. У виробництві використовується 10% розчин лимонної кислоти, яка зв'язує метали, посилює дію токоферолів.

Далі одна частина олії розливається в пляшки, а інша надходить у відділення виробництва майонезу.

Майонез стандартизують, виходячи з наступного планового складу готового продукту: 67% жиру, 2.8% вуглеводів та 3% білків.

Виробництво майонезу періодичним способом складається з наступних операцій, що послідовно здійснюються:

- підготовка води;
- підготовка гірчиці;

- підготовка оцтового розчину;
- приготування майонезної емульсії;
- гомогенізація.

Сировина, яка використовується для виробництва майонезу, повинна мати документи щодо якості встановленої форми.

Вода, що використовується в технологічному процесі, знаходиться у збірнику для питної води, звідки відбувається її дозування на підготовку оцтового розчину та гірчиці. Вода прямує на водопідігрівач ЕПВ. До водопідігрівача подається пара, тиск пари не більше 1,5 кгс/см². Після виходу на задану температуру (850С) вода направляється у вакуумний змішувач ВС .

Для уникнення появи в майонезі надмірно гіркої присмаку гірчичний порошок попередньо запарюють у ємності підготовки гірчиці ЄПГ. Для попереднього запарювання воду зі збірки питної води дозують необхідному обсязі. Сухий гірчичний порошок подається зі складу.

У сорочку ємності ЄПГ подається пара, вода нагрівається до температури 400С, пара перекривається. Потім подається відважений на одне варіння гірчичний порошок. Включається мішалка на 3-5 хвилин. Потім відкривається вентиль підведення вакууму. У ємності ЄПГ створюється розрядження 0,3 - 0,4 кгс/см², гірчиця витримується в ємності не менше ніж три години.

Підготовка оцтового розчину проводиться у ємності ЕПУР. Дозування води для приготування оцтового розчину проводиться зі збірки питної води відцентровим насосом НЗ.

Оцтова кислота подається з попереднього відділення. Концентрація оцтового розчину, що застосовується у технологічному процесі $10 \pm 0,1 \%$.

Перемішування здійснюється за допомогою мішалки (70 об/хв) протягом 7 – 10 хвилин. Потім відбирають пробу для аналізу, а при необхідності коригують водою або оцтовою кислотою, доводячи концентрацію до $10 \pm 0,1\%$.

Приготування майонезної емульсії проводиться у вакуумному змішувачі ВС, в якому створюється вакуум 0,5 - 0,6 кгс/см². Потім змішувальну ємність ВС подається задане за рецептурою кількість води з водопідігрівача ЕПВ. В умовах

вакууму з бункера змішувач подається яєчний порошок зі складу. Обороти мішалки при цьому становлять 25 – 30 об/хв. Потім включається гомогенізатор (обороти електродвигуна 1500 об/хв).

Не допускається змішувати добавки, розчинні у воді, з добавками, розчинними у маслі. Необхідно водити їх послідовно.

Далі зі складу подається охолоджена до температури 18С олія (відважена кількість), а потім гірчиця з ємності підготовки гірчиці ЄПГ.

Обороти двигуна гомогенізатора 3000 об/хв, обороти мішалки 25 – 30 об/хв.

Потім при оборотах мішалки 25 - 30 об/хв, оборотах гомогенізатора 1500 об/хв із підготовчої ємності подається оливкова олія.

Потім дозується 10%-ний розчин оцтової кислоти з ємності підготовки оцтового розчину ЕПУР.

Обороти електродвигуна гомогенізатора збільшуються до 3000 об/хв, обороти мішалки при цьому 25 – 30 об/хв. у цьому режимі відбувається перемішування та гомогенізація майонезної емульсії протягом 5 - 7 хвилин. Після перемішування майонез направляється у видатковий бак до фасувальних машин.

Ведення технологічного процесу з приготування майонезу передбачається вести в ручному та автоматичному режимах відповідно до «Інструкції з приготування майонезу у вакуумному змішувачі».

Фасування майонезу проводиться негайно після приготування, оскільки зіткнення з киснем повітря погіршує смак та збереження майонезу. З видаткових баків готовий майонез подається в дозатори фасувально-пакувальних машин, які розливають майонез у полімерні пакети з термозварювальних плівок, скляні банки та ПЕТ - баночки.

Призначення, структура та функції автоматизованої системи управління АСУТП, що розробляється, призначена для управління технологічним процесом виробництва майонезу. За структурою АСУТП, що розробляється, є розподіленою дворівневою. Нижній рівень базується на програмованому мікропроцесорному контролері ADAM-5000, який працює за локальною схемою та відповідає за програмне управління технологічним процесом.

Верхній рівень АСУТП - це обчислювальна машина, на якій реалізуються складні алгоритми управління і вирішуються завдання оптимізації з видачею корекції установок і налаштувань регуляторам нижнього рівня, обробку та надання інформації в більш зручному вигляді.

З центрального пульта управляє всім технологічним процесом, маючи мінімум інформації.

У разі виходу з ладу ЕОМ верхнього рівня, нижній продовжує вести технологічний процес за локальною схемою, навіть не з оптимальними налаштуваннями.

У разі виходу з ладу окремого контуру управління нижнього рівня оператор може вести управління процесом в ручному режимі.

Таким чином, розподілена АСУТП позбавлена недоліків локальної та централізованої систем, отримавши їх переваги – високу ефективність в управлінні та роботі. Тому при розробці нової АСУТП було прийнято саме цю схему.

В даний час широке застосування для роботи на нижньому рівні в розподілених АСУТП та індивідуально отримали програмовані мікропроцесорні контролери.

У даному проекті в якості програмованого мікропроцесорного контролера був прийнятий ADAM - 5000. Застосування на нижньому рівні розподіленої АСУТП контролера, що володіє високою надійністю, а на верхньому рівні - ЕОМ типу Pentium 2 4,3 Гбайта та можливість введення інформації з клавіатури та виведення інформації на друк, дозволило створити систему:

- а) надійну;
- б) високоефективну;
- в) компактну;
- г) легко нарощувану;
- д) переналаштовується на будь-яке виробництво

Контроль рівня в ємності зберігання олії відбувається сигналом 0-5 мА з буйкового рівнеміру надходить на АЦП контролера, далі на процесор де він обробляється. Після обробки контролер посилає вихідний сигнал через електропневматичний перетворювач ЕПП на відсічний клапан.

Заповнення ємності зберігання підготовленої олії відбувається сигналом. Сигнал із контролера через магнітний пускач включає двигун.

Сигнал з термоперетворювача опору надходить на АЦП контролера, а далі на процесор. Одночасно на процесор через АЦП надходить сигнал з датчика тензометричного через нормуючий перетворювач. Якщо температура масла більше 18С, то триходовий клапан через електропневматичний перетворювач ЕПП позиція перемикається в положення повернення, а регулюючий клапан позиція через електропневматичний перетворювач ЕПП. Відповідно до програми контролера відкривається на деяку величину. Якщо температура менше 18 С, а задане значення ваги масла в ємності ЕМ не досягнуто, триходовий клапан перемикається сигналом контролера в положення прямого протікання масла. Одночасно з цим, при досягненні значення ваги масла в ємності ЕМ заданого значення, відкривається клапан відсіку .

Дозування води відбувається сигналом із витратоміра-лічильника надходить на АЦП і далі на процесор де відповідно до програми за заданим співвідношенням необхідна кількість води ділиться на дві ємності: підготовки води та запарювання гірчиці. Т.о. сигнал із процесора через електропневматичні перетворювачі надходить на відсічні клапани позиція відповідно.

Контроль температури у ємності підігріву води відбувається сигналом з термоперетворювача опору надходить на АЦП контролера, а далі на процесор. Якщо температура менше 85 С, через електропневматичний перетворювач ЕПП регулюючий клапан відповідно до програми контролера відкривається на деяку величину. Якщо температура дорівнює 85 С, регулюючий клапан перекриває подачу пари .

Контролює температуру в ємності запарювання гірчиці відбувається за допомогою сигналу з термоперетворювача опору надходить на АЦП контролера, а далі на процесор. Якщо температура менше 40 °С, то через електропневматичний перетворювач ЕПП регулюючий клапан відповідно до програми контролера відкривається на деяку величину. Якщо температура дорівнює 40 С, регулюючий клапан перекриває подачу пари .

Дозування оцтової кислоти в ємність приготування оцтового розчину за допомогою відсічного клапану через електропневматичний перетворювач ЕПП перемикається в положення наповнення ємності приготування оцтового розчину. Відповідно до сигналу від витратоміру-лічильника відмірюється необхідну кількість оцтової кислоти.

Керуюча дія з контролера через електропневматичний перетворювач ЕПП закриває клапан відсіку

Варильна ємність керується сигналом з контролера через електропневматичний перетворювач ЕПП відкриває відсічний клапан для заповнення варильного ємності водою, а через магнітний пускач запускає двигун насоса; відповідно до сигналу від витратоміру-лічильника) відмірюється необхідну кількість води, після чого двигун зупиняється, а клапан закривається.

Потім через електропневматичний перетворювач ЕПП відкривається відсічний клапан і створюється атмосфера розрядження.

Сигнал через магнітний пускач запускає гомогенізатор ГМ, а сигнал контролера, що пройшов через електропневматичний перетворювач ЕПП, перемикає триходовий клапан у положенні циркуляції.

Керуючий сигнал з контролера через електропневматичний перетворювач ЕПП відкриває відсічний клапан, відповідно до сигналу від витратоміру-лічильника відмірюється необхідну кількість ячної пасти, що надходить у вакуумний змішувач через гомогенізатор. Керуюча дія з контролера через електропневматичний перетворювач ЕПП закриває клапан відсіку.

Завантаження соняшникової олії керується сигналом з контролера через електропневматичний перетворювач ЕПП відкриває відсічний клапан, а через магнітний пускач запускає двигун насоса. Після закінчення заданого інтервалу часу двигун зупиняється, а клапан закривається.

Завантаження оливкової олії керується сигналом з контролера через електропневматичний перетворювач ЕПП відкриває відсічний клапан, відповідно до сигналу від витратоміру-лічильника відмірюється необхідну кількість оливкової олії. Керуюча дія з контролера через електропневматичний перетворювач ЕПП закриває клапан відсіку.

Завантаження оцтового розчину керується сигналом з кондуктометричного концентратомера надходить на АЦП контролера, а далі на процесор. Якщо концентрація оцтової кислоти знаходиться в діапазоні 9.9-10,1%, контролер через електропневматичний перетворювач ЕПП відкриває клапан відсіку. В іншому випадку оцтовий розчин доводять до потрібної концентрації шляхом додавання води, а саме сигнал з процесора через електропневматичний перетворювач ЕПП надходить на регулюючий клапан, де по заданій програмі відкривається на деяку величину.

Також сигнал із контролера через магнітний пускач запускає двигун насоса; відповідно до сигналу від витратоміру-лічильника відмірюється необхідну кількість оцтового розчину, після чого двигун зупиняється, а клапан закривається.

Регулювання температури керується сигналом з термоперетворювача опору надходить на АЦП контролера, а далі на процесор. За результатами обробки сигналу, що надійшов, контролер через електропневматичний подає керуючий вплив на регулюючий клапан.

Регулювання частоти обертання керується сигналом 0-5 мА з буйкового рівнеміру надходить на АЦП контролера, далі на процесор де він обробляється. Після обробки контролер посилає вихідний сигнал через регулюючий прилад на електричний тахометр, тим самим, змінюючи частоту обертання оборотів двигуна мішалки і гомогенізатора.

Після завершення варіння майонезу сигнал контролера пройшов через електропневматичний перетворювач ЕПП перемикає триходовий клапан у положенні заповнення проміжної ємності майонезу зберігання; потім у певний момент часу (протягом години) сигнал контролера пройшов через електропневматичний перетворювач ЕПП відкриває відсічний клапан і готовий майонез надходить до фасувальних машин.

1.2. Опис комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для визначення та контролю параметрів виробництва майонезу як об'єкта вимірювання

1.2.1 Дозування компонентів

1.2.1.1 Прекечуївння олії в міксер

Оператор вибирає яку з двох ліній виробництва вибрати для виробництва майонезу. Схему перекачування олії можемо побачити на рис. 1.2.1. Виберається рецепт майонезу за жирністю на пульті керування (панель НМІ). Далі відкривається клапан на одній з ліній виробництва 15Y5 чи 15Y6, після чого вмикається олійний насос який преекачує олію в ємність. Олія проходить через витратомір 20Y2 чи 20Y4 і при досяганні певної витрати олії яка залилася в ємність клапан перекриває трубу та вимикається олійний насос.

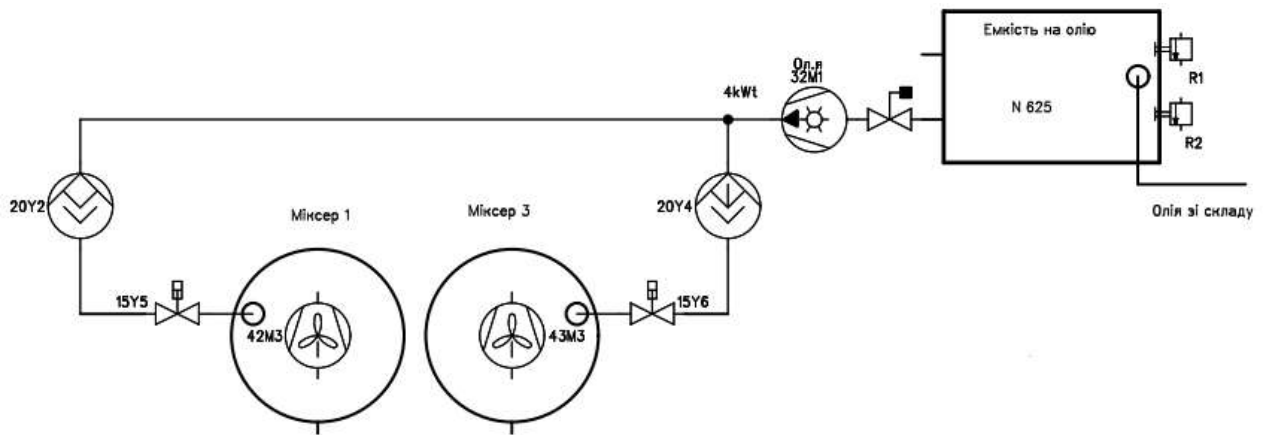


Рис.1.2. Схема перекачування олії в олійний міксер

1.2.1.2 Перекачування води.

В вибрану лінію виробництва подається вода через насос водний. Схему перекачування води можемо побачити на рис. 1.2.2. Відкривається по команді з контроллера клапан 15Y2 чи 15Y3 для окремих ліній виробництва. Через витратомір A12 чи A17 вода подається до певного значення в мішалку і після команди, про проходження певного рівня води через витратомір клапан 15Y2 чи 15Y3 перекривається та вимикається насос водний.

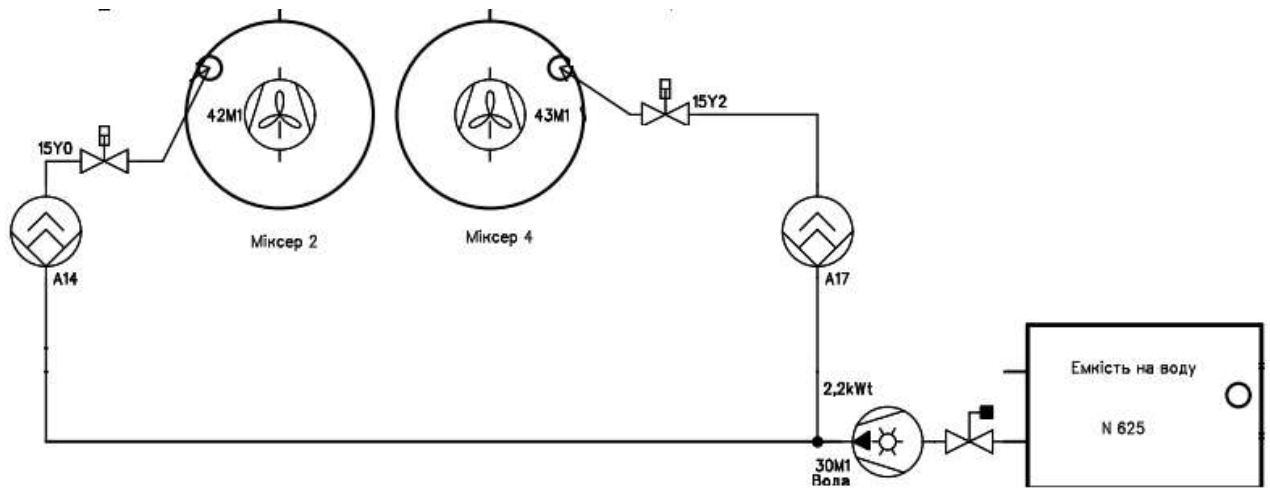


Рис. 1.3 Схема перекачування води в міксер

1.2.1.3 Перекачування оцту

В вибрану лінію виробництва подається оцет через насос оцтовий. Схему перекачування оцту можемо побачити на рис. 1.2.3. Відкривається по команді з контроллера клапан 15Y0 чи 15Y2 для окремих ліній виробництва. Через витратомір A12 чи A16 оцет подається до певного значення в мішалку і після команди, про проходження певного рівня оцту через витратомір клапан 15Y0 чи 15Y2 перекривається та вимикається насос оцтовий.

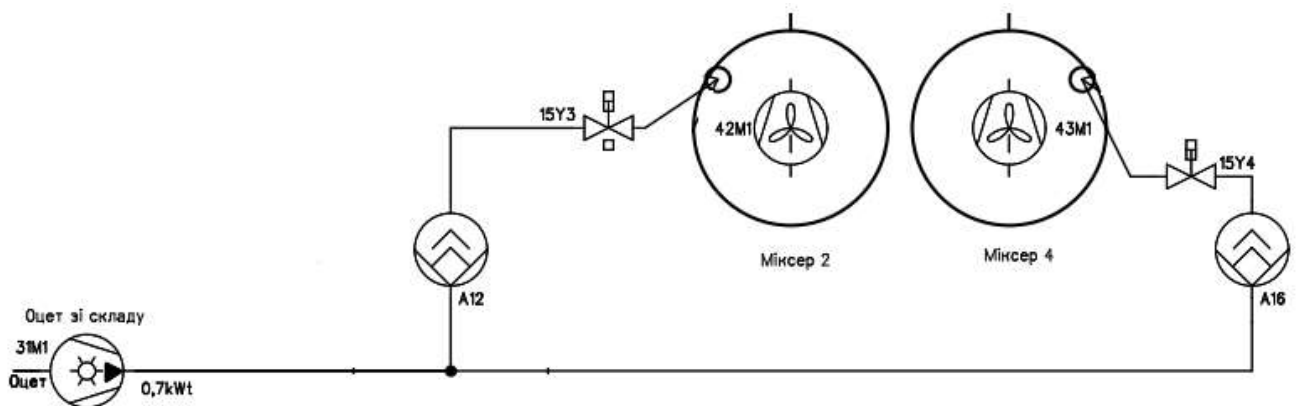


Рис.1.4. Схема перекачування оцету в міксер

1.2.1.4 Перекачування гірчиця

В вибрану лінію виробництва подається гірчиця через насос гірчичний. Схему перекачування гірчиці можемо побачити на рис. 1.2.4. Відкривається по команді з контроллера клапан 16Y0 чи 16Y2 для окремих ліній виробництва. Через витратомір A11 чи A18 гірчиця подається до певного значення в мішалку і після команди, про проходження певного рівня гірчиці через витратомір клапан 16Y0 чи 16Y2 перекривається та вимикається насос гірчичний.

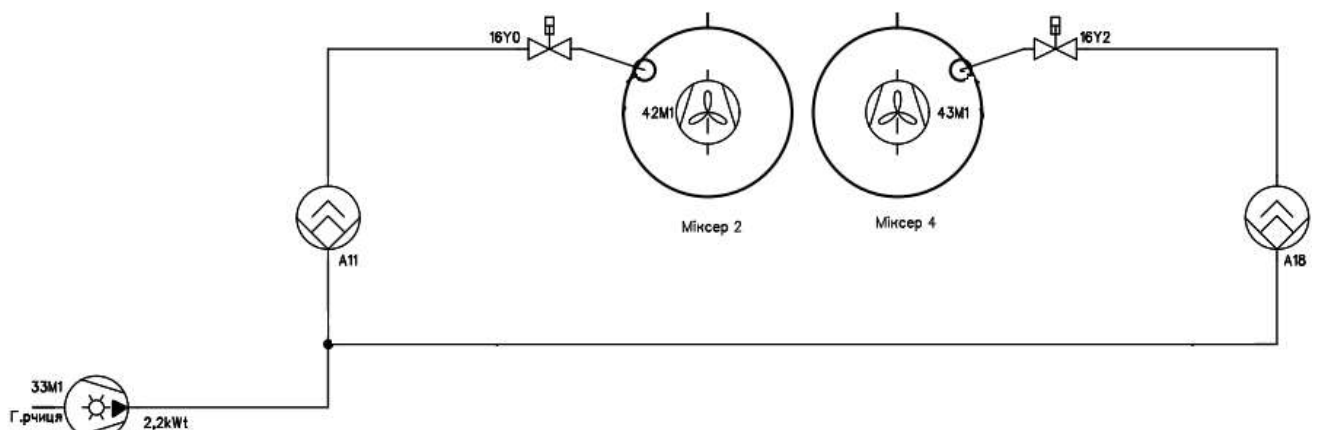


Рис.1.5. Схема перекачування гірчиці в міксер

1.2.1.5 Перемішування рідин.

Після подачі всіх рідин у мішалки вони перемішуються. Також в мішалки засипають сухі інгредієнти (сіль, цукор, спеції, ароматизатори та яєчні жовтки). Після того як рідини перемішувалися певний час, відкривається клапан першої лінії виробництва 17Y0, 17Y2 чи Y18, Y22 другої лінії виробництва, де вони перекачуються з мішалок в гомогенізатор. Перед гомогенізатором відкривається клапан лівого гомогенізатора 16Y3 чи 16Y5 правого гомогенізатору.

1.2.1.6 Гомогенізація рідин

В гомогенізатор перекачується рідина з мішалок. В схемі на рис. 1.2.5 можемо бачити перекачування компонентів майонезу до гомогенізатору. Після

закінчення перекачування рідини клапани лівого гомогенізатора 16Y3 чи 16Y5 правого гомогенізатору перекриваються. Після того як всі клапани перекриті з гомогенізатора починають відкачувати повітря. Завдяки цьому майонез стає більш однорідним на смак, а також збільшується час зберігання через те, що часточки повітря які знаходяться в майонезі виходять з нього.

На рис. 1.2.6 показана повна функціональна схема з усіма етапами перекачування, та перемішування рідин.

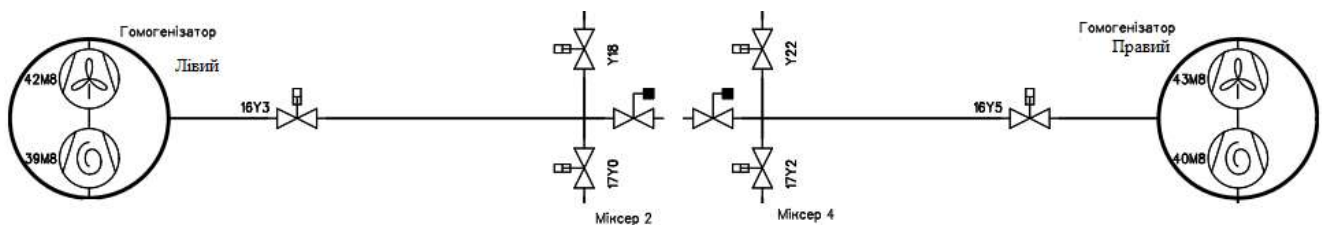


Рис.1.6. Схема перекачування майонезу в гомогенізатор

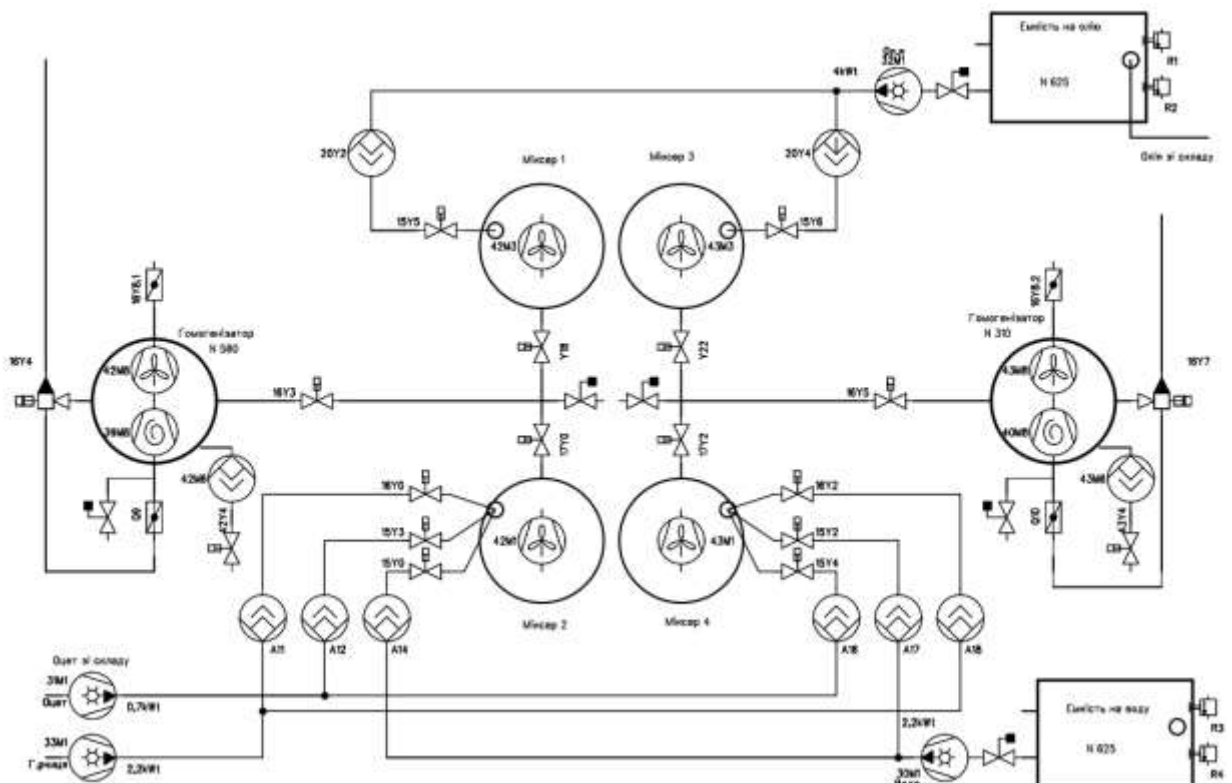


Рис.1.7 Функціональна схема виробництва майонезу

1.2.1.7 Фасування продукції

Готова суміш майонезу відправляється далі в ємність зберігання готової продукції. Далі з ємності зберігання майонез відправляється на конвеєр де майонез заливають в спеціальні пакети, грузять в коробки та відправляють на склад..

1.2.1.8 Вибір рецепту виробництва.

На контроллер заливається рецептура подачі певної кількості рідинних інгредієнтів (олія, вода, оцет та гірчиця).

Вся рецептура ставиться на пароль, для того щоб внести зміни в виробництво майонезу головний оператор вводить пароль, після чого в нього відкривається доступ до зміни подачі інгредієнтів.

Оператор використовуючи шафу керування через сенсорну панель (НМІ) вибирає 1 з 20 рецептів виробництва майонезу. Після чого починається подача рідин в мішалки. Після закінчення перемішування закидаються сухі компоненти. Після чого перемішування продовжується, ще певний час. Після того як час пройшов готова суміш відправляється в гомогенезатор. Після закінчення роботи гомогенезатора суміш береться в лабораторію. Після проходження всіх тестів, майонез відправляється на зберігання в спеціальну ємність.

1.3. Формулювання завдань, що вирішуються в кваліфікаційній роботі

- дослідження технологічного процесу виготовлення майонезу як об'єкта контролю;
- вибір контрольованих параметрів і розробка на їх основі структури КІВС контролю процесу виробництва майонезу;
- розробка програмно-алгоритмічного забезпечення КІВС
- розробити метрологічне забезпечення КІВС шляхом моделювання (експериментальним підтвердженням) метрологічних характеристик (похибок);
-

1.4. Висновки до 1 розділу

У розділі проведено загальний огляд існуючих рішень з вимірювання параметрів виробництва майонезу та побудови інформаційно-вимірювальної системи. Опис комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для визначення та контролю параметрів виробництва майонезу як об'єкта вимірювання. Формулювання завдань, що вирішуються в кваліфікаційній роботі

2. РОЗРОБКА МЕТОДІВ ВИМІРЮВАННЯ ТА СТРУКТУРИ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА МАЙОНЕЗУ

2.1. Фізичні принципи вимірювання і методи вимірювання параметрів виробництв майонезу.

В даному дипломному проекті вимірюються такі величини як:

- 1)Витрата речовини;
- 2)Вакуум;
- 3)Тиск.

2.1.1 Витратомір

Існує ряд приладів для вимірювання витрати рідини, чутливий елемент яких не має безпосереднього з нею контакту, що дозволяє застосовувати їх при агресивних середовищах. До таких приладів відносять електромагнітні (індукційні) витратоміри.

Електромагнітні витратоміри застосовуються для вимірювання витрати електропровідних рідин. Застосовуються для вимірювання в трубопроводах об'ємної витрати водопровідної води, різних розчинів (солей, кислот), пульп, розплавлених металів та інших електропровідних рідин, електрична провідність яких повинна бути не менше електропровідності водопровідної води. Дія їх ґрунтується на тому принципі, що при проходженні в трубопроводі електропровідної рідини поперек силових ліній магнітного поля в ній індукується е.р.с., величина якої визначається за формулою:

$$E = B \cdot I \cdot v_{cp} = \frac{4 \cdot B \cdot Q}{\pi \cdot d}$$

де B – магнітна індукція;

l – відстань між кінцями електродів у трубі з внутрішнім діаметром d ($l=d$), м;

v_{cp} – середня швидкість руху рідини, м/с;

Q – витрата рідини, що протікає, м³ /с.

Таким чином, електромагнітний витратомір являє собою невеликий гідродинамічний генератор змінного струму, що виробляє е.р.с., пропорційну середній швидкості потоку, а отже, і витраті рідини.

Вимір витрати рідини електромагнітним методом здійснюється при використанні як постійного магніту, так і магніту зі змінним магнітним полем. Зазначені способи створення магнітного поля мають свої позитивні і негативні сторони.

Схема електромагнітного витратоміра з постійним магнітним полем зображена на рис. 2.1 Корпус 1 – це відрізок труби, виконаний з немагнітного матеріалу і покритий зсередини електричною ізоляцією (гумою, емаллю, фторопластом та ін.), розміщений між полюсами магніту 2. Магнітні силові лінії спрямовані перпендикулярно до вектора швидкості руху рідини. Через стінку труби ізольовано від неї введені електроди 3, які перебувають у контакті з рідиною. Вся інформація надходить у вимірювальний пристрій 4.

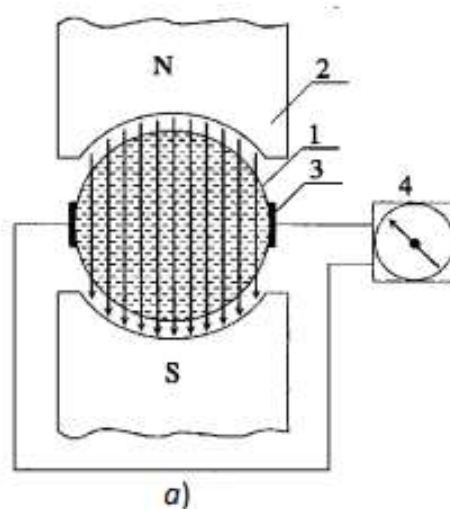


Рис.2.1 Схема електромагнітного витратоміра

Перевагою електромагнітних витратомірів з постійним магнітним полем є те, що значно зменшується проблема, пов'язана з перешкодами від зовнішніх змінних електромагнітних полів, особливо при застосуванні в промислових умовах, де працюють електромотори, магнітні крани, трансформатори та інше електротехнічне

устаткування. До переваг таких витратомірів варто віднести відсутність необхідності в джерелі живлення чутливих елементів, тобто самих електродів, розміщених на трубопроводі, що забезпечує безпеку його роботи і ряд інших факторів.

Основним недоліком магнітних витратомірів з постійним магнітним полем є поляризація електродів, тобто виникнення у позитивного електрода негативних іонів, а у негативного електрода - позитивних іонів. Тому електромагнітні витратоміри з постійним магнітним полем не застосовуються для рідин з іонною провідністю (кислоти, солі, водні розчини різних речовин та ін.). Такі витратоміри набули застосування для вимірювання витрати рідких середовищ із електронною провідністю, до яких відносять розплавлені рідкі метали (натрій, ртуть, залізовуглецеві розплави та ін.) і у яких відсутнє явище поляризації. Можливе застосування таких витратомірів – атомні реактори з розплавленим металевим теплоносієм, плавильні і ливарні агрегати на металургійних заводах та ін.

Для вимірювання витрати середовищ із іонною провідністю застосовуються витратоміри зі змінним магнітним полем, створюваним електромагнітом рис. 2.2. При досить високій частоті електромагнітного поля поляризація електродів практично відсутня.

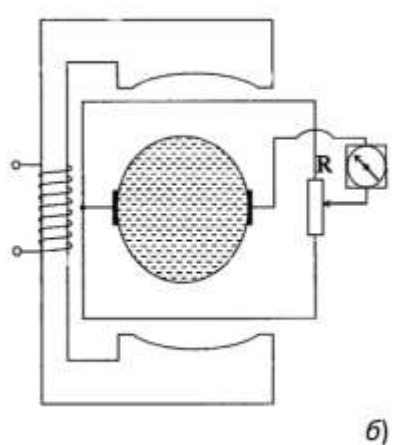


Рис.2.2 Витратомір зі змінним магнітним полем

Електромагнітні витратоміри різних модифікацій мають вбудований у вимірювальний блок мікропроцесорний пристрій, що обробляє інформацію від

датчика витрати, встановленого на трубопроводі, реєструє значення миттєвої витрати і кількості за певний проміжок часу, має можливість передачі даних на ЕОМ інтерфейсом та інші операції.

Переваги електромагнітних витратомірів:

- незалежність показань від в'язкості і густини вимірювального середовища;
- можливість застосування в трубах будь-якого діаметра;
- відсутність втрат тиску в потоці;
- необхідність меншої довжини прямих ділянок труб;
- висока швидкодія. До основних недоліків електромагнітних витратомірів можна віднести:

- непридатні для вимірювання витрат газу і пари;
- непридатні для вимірювання витрати рідин-діелектриків (спирт, нафтопродукти і т.п.)

2.1.2 Вакуумметр

Способи вимірювання вакууму є самостійним розділом вакуумної електроніки, оскільки необхідно вимірювати тиску в діапазоні нижче атмосферного від 760 до 10^{-13} мм рт. Ст. (10^{-10} Па). Універсального методу вимірів, що охоплює цей діапазон тисків, не існує. Тому досліджуються різні фізичні явища і ефекти, на основі яких і розробляються методи вимірювань вакууму.

Гідростатичні (-образні вакуумметри відносяться до *абсолютним манометрам*, що дозволяє безпосередньо вимірювати тиск. Конструкція рідинних манометрів є (/ -образну трубку з сполученими колінами, які заповнені ртуттю або вакуумним маслом з низьким значенням пружності пара. Процес вимірювання тиску зводиться до вимірювання різниці рівнів рідини в колінах, одна з яких пов'язане з вимірюваним обсягом. Діапазон вимірюваних тисків лежить в межах 760- 10^{-2} мм рт. ст.

У деформаційному вакуумметрі тиск вимірюється по деформації пружного датчика типу мембрани або сільфона. Опорним тиском служить атмосферний тиск.

До абсолютних вакуумметрів відносяться компресійний тип, наприклад манометр Маклеода, який використовує закон Бойля-Маріоттгару $= \text{const}$.

Всі інші типи вакуумметрів відносяться до *відносним манометрам* у яких вимірюються фізичні параметри в залежності від тиску, і в подальшому градууються за абсолютними зразковим вакуумметром.

Принцип дії теплових перетворювачів заснований на залежності теплопровідності розрідженого газу від тиску. Передача тепла відбувається від нагрівається електричним струмом тонкої металевої нитки до балона, що знаходиться при кімнатній температурі. Рівняння теплового балансу такого приладу можна представити в наступному вигляді:

$$I_H^2 R = E_K + E_r + E_n + E_m \quad (2.22)$$

де I_H - струм, що проходить через нитку; R - опір нитки; E_K , E_r , E_n , E_m - відповідні значення втрат тепла за рахунок конвекції, теплопровідності газу, випромінювання нитки і теплопровідності матеріалу нитки.

Конвективним теплообміном в області середнього та високого вакууму можна знехтувати,

$$\text{т. е. } E_{\text{до}} \ll 0.$$

Втрати тепла за рахунок теплопровідності через газовий проміжок де до - коефіцієнт теплопровідності газу, A - перетин нитки.

$$E_r \approx \lambda_0 (T_H - T_B) A \quad (2.23)$$

В області високого вакууму коефіцієнт теплопровідності пропорційний тиску газу

$$\lambda_0 = K_r p \quad (2.24)$$

де K_r - коефіцієнт пропорційності.

Втрати тепла випромінюванням і конвективним теплообміном:

$$E_n = K_n (T_H^4 + T_B^4) A$$

тут A - площа поверхні нитки; D_{o1} - коефіцієнт випромінювання матеріалу нитки; T_i і $T_{\text{до}}$ - відповідно температури нитки і балона.

Теплові втрати нитки за рахунок передачі теплоти за матеріалами нитки і електродів, що з'єднують нитку з корпусом перетворювача,

$$E_m = \lambda(T_H - E_B)A$$

де λ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу нитки, A - перетин нитки.

Тоді вимірювальне рівняння теплового перетворювача з урахуванням рівнянь (2.22), (2.23) і (2.24) можна записати так:

$$p = \frac{I_H^2 R - (E_n + E_m)}{K_T(T_H - T_B)} \quad (2.25)$$

Точніше вимірювання тиску може бути досягнуто за умови, щоб E_m становило значну частку від $E_n + E_m$ т. Е. Щоб сума $E_n + E_m$ була істотно менше потужності $I_H^2 R$, що виділяється в нитки манометра. Ця умова визначає нижню межу вимірювань вакууму тепловим перетворювачем

$$I_H^2 R - (E_n + E_m) \geq 0,001 \cdot I_H^2 R$$

З рівняння (2.25) видно, що тиск є функцією двох змінних: струму розжарення і температури нитки T_n .

Існує два методи роботи теплових манометрів: в режимах постійної температури нитки і постійного струму розжарення. Градувальні криві теплового манометра показані на рис. 2.3 для обох методів роботи. Вони являють собою в середній частині параболу і гіперболу. Кінці градувальних кривих у верхнього і нижнього меж вимірювання вже не описуються рівнянням (2.25) і переходять в лінії, паралельні осі тиску.



Рис. 2.3. Градувальні криві теплового перетворювача: а - при постійному струмі розжарення; б - при постійній температурі нитки

Для збільшення верхньої межі вимірювань тепловим перетворювачем слід зменшувати його габарити, внаслідок чого збільшується ставлення L/d і зсувається

межа низького вакууму в сторону більш високих тисків. Залежність коефіцієнта конвективного теплообміну від тиску використовується для вимірювання тиску в області низького вакууму. Недоліком цього способу є залежність показання приладу від його положення в просторі.

Нижня межа вимірювання теплових перетворювачів можна оптимізувати шляхом зменшення частки $\epsilon_{\text{Ц}} + E_{\text{м}}$ в сумі теплових втрат нитки. Цього можна досягти зниженням температури нитки і зменшенням діаметра вводів, що з'єднують нитку з балоном.

$$p_1 K_{T1} = p_2 K_{T2} = \dots = p_i K_{T_i} = p_n K_{Tn}$$

Показання теплових перетворювачів визначаються співвідношенням (2.24) і залежать від роду газу. Перетворювач буде давати однакові показання при виконанні наступних умов:

Випускаються промисловістю прилади проградуировані по сухому повітрю. Якщо необхідно виміряти тиск інших газів, то потрібно враховувати відносну чутливість приладу до даного газу

$$p_1 = p_8 \frac{K_{TB}}{K_n} = p_B q \quad (2.26)$$

де p_n і K_{TH} - тиск і коефіцієнт теплопровідності повітря; $d, = D_{o_{\text{тя}}} / K_b$ - коефіцієнт відносної чутливості теплового перетворювача до даного газу. Якщо перетворювач вимірює тиск суміші газів, то його свідчення будуть виражені в повітряному еквіваленті p_n :

$$p_1 K_{T1} + p_2 K_{T2} + \dots + p_i K_{T_i} = p_n K_{Tn} \quad (2.27)$$

Для повітря сума в (2.27) дорівнює $p_M K_{/t}$ а коефіцієнт відносної чутливості теплового перетворення до даного газу набуде вигляду $q, = K_{Гв} / K_n$ -

Так як з визначення відносної чутливості слід, що $p_n = p^{\wedge} / q_{tm}$. Тоді можна записати: $p_{cm} / q_{cm} = p_1 / q_1 + p_1 / q_1 + \dots p_n / q_n$

Розділивши обидві частини рівняння на $p^{\wedge}$, отримаємо

$$\frac{1}{q_{cm}} = \frac{V_1}{q_1} + \frac{V_2}{q_2} + \dots + \frac{V_n}{q_n}$$

де $V \dots V''$ - об'ємні концентрації відповідних газів, причому $V / V, = 1$.

Таким чином, коефіцієнт відносної чутливості для суміші газів визначається за формулою

$$\frac{1}{q_{cm}} = \sum \frac{V_i}{q_i} \quad (2.28)$$

Теплові перетворювачі в залежності від способу вимірювання температури діляться на термопарніє і перетворювачі опору.

У термопарного перетворювачі (рис. 2.4, а) температура нитки / вимірюється термопарою 2. Електроди розташовані в скляному або металевому балоні 3, що має патрубок для підключення до вакуумної системи. Термо-ЕРС термопари вимірюється мільзивольтметром. струм напруження нитки регулюється реостатом і вимірюється мільіамперметром.

У перетворювачі опору для вимірювання температури використовується залежність опору нитки від температури. Він включається в бруківку схему (рис. 2.4, б). Струм розжарення нитки вимірюється мільіамперметром, включеним в той же самий плече моста, що і перетворювач, а температура нитки - по току гальванометра в вимірювальній діагоналі моста. Струм розжарення регулюється реостатом.

Обидва перетворювача можуть працювати як в режимі постійного струму накали, так і в режимі постійної температури нитки.

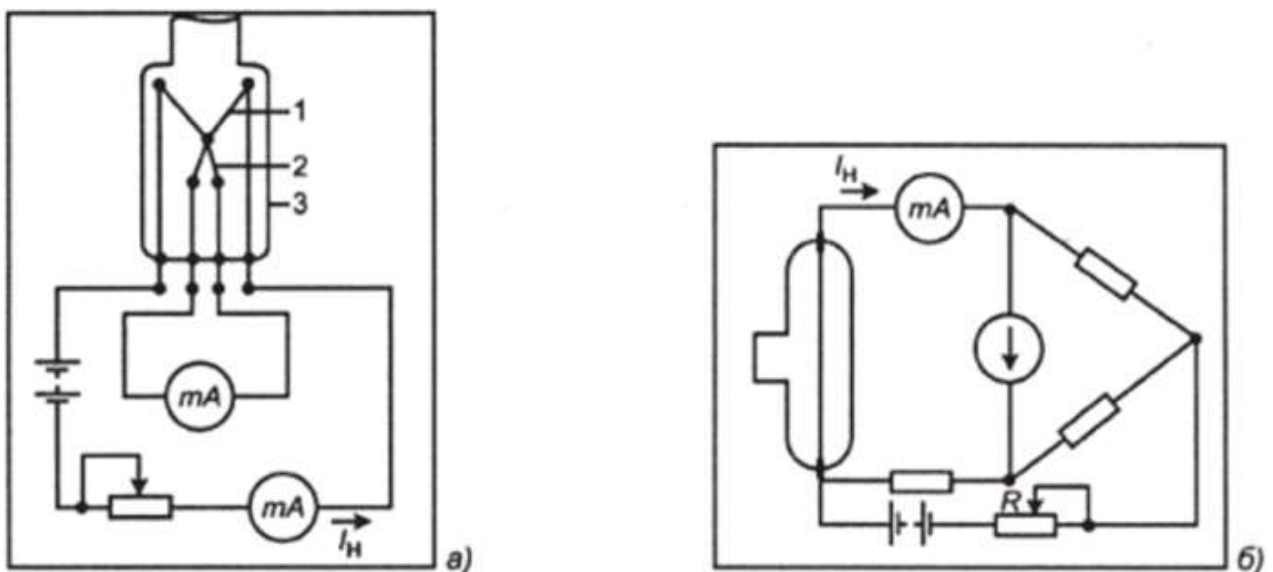


Рис. 2.4. Схеми теплових перетворювачів: а - термопарного; б - перетворювача опору. 1 - нитка розжарення; 2 - термопара; 3 – балон

Перевагою теплових перетворювачів є те, що вони вимірюють загальний тиск всіх газів і парів, присутніх у вакуумній системі, а також забезпечують безперервність вимірювання тиску. Інерційність показань, пов'язана з тепловою інерцією нитки, змінюється від декількох секунд при низькому тиску до декількох мілісекунд при високому тиску.

Теплові перетворювачі як прилади для відносних вимірювань тиску зазвичай градууються по компрессионному манометру. Діапазон вимірюваних робочих тисків лежить в межах 10^{-2} -КГ * мм рт. ст. (5×10^{-3} -10 " Па).

В основі принципу дії *електронних іонізаційних вакуумметрів* лежить пряма залежність між тиском залишкових газів і іонним струмом, що утворився в результаті іонізації молекул газу термоелектронів.

Існує дві схеми електронного перетворювача: з внутрішнім і зовнішнім колектором, реалізованих на базі тріодної конструкції.

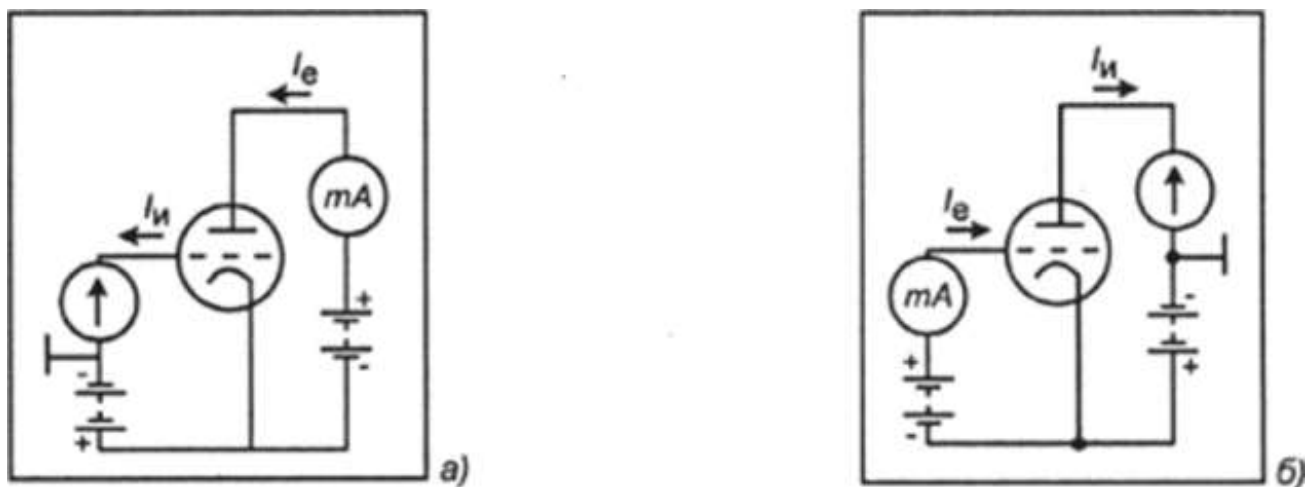


Рис. 2.5. Схеми електронних перетворювачів: а - з внутрішнім колектором; б - із зовнішнім колектором.

Схема з внутрішнім колектором (рис. 2.5, а) аналогічна звичайному тріода. Колектором іонів є сітка, на яку відносно катода подається негативна напруга величиною в кілька десятків вольт. На анод подається відповідно позитивне напруга 100-200 В. Електрони на шляху від катода до анода (струм I_e) соударяються з молекулами залишкових газів і іонізують їх. Утворилися позитивні іони потрапляють на сітку, створюючи іонний струм I_i , вимірюється гальванометром.

У схемі з зовнішнім колектором (рис. 2.5, б) потенціали сітки і анода міняються місцями, і колектором стає анод. Електрони, які летять від катода до сітки, роблять навколо її витків ряд коливань, що збільшує довжину траєкторії електронів і підвищує ймовірність іонізації молекул залишкових газів. Це робить схему з зовнішнім колектором більш чутливою, незважаючи на те, що частина позитивних іонів, що утворилися між сіткою і катодом, не бере участі в вимірі тиску.

Для електронного перетворювача справедливо рівняння:

$$dN = np\varepsilon \cdot dr \quad (2.29)$$

де dN - число позитивних іонів; n - число електронів; dr - елементарна довжина траєкторії електронів; ε - ефективність іонізації, що дорівнює кількості позитивних іонів, що утворюються одним електроном на одиниці шляху при одиничному тиску.

Якщо ввести в рівняння (2.29) електричний струм $I_e = n / t$, то отримаємо

$$dN / t = I_e p \varepsilon \cdot dr$$

Інтегруючи це рівняння по всій довжині траєкторії електрона з енергією, більшою потенціалу іонізації, отримаємо вираз для іонного струму яке перепишемо у вигляді

$$I_H = I_e p \int_{r_1}^{r_2} \varepsilon \cdot dr$$

$$I_n = K_H I_e p \quad (2.30)$$

Вираз (2.30) називається рівнянням електронного перетворювача. Для того щоб вимірюваний іонний струм був пропорційний тиску, необхідно під час вимірювання підтримувати постійне значення електричного струму. Тоді $a - !_e$ КЦ - постійна електронного манометра, яка дорівнює тангенсу кута нахилу градуовальної кривої $I_H(p)$ до осі тиску.

Конструкція електронного перетворювача із зовнішнім колектором представлена на рис. 2.6, а. Колектор іонів 1 має форму циліндра з електричним вводом в верхній частині балона, сітка 2 - форму подвійної спіралі з двома висновками для знегажування шляхом пропускання електричного струму. Катод 3 виготовлений з вольфраму. Постійна a при струмі емісії 5 мА для типового

перетворювача становить приблизно 10^{-3} А / Па. Межі тисків, які можуть бути виміряні таким манометричним перетворювачем, становлять 10^{-1} - 10^{-10} мм рт. ст. ($1 \cdot 10^{-5}$ Па).

Верхня межа вимірювання типового електронного перетворювача складає приблизно 1 Па і відповідає порушенню лінійності градувальної характеристики, коли середня довжина вільного пробігу електрона в обсязі приладу стає менше величини пробігу електрона між електродами. Для розширення верхньої межі можна зменшити відстань між електродами. Щоб катод не згорів при таких високих тисках, його виготовляють з оксидів рідкоземельних металів.

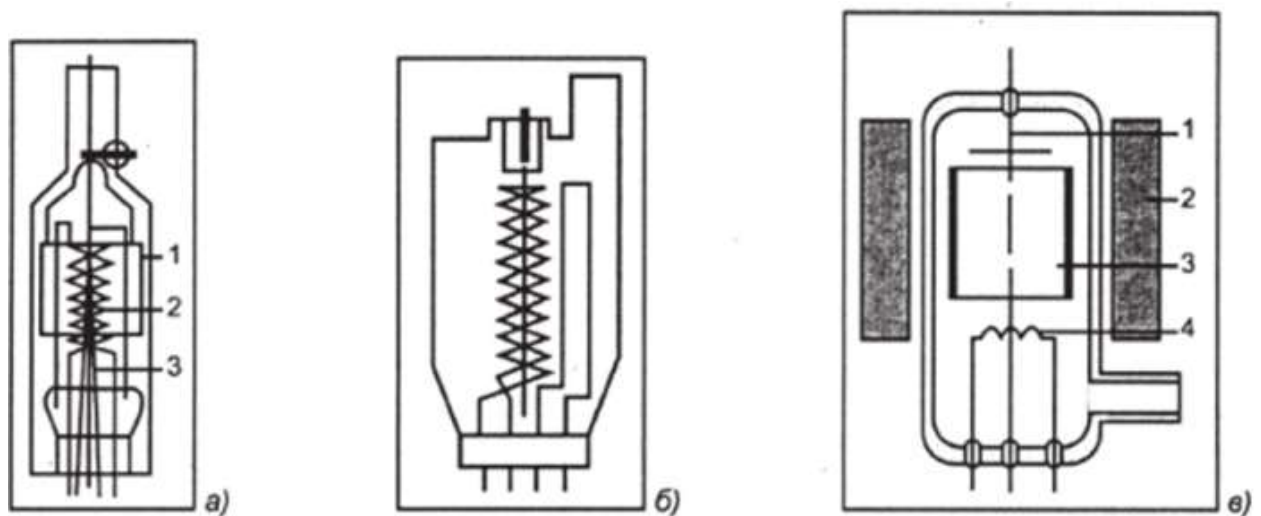


Рис.2.6 Конструктивні схеми електронних перетворювачів: а - із зовнішнім колектором; б - з осьовим колектором; в - з магнітним полем.

Нижня межа вимірювання визначається фоновими струмами в ланцюзі колектора, що виникають через емісію фотоелектронів в результаті м'якого рентгенівського випромінювання анодної сітки і ультрафіолетового випромінювання розжареного катода. Рентгенівське випромінювання анодної сітки є результатом її бомбардування електронами. Автоелектронна емісія колектора з'являється під дією різниці потенціалів 200-300 В між колектором і анодною сіткою і вносить додаткову складову в фоновий струм.

Фонові електронні струми мають однаковий напрямок з іонним струмом і тому надають однаковий вплив на вимірювальні прилади. Максимальним фоновим струмом є струм рентгенівського випромінювання, пропорційний емісійного току:

$$I_{\phi} = K_s I_e$$

де K_g - коефіцієнт пропорційності.

З урахуванням фонових струмів рентгенівського випромінювання рівняння електронного перетворювача можна записати в наступному вигляді:

$$I = I_n + I_{\phi} = I_e (K_s + K_n p)$$

а нижня межа вимірювання визначити співвідношенням іонного і фонового струмів:

$$\frac{I_n}{I_{\phi}} = \frac{K_n}{K_s p} \quad (2.31)$$

Таким чином, для розширення нижньої межі вимірювання за допомогою електронного вакуумметра потрібно при постійному тиску p збільшити коефіцієнт K_i чи зменшити D_o .

Для зменшення фонових струмів і, отже, постійної K_s був запропонований перетворювач з осьовим колектором (рис. 2.6, б), в якому катод і колектор помінялися місцями. Це значно зменшило тілесний кут, в якому рентгенівське випромінювання сітки потрапляє на колектор. Це призвело до зменшення K_s приблизно в 1000 разів у порівнянні з конструкцією, наведеної на рис. 2.6, а, і розширило нижню межу вимірювання тиску до 10^{-10} мм рт. ст. (10^{-8} Па).

Чутливість D_o можна збільшити, якщо помістити перетворювач в магнітне поле (рис. 2.6, в). Електрони від катода до анода в цьому випадку рухаються по спіралі. В електронному перетворювачі з магнітним полем, створеним котушкою 2 і спрямованим паралельно осі анода 1, катод 4 - термоелектронний, а колектор / розташований у верхній частині балона. За рахунок збільшення чутливості такий перетворювач має нижню межу на 2-3 порядки нижче, ніж конструкція перетворювача, показана на рис. 2.6, а.

Електронний перетворювач має неоднакову чутливість до різних газів, т. К. Ефективність іонізації залежить від роду газу.

Якщо перетворювач проградуирован по повітрю, а застосовується для вимірювання тиску інших газів, то необхідно враховувати відносну чутливість R . З умови рівності іонних струмів запишемо

$$K_1 p_1 = K_2 p_2 = \dots = K_i p_i = K_B p_B$$

$$p_i = p_B / R_i$$

Звідки де $R_i = K_j K_{ff}$ - відносна чутливість до даного газу. При вимірі тиску суміші газів з умови рівності іонних струмів маємо

$$K_{cm} p_{cm} = K_1 p_1 + K_2 p_2 + \dots + K_n p_n$$

Поділивши отримане рівняння на D_{o_n} , отримаємо звідки

$$\frac{K_{cm} p_{cm}}{K_B} = K_1 p_1 + K_2 p_2 + \dots + K_v p_v$$

$$R_{cm} = \sum_{i=1}^n k_i p_i$$

$$v_i = p_i / p_{cm}$$

Помітні помилки вимірювання виникають у разі, якщо швидкість відкачування електронних перетворювачів в конструкціях перетворювачів, що приєднуються через трубку з малою провідністю, становить $KГ^{-1} \cdot 10^{-1}$ л / с.

Додаткові джерела похибки вимірювання пов'язані з хімічним взаємодією газів з напруженим катодом і іонної десорбцією під впливом електронного бомбардування газів, хімічно поглинених анодом.

Принцип дії магнітних перетворювачів для вимірювання вакууму заснований на залежності струму самостійного газового розряду в схрещених магнітному та електричному полях від тиску. Електродні системи, що забезпечують підтримку самостійного газового розряду при високому і надвисокому вакуумі, бувають декількох видів.

Осередок Пеннінга (рис. 2.7, а) складається з двох дискових катодів / і циліндричного анода 2, в магнетронном перетворювачі (рис. 2.7, б) на відміну від осередку Пеннінга катоди з'єднані між собою центральним стержнем; в інверсно-магнетронном перетворювачі (рис. 2.7, в) центральний стрижень виконує роль анода, а зовнішній циліндр стає катодом.

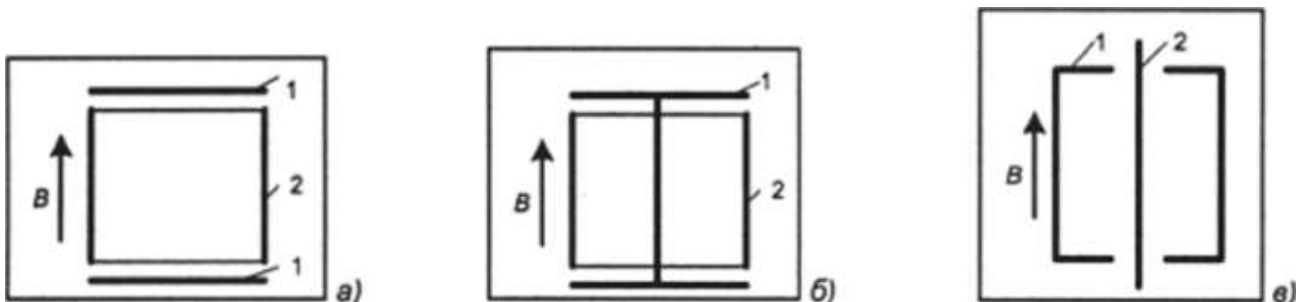


Рис. 2.7 Електродні системи магнітних перетворювачів: а - осередок Пеннінга; б - магнетрон; в - інверсно-магнетрона

Всі електроди знаходяться в постійному магнітному полі. На анод подається позитивний щодо катода напруга 2-6 кВ, при цьому катод заземлений і з'єднується з входом підсилювача постійного струму.

В осередку Пеннінга елеюрони рухаються по спіральних траєкторіях між катодними пластинами.

У конструкціях, показаних на рис. 2.7, а, б, емітовані електрони рухаються в схрещених електричному і магнітному полях. Траєкторія їхнього руху описується

рівнянням циклоїди, утвореної окружністю діаметром $D = 2mFKqB^2$ ^ котиться по колу радіуса r з кутовою частотою обертання $\omega = qB / m$ і тангенціальною швидкістю $v_r = E / B$, де E - напруженість електричного поля; B - магнітна індукція; m і q - маса і заряд електрона.

Магнітна індукція B вибирається більше критичного значення, що відповідає рівності діаметра електрода і діаметра окружності, по якій рухається електрон, і становить в сучасних приладах приблизно 0,1 Тл.

При зіткненні з молекулою залишкового газу електрон втрачає частину енергії на її іонізацію і переміщається в радіальному напрямку до анода. У зв'язку з тим, що радіальна швидкість електронів значно менше, ніж тангенціальна, при низькому тиску в розрядному проміжку утворюється негативний об'ємний заряд.

Позитивні іони, що утворилися в результаті зіткнення з електронами, рухаються до катода. Так як їх маса значно більше, ніж у електрона, то магнітне поле практично не впливає на траєкторію руху іонів. Зіткнення позитивних іонів з катодом призводить до появи вторинних електронів, струм яких пропорційний іонного струму.

Таким чином, розрядний струм магнітного перетворювача

$$I_p = I_\phi + I_n + I_B$$

де I_ϕ - фоновий струм автоелектронної емісії; I_n - іонний струм; I_B - струм вторинної електронної емісії.

Струм автоелектронної емісії не залежить від тиску і тому може вважатися фоновим струмом; іонний і струм вторинної електронної емісії залежать від тиску:

$$I_n + I_B = ap^n$$

де $a = 10^{-2} \dots 10^{-1}$ А / Па і $n = 1 \dots 1,4$ - постійні.

З огляду на цю залежність і нехтуючи фоновому струмом, отримаємо вимірювальне рівняння магнітного перетворювача тут $D_{oi} - ap^{-1}$ - чутливість приладу. Розрядний ток магнітного перетворювача нелінійно залежить від тиску.

$$I_p = K_n p$$

Верхня межа вимірювання пов'язаний з обмеженням максимального розрядного струму баластних опором, що захищає вимірювальний прилад від виникнення дугового розряду. Для розширення верхньої межі виміру слід зменшити анодна напруга і розміри розрядного проміжку. Зазвичай верхня межа вимірювання знаходиться в області тисків 10-100 Па.

Нижня межа вимірювання визначається часом запалювання розряду і значенням фоновому струму. У сучасних приладах він становить 10^{-10} Па. Для зменшення фоновому струму застосовуються спеціальні екрани 3 (рис. 2.8), розташовані в проміжку між катодом 2 і анодом 1, де напруженість електричного поля максимальна. Велика частина фоновому струму в цьому випадку переходить на корпус, минаючи мікроамперметр, яким вимірюється розрядний струм.

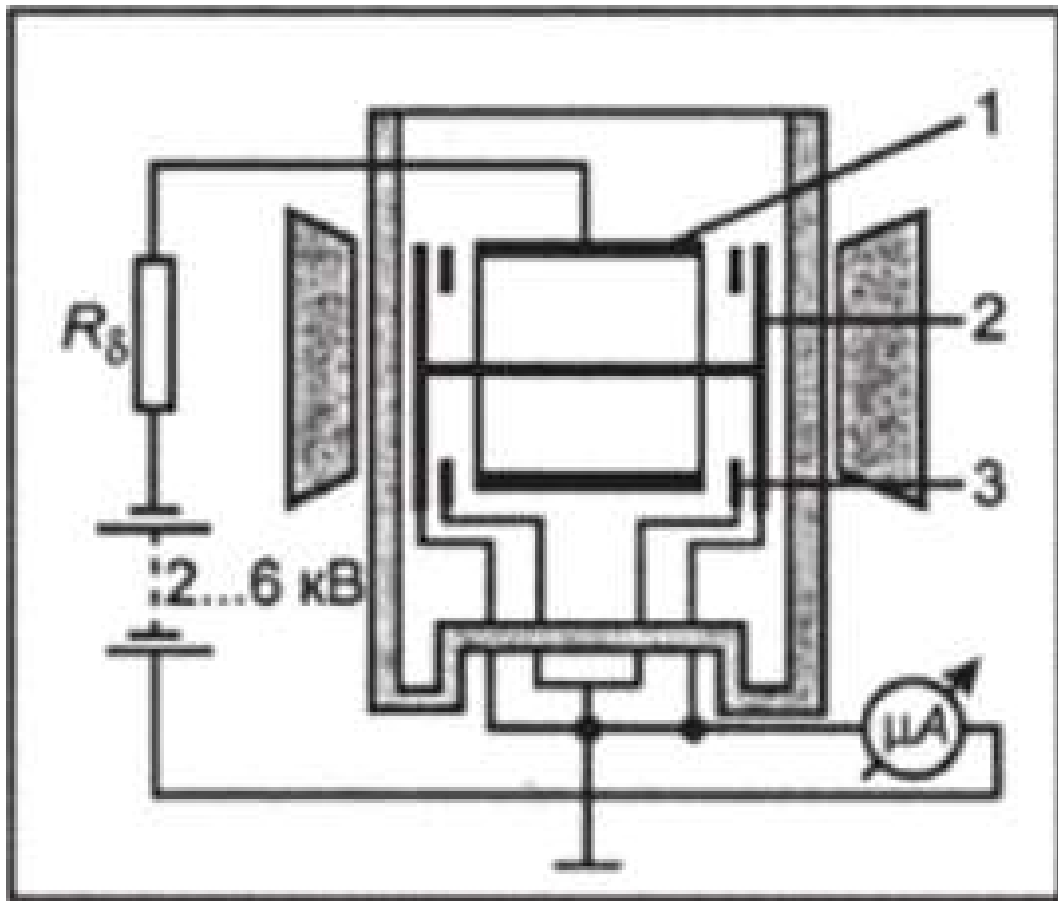


Рис. 2.8. Схема магнетронного перетворювача зі зменшеними фоновими струмами

Для забезпечення запалювання розряду при низькому тиску необхідно підвищувати анодну напругу і збільшувати розміри розрядного проміжку.

Для полегшення запалювання розряду в надвисокому вакуумі на екранних пластинах встановлюють гострі голки, які збільшують автоелектронну емісію. Найбільш надійним способом забезпечення швидкого запалювання розряду є використання нагріваються елементів, включення яких призводить до різкого підвищення тиску і термемісії електронів.

При застосуванні сильних магнітних полів ($B > 0,1$ Тл) значення постійної n у формулі, яка описує чутливість приладу, прагне до одиниці. При цьому діапазон роботи приладу розширюється як в області низьких, так і високих тисків.

Магнітні перетворювачі, так само як і електронні, мають неоднакову чутливість до різних газів. Швидкість відкачки коливається для різних перетворювачів в залежності від роду газу і режимів роботи в межах від 10^{-2} до 1 л

/ с, що значно більше, ніж для електронних. Це призводить до збільшення похибки вимірювань при наявності вакуумного опору між перетворювачем і вакуумною камерою.

Перевагою магнітного перетворювача перед електронним є більш висока надійність в роботі у зв'язку з заміною напруженого катода холодним. До недоліків можна віднести нестабільність, пов'язану з коливаннями роботи виходу електронів при забрудненні катодів.

Ці нестабільності особливо помітні при роботі перетворювача в вакуумних системах, де в якості покриттів поверхні електродів використовуються масляні діелектричні плівки. Продукти розкладання парів масел, що виникають при іонному бомбардуванні, можуть в кілька разів змінити постійну перетворювача. Щоб уникнути цього необхідно застосовувати самоочищаються магнітні перетворювачі, що працюють на змінному струмі. В таких перетворювачах катод і анод міняються місцями відповідно до напівперіодами напруги живлення, а очищення їх поверхонь здійснюється іонним бомбардуванням.

На рис. 2.9 систематизовані методи вимірювання тиску залишкових газів і діапазони вимірювання. Штриховий лінією позначені граничні тиску.

Сучасна вакуумна техніка дозволяє отримувати і вимірювати тиску в 10^{-1} * разів менше атмосферного, але навіть такий стан газу ще не можна назвати ідеальним вакуумом, оскільки в 1 м^3 такого вакууму містяться сотні молекул газу. Ідеальний вакуум як середовище, в якому можуть поширюватися гравітаційне, електромагнітне та інші поля, до сих пір є предметом ретельного дослідження сучасної теоретичної фізики.

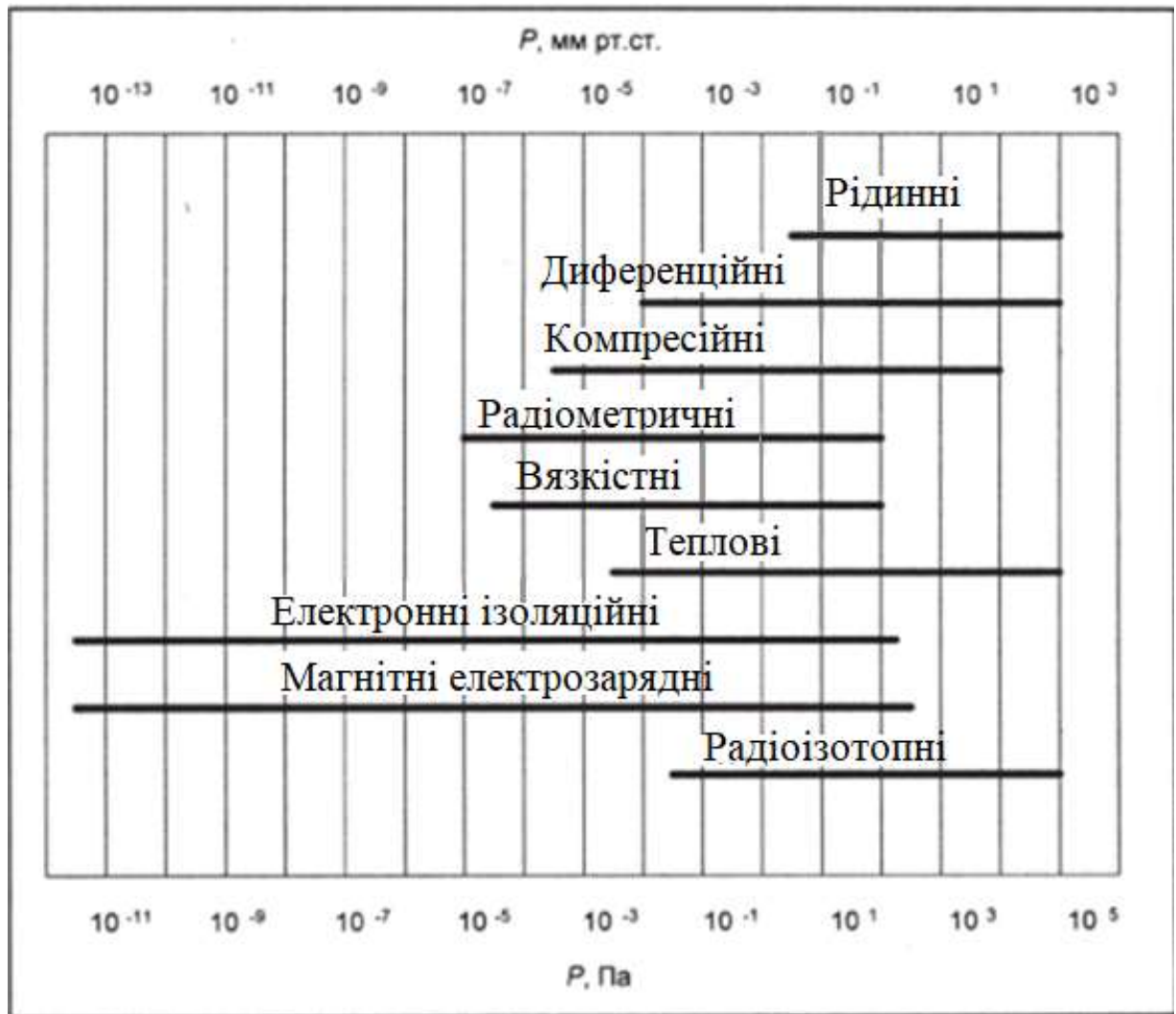


Рис. 2.9. Діапазони вимірювання тиску вакуумметрами різних типів.

У квантовій теорії поля введено таке поняття як фізичний вакуум. Це нижчу енергетичне стан квантових полів, яке характеризується відсутністю реальних частинок.

2.1.3 Частота обертання та залежність робочих характеристик електричного двигуна від частоти обертання.

Частота обертання насоса є число обертів валу насоса в одиницю часу, позначається літерою n і вимірюється в обертах за хвилину (об/хв). Частота обертання насосів, що приводяться в дію індукційними двигунами з частотою напруги живлення 50Гц, становить 2750 - 2950 оборотів за хвилину для 2-х полюсного двигуна і 1375 - 1475 оборотів за хвилину для 4-х полюсного двигуна.

Інша частота обертання валу двигуна також допускається для роботи насосного обладнання при дотриманні та в межах розрахункових обмежень.

З курсу електротехніки загальновідомо, що частота обертання магнітного поля в електродвигуні пропорційна напрузі ланцюга живлення. При частоті напруги мережі 50 Гц синхронна частота n_1 обертання магнітного поля становить 3000 оборотів на хвилину. Так як насоси приводяться в дію в переважній більшості випадків асинхронними двигунами частота обертання валу асинхронного двигуна завжди буде нижчою за синхронну частоту обертання магнітного поля з урахуванням величини ковзання. Обертання ротора асинхронного двигуна пов'язано формулою з числом пар полюсів, ковзанням і частотою напруги живлення:

$$n = n_1 (1 - s) = (60f_1 / p) (1-s).$$

Формула показує, що для зміни частоти обертання валу асинхронного двигуна достатньо внести зміни в кількість пар полюсів (p), ковзання ротора (s) або змінити частоту напруги живлення (f_1).

Регулювання оборотів електродвигуна шляхом зміни числа пар полюсів дозволяє отримати лише ступінчасту зміну швидкості обертання, що часто виявляється неприйнятним для забезпечення необхідних параметрів електронасоса. Виняток становить низку циркуляційних насосів, що допускають ступінчасте регулювання. Для асинхронних двигунів насосів з короткозамкненим ротором регулювання числа обертів двигуна зміною ковзання не застосовується. Зміна частоти напруги живлення - найбільш прийнятний, ефективний і досконалий спосіб регулювання, що дозволяє забезпечити безступінчасту плавну зміну гідравлічних, електричних і механічних характеристик електронасоса. Але сьогодні цей спосіб регулювання вимагає застосування додаткового устаткування управління - перетворювача частоти асинхронного двигуна.

За відсутності впливу кавітації на роботу насоса зміна частоти обертання електродвигуна супроводжуватиметься зміною характеристик насоса відповідно до законів подібності:

1. Продуктивність Q пропорційна відношенню частоти обертання:

$$Q_2 = Q_1 \times (n_2 / n_1)$$

2. Манометричний напір H пропорційний відношенню частоти обертання у квадраті:

$$H_2 = H_1 \times (n_2 / n_1)^2$$

3. Потужність N пропорційна відношенню частоти обертання в кубі:

$$N_2 = N_1 \times (n_2 / n_1)^3$$

Як видно з формул подібності незначна зміна частоти обертання валу супроводжується значними змінами споживання електроенергії. Наприклад, відцентровий насос, що працює з живленням від мережі 50 Гц, зі швидкістю обертів двигуна 2950 об/хв, при зменшенні частоти в мережі до 40 Гц, знизить кількість обертів відповідно до 2360 об/хв і продуктивність на 20%. При цьому відповідно до законів подібності споживання енергії скоротиться на 50%.

2.2. Структурна схема комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для визначення та контролю параметрів виробництва майонезу

Контролер - електронна система, основним призначенням якої є керування, що ми можемо бачити на рис. 2.10.

- На структурній схемі бачимо, що контролер дає команди, та приймає данні з частотних перетворювачів, які в свою чергу запускають електричні насоси.
- Приймає данні з витратомірів, датчиків рівня, тиску та вакуумметрів.
- Також є можливість взаємодіяти, та змінювати данні в контролері за допомогою панелі керування (НМІ).



Рис.2.10 Структурна схема отримання, та обміном даними з електричними приладами.

Вакуумметр 1 та 2 вимірюють вакуум в гомогенізаторі 1 в лівому, а 2 в правому.

Датчики тиску 1 та 2 вимірюють тиск в гомогенізаторі 1 в лівому, а 2 в правому.

Датчик рівня 1 встановлюється в складському приміщенні у 10000 літрову ємність для олії.

Датчик рівня 2 встановлюється в складському приміщенні у 10000 літрову ємність для оцту.

Витратоміри використовуються для відстежування використання рідини.

2.3. Висновки до 2 розділу

У 2 розділі було розглянуто фізичні принципи вимірювання і метод вимірювання параметрів виробництв майонезу, а також було розглянуто структурну³ схему комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи для визначення та контролю параметрів виробництва майонезу

3. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КАНАЛУ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА МАЙОНЕЗУ

3.1. Вимірювальні прилади

Вимірювальні прилади – це засоби вимірювання, які проводять вимірювальне перетворення, відтворення величини заданого розміру, порівняння із мірою. У сучасному світі на зміну старим механічним приладам найчастіше приходять цифрові. Вони показують результати вимірів як чисел.

3.1.1. Датчик рівня

Датчик предельного уровня Endress+Hauser Liquiphant T FTL 260

Датчики граничного рівня рис. 3.1 Liquiphant T FTL260 для будь-яких типів рідких робочих середовищ. Датчики встановлюють в очисних та фільтраційних системах, на різних трубопроводах, у резервуарах з охолоджувальними рідинами та мастильними матеріалами, у системах захисту насосів від сухого ходу.

Принцип дії датчика ґрунтується на коливаннях вилки з певною частотою, що викликається п'єзоелектричним пристроєм і яка змінюється при зануренні вилки у рідину, що вимірюється. Ці зміни відстежуються електронікою датчика, який виводить інформацію про коливання вилки. Датчик встановлюється у робочу лінію у довільному положенні.



Рис. 3.1 Датчик рівня Liquiphant T FTL20H

Переваги та особливості датчиків Liquiphant T FTL20:

- Надійне та безпечне застосування, яке здійснюється за допомогою вимірювального методу вібраційної вилки;
- Легкість контролю за допомогою індикаторів;
- Компактність конструкції забезпечує простоту монтажу в обмеженому просторі;
- Корпус виготовлений із нержавіючої сталі.

Таблиця. 3.1 Характеристика датчика рівня Liquiphant T FTL20H

Максимальна робоча температура	150 °C
Мінімальна робоча температура	-40 °C
Робочий максимальний тиск	40 бар
Мінімальна щільність робочого середовища	0,7 г/л
Максимальна в'язкість	10000 мм²/с
Підключення до робочого процесу відбувається за допомогою різьбового з'єднання	G, R чи NPT діаметром 10мм

3.1.2. Датчик тиску Festo VPEV-1/8

Механічний вакуумний вимикач рис. 3.2 vrev-1/8 розмикає або замикає електричне коло при досягненні заданого вакууму при вакуумному з'єднанні (перемикає перемикач). Збільшення вакууму притискає діафрагму до пружини.

Прогин залежить від встановленого початкового натяг пружини. Коли максимальний прогин діафрагми досягнуто, спрацьовує мікроперемикач. Цей вимикач розмикає або замикає електричний контакти. Точку перемикання можна встановити незалежно один від одного. Vrev-1/8 розроблено для генерування сигналів моніторингу для контролювання на системах з використанням вакууму.



Рис.3.2 Датчик тиску Cerabar PMP23 Endress+Hauser

Таблиця.3.2 Характеристика датчика тиску Cerabar PMP23 Endress+Hauser

Напруга живлення	10...30 В пост. напруги
Похибка	0,3%
Тривала стабільність	0,2% ВПІ/рік
Робоча температура	-10...+100 °C (+14...+212 °F) 135 °C упродовж 1 год (275 °F упродовж 1 год)
Температура довкілля	-40...+85°C (-40...+185°F)
Температурний коефіцієнт похибки	0,1%
Робочий діапазон	400 мбар...+40 бар (6...+600 фунт/кв. дюйм)
Макс. надлишковий тиск	160 бар (2400 фунт/кв. дюйм)

Продовження таблиці 3.2

Приєднання до процесу	Різь: G1, M24
Гігієнічне приєднання до процесу	DIN11851, Зажим, SMS, Varivent, Універсальний перехідник
Зв'язок	4...20 мА
Сертифікати/Розрішення	ATEX, FM, CSA, IEC Ex, NEPSI, EAC
Сертифікати на конструкцію	Звіт про кінцеву перевірку EN 10204-3.1 Очищення від олії та мастила Вимірювання шорсткості поверхні
Гігієнічні сертифікати	3A, EHEDG EG1935/ 2004

3.1.3. Витратомір

Електромагнітні витратоміри рис. 3.3 мають повнопрохідну конструкцію, економічно вигідну для використання на агресивних середовищах і забезпечує високу точність вимірювання об'єму витрат.

Електромагнітні витратоміри складені з вимірювального перетворювача та датчика витрат. Датчик витрат розташований в трубопроводі та формує електричну напругу викликану рухом рідини в трубопроводі.

Вимірювальний перетворювач вимірює згенеровану напруга, та перетворює її в витрати та передає результат вимірювання в систему управління.

Для вирахування витрат використовується комплект котушек та два електрода. Управління котушками відбувається за допомогою перетворювача за допомогою подачі струму. При проходженні струму через котушки між ними

формується магнітне поле. Якщо рідина протікає в повному трубопроводі магнітне поле розділяє негативні та позитивні заряджені частинки рідини. Це призводить до виникнення напруги між електродами. Проводимість технологічного середовища в трубі повинна досягати певного рівня, щоб блок електроніки міг виміряти напругу на електродах.

Цей принцип відомий як закон фарадея і визначається рівнянням, де індуктивна напруга прямо пропорційна швидкості Рідини що протікає через магнітне поле.

Індуктивна напруга між електродами подається на вимірювальний перетворювач, де перетворюється у величину швидкості потоку. Знаючи швидкість руху потоку і площу перетину трубопроводу можна обчислити об'єм витрати.

Для забезпечення правильної роботи датчику витрат датчик покривається спеціальним матеріалом футірування. Від правильного підбору футірування і електродів залежить стійкість витратомірів до агресивних, та абразивним середовищам. Єдиним обмеженням використання електромагнітних витратомірів пов'язані з зашумленими процесами. Шуми процесу можуть впливати на індуковану напругу, та вносити похибки у результат виміру.



Рис. 3.3 SITRANS FCS300 Витратомір DN25

Таблиця 3.3 похибки витратоміра SITRANS FCS300

Масова витрата (рідина)	
Похибка лінійності [%] датчик 0.1% витрати	0.2
Похибка лінійності [%] датчик 0.2% витрати	0.1
Повторюваність витрати при витраті > 5% Q _{max} [% від витрати]	0.05
Макс. похибка нуля [кг/год] стандартна	2.16
Густина (рідина)	
Похибка густини [г/см ³] датчик 0.1% витрати	0.002
Похибка густини [г/см ³] датчик 0.2% витрати	0.010
Повторюваність [кг/м ³]	0.25
Діапазон вимірювання [кг/дм ³]	0.001 ... 5.0
Температура	
Похибка [°C]	0.5

Датчики FCS300 при вимірюванні рідини:

Таблиця.3.4 Пропускна здатність SITRANS FCS300

Q _{min}			Q _{nom}		Q _{max}	
	кг/год	lb/min	кг/год	lb/min	кг/год	lb/min
DN25 (1")	240	8.92	20500	753.2	35000	1286

Таблиця.3.5 Калібрування витрат SITRANS FCS300

Номінальні умови для калібрування витрати	
Умови потоку	Повністю стабільний профіль

	поток
--	-------

Продовження таблиці 3.5

Температура вимірювального середовища	25 °C ± 5K
Температура навколишнього середовища	25°C+10/-5K
Тиск рідини	2±1бар
Густина	0,997г/см ³
Напруга живлення	Un ± 1%
Час прогріву	30 хвилин
Brix	40 Brix
Додаткова похибка у разі відхилення від нормальних умов	
Вихід постійного струму	Як імпульсний вихід ± (0.1% від фактичної витрати + 0.5% від максимальної витрати датчика)
Вплив температури навколишнього середовища	Дисплей/частотний/імпульсні виходи: < ± 0.005%/K Вихід постійного струму < ± 0.005%/K
Вплив напруги живлення	< ±0.005% від вимірювального значення на 1% відхилення
Діаметр внутрішнього отвору	25мм

1) Q_{min} – похибка 1% для води 2) Q_{nom} – перепад тиску 1 бар для води при 20°C 3) Q_{max} – швидкість на вході 10 м/с для води при 20°C (до 25 м/с в вимірювальних трубках) 4) Для датчика з точністю 0.1% При вимірюванні газу масова витрата залежить від типу газу. Максимальна витрата розраховується для числа Маха = 0.3. Для витрати > 5% максимальної витрати датчиків, похибку можна визначити безпосередньо з кривої нижче. Для витрати < 5% максимальної витрати датчиків для обчислення похибки використовуйте формулу.

3.1.4. Вакуумметр ZSE40

Вакуумметри використовуються для вимірювання тисків в діапазоні від 760 до 10–13 мм рт. ст. (105...10–11 Па). В даному проекті вакуумметри рис 3.4 використовують для відслідковування відкачування повітря в установці гомогенізатор, для видалення повітряних бульбашок з харчової суміші, що в подальшому підвищить час зберігання продукту.



Рис. 3.4 Вакуумметр ZSE40

Таблиця.3.6 Робочі характеристики Вакуумметра ZSE40

Номінальний діапазон тиску	від 0,0 до –101,3 кПа
Діапазон робочого тиску/Діапазон встановленого тиску	від 10,0 до –101,3 кПа
Витримувати тиск	500 кПа
Напруга живлення	від 12 до 24 В постійного струму $\pm 10\%$,

	пульсації (р-р) 10% або менше
--	-------------------------------

Продовження таблиці 3.6

Перемикач вихід	- Макс. струм навантаження: 80 мА - Макс. прикладена напруга: 30 В постійного струму (з виходом NPN) - Залишкова напруга: 1 В або менше (зі струмом навантаження 80 мА)
Клас захисту	IP65
Діапазон температур навколишнього середовища	Робоча: від 0 до 50°C, зберігання: від -10 до 60°C (без конденсації та замерзання)
Діапазон вологості навколишнього середовища	Під час експлуатації/зберігання: від 35 до 85% відносної вологості (без конденсації)
Витримує напругу	1000 В змінного струму протягом 1 хв. між дротами та корпусом
Опір ізоляції	50 МОм або більше (при 500 В постійного струму) між дротами та корпусом
Стійкість до вібрації	Від 10 до 500 Гц при амплітуді 1,5 мм або прискоренні 98 м/с ²

3.1.5 Реле потоку S12000

Реле потоку рис 3.5 калориметричного типу рідини для процесів з підвищеними гігієнічними вимогами. Використовується в харчовій промисловості та фармацевтиці. Не містить рухомих частин, всі деталі, що стикаються з рідиною з нерж. сталі.

Таблиця.3.7 Технічні характеристики 12000

Напруга живлення	20...36 DC
------------------	------------

Продовження таблиці 3.7

Діапазон значень (м/с) текуча середовище	0,03...3
Діапазон значень (м/с) газоподібне середовище	2...30
Температура середовища (С)	-25 ... 95 (120 1год max)
Ступінь захисту	IP 67



Рис. 3.5 Реле потоку S12000

3.2. Обчислювальні засоби

3.2.1. Програмований контролер

Модель програмованих контролерів Omron CJ1M-CPU13 рис.3.6, як і інші моделі контролерів Omron CJ1, має низку загальних для низки характеристик.



Рис. 3.6 Контроллер PLC Omron CJ1M-CPU13 & HMI Omron NS5-SQ10(50A4)

Вимкнення картки пам'яті від електропостачання. Для безпечного вимкнення картки пам'яті необхідно натиснути вимикач живлення та вимкнути електричний струм. Також необхідно натиснути вимикач для резервного зберігання інформації на картку.

Виймання картки пам'яті. Для правильного та безпечного виймання на корпусі контролера передбачена кнопка виймання картки пам'яті.

Порт для підключення зовнішніх пристроїв. Комп'ютери програмування або пульти завдання програми підключаються через спеціальний порт, розташований на лицьовій панелі ЦПУ.

Інтерфейс RS-232C. Протокол RS-232C – це універсальний засіб комунікації контролерів із зовнішніми пристроями.

Тип керування. Керування контролером можливе програмою, яка записується на карту пам'яті

Спосіб завдання програми. Програма задається в контролер Omron за допомогою релеюноконтактної діаграми

Обсяг команди. Залежно від складності, команда може бути від 1 до 7 операцій на одну команду

Час відгуку. Для виконання базових команд контролера потрібно 0,1 мкс, для особливих команд - 0,2 мкс.

Індикатори картки пам'яті

- MCPWR (зелений): показує наявність живлення на карті
- BUSY (помаранчевий): індикація роботи картки

Основні характеристики контролера CJ1M-CPU13

- Кількість біт введення/виводу: 640 (макс. 1 стійка розширення)
- Розмір програми: 20K операцій
- Об'єм пам'яті: 32K слів
- Швидкість виконання команди: 0,1 мкс
- Наявність додаткових інтерфейсів: RS-232C
- Додаткові функції: картка пам'яті
- Додаткові входи/виходи: ні

Частотний перетворювач

Частотний перетворювач – це спеціалізоване електротехнічне обладнання яке призначене для регулювання частоти змінної різниці потенціалів електричного струму. Частотний перетворювач SINAMICS G120X можемо бачити на рис. 3.7 Принцип роботи обладнання цього типу заснований на зміні швидкості руху магнітного поля щодо частоти напруги живлення.



Рис. 3.7 SINAMICS G120X Частотний перетворювач 2.2 kW At 110% 60s, 100% 240 s 380-480 V

Основне завдання керуючого елемента полягає в регуляції діяльності силової частини та виконання додаткових функцій: контролю, захисту та діагностики.

Використання частотних перетворювачів дає можливість суттєво знизити витрати завдяки зменшенню споживання електроенергії, витрат на ремонтні роботи та технічне обслуговування апаратури, можливості експлуатації більш бюджетних варіантів асинхронних двигунів. Придбання частотника – це вигідне рішення, оскільки обладнання окупається загалом за три роки. Перетворювачі частоти використовуються у таких сферах:

Крани та вантажопідійомна апаратура. Робота устаткування цього супроводжується постійною зміною навантаження, частими запусками та зупинками. Перетворювачі частоти запобігають ривкам при запуску установок, зменшують рівень нагрівання електродвигуна та забезпечують зупинку кранів у конкретному місці.

Нагнітальні вентилятори. Регуляція функціонування обладнання дає змогу провести автоматизацію процесу горіння із забезпеченням максимальної ефективності роботи котельних агрегатів.

Транспортерна та конвеєрна техніка. Регулятор частоти збільшує термін експлуатації механічних вузлів завдяки регулюванню швидкості переміщення обладнання без сильних ривків та ударів.

Насосні установки. Підвищення ефективності роботи системи водоподачі при впровадженні частотного перетворювача полягає у відсутності необхідності використання засувки та клапанів для регуляції тиску.

Устаткування з електродвигунами. Частотник може замінити коробку передач, забезпечуючи плавну зміну частоти обертання робочої деталі установок. Найчастіше частотні перетворювачі використовуються для регуляції роботи високоточних промислових станків.

Основним призначенням частотного перетворювача вважається оптимізація виробництва та збільшення терміну експлуатації підключеного до нього обладнання. Також знижується ймовірність аварій та аномальної роботи електродвигунів.

Опис продукту:

SINAMICS G120X Номінальна потужність: 2,2 кВт при 110% 60 с, 100% 240 с без фільтра 380-480 В 3 змінного струму +10/-20% 47-63 Гц Температура навколишнього середовища від -20 до +45 °C Розмір: FSA Ступінь захисту IP20 / Фарбування відкритого типу UL 3C2 із базовою панеллю оператора Без розширення вводу-виводу Інтегрована полюва шина: PROFINET PN, Ethernet IP

Основні функції SINAMICS G120X:

- Режим очищення для очищення насосної системи;
- Режим заповнення труб для запобігання гідроударам;
- Функція автоматичного перезапуску після збою живлення;
- ПІД-регулятор;

- Управління кількома насосами (до 4-х);
- Захист від заклинювання, витоків, сухого ходу та кавітації;
- Годинник реального часу;
- STO (безпечне відключення крутного моменту);
- Захист двигуна від конденсату;
- Захист від замерзання насоса.

Основні сфери застосування SINAMICS G120X:

- Циркуляційні насоси для систем опалення та охолодження;
- Насоси для станцій підвищення тиску;
- Контроль рівня;
- Вентилятори у градирнях;
- Вентилятори для забору та випуску повітря;
- Вентилятори для тунелів та багатоповерхових автостоянок;
- Вентилятори для сходових кліток;
- Компресори для холодильних агрегатів

Дисплей вводу виводу інформації

Сенсорний дисплей рис 3.8 живиться від 24V, підключений за допомогою витой пари. Дисплей слугує для виведення інформації про стан обладнання, а також завдяки дисплею оператори можуть керувати обладнанням, та вибирати певні типи запрограмованих програм.



Рис. 3.8 Панель Керування 24В DC NB10-TW001

3.2.2. Засоби введення-виведення

Модуль розширення CJ2M, PNP (50A2-50A3)

Модуль цифрового вводу/виводу для CJ2M, PNP з 10 входами рис 3.9 (чотири входи переривання/швидкої відповіді та два входи високошвидкісного лічильника) та 6 виходами (два імпульсних та два виходи ШІМ)

Прискорення $9,8 \text{ м/с}^2$ протягом 100 хв у напрямках X, Y та Z (10 розгортки по 10 хв кожен = 100 хв загалом).

.. Модель CJ1W-BAT01.

Застосовні стандарти Відповідає cULus і Директивам ЄС.



Рис. 3.9 Модуль розширення CJ2M, PNP (50A2-50A3)

Таблиця.3.8 Технічні характеристики CJ2M, PNP (50A2-50A3)

Заземлення Менше	100 Ω .
СРУРозміри стійки	90 мм $\times$ 75 мм $\times$ 31 мм 90 мм $\times$ 75 мм $\times$ 62 мм.
Споживання напруги	5 В
Споживання постійного струму	0,5 А5
Температура від	0 до 55°C.
Робоча вологість навколишнього середовища від	10% до 90%.

Продовження таблиці 3.8

Атмосфера має бути вільною від корозійних газів.	
Температура навколишнього середовища від	-20 до 70°C.
Стійкість до вібрації Відповідає	IEC60068-2-65 до 8,4 Гц з амплітудою 3,5 мм, від 8,4 до 150 Гц.
Ударостійкість Відповідає	IEC60068-2-27147 м/с ² , 3 рази в напрямках X, Y та Z (100 м/с ² для блоків релейного виходу)
Термін служби батареї	5 років при 25°C

Модуль розширення CJ1W-MAD42 Спеціальний модуль рис 3.10 CJ1W-MAD42 призначений для розширення можливостей контролерів Omron серії CJ1. Модулі CJ1W-MAD42 дозволяють перетворювати аналоговий сигнал і використовувати його для різних видів застосування і розширюють кількість аналогових входів на та виходів на 2.

Даний модуль передбачає комунікацію системи з віддаленими перемикачами, лампами та іншими пристроями по послідовному каналу зв'язку, в якому не передбачено налаштування. Це рішення дозволяє зменшити загальну довжину проводки для підключення і тим самим скорочує загальні матеріальні та тимчасові витрати на монтаж.

Максимальна відстань передачі сигналу - 500 м. Функціонування даного модуля здійснюється як звичайний модуль розширення, що не передбачає його додаткове налаштування.

Розширення можливостей системи необхідно у випадках розширення процесу виробництва чи ускладнення виробничих функцій.



Рис. 3.10 Модуль розширення CJ1W-MAD42

Підключення модулів до терміналів XW2B-20G4 і XW2B-20G5 проводиться за допомогою кабелів типу XW2Z-xx0F, підключення до модулів типу XW2B-40G4 і XW2B-40G5 проводиться за допомогою кабелів типу XW2Z-xx0B (для модулів, та XW2Z-xx0K (для конекторів типу MIL). Усі модулі мають світлову індикацію на корпусі, що дозволяє безпомилково визначати стан роботи кожного входу чи виходу. Широка гамма модулів цифрових входів, цифрових виходів, аналогових входів, аналогових виходів та їх комбінацій, а також спеціальних модулів розширення дозволить підібрати необхідне рішення для Вашого застосування без додаткових витрат. Даний тип модулів Omron дозволяє працювати з різними діапазонами сигналів: 1 ..5, 0..10, 0..5, -10..10, 4..20 мА.

Даний модуль може застосовуватися для роботи з системами регулювання температури, сервоуправління рухом, частотне регулювання швидкості, самописці різних типів, датчики, трансформатори струму

Основні характеристики модуля CJ1W-MAD42:

- Кількість входів розширення: 4
- Кількість виходів розширення: 2
- Дозвіл: 1/4000 (заводські налаштування) або 1/8000 (можливість установки)
- Швидкість виконання перетворення: 1 мс/вхід (заводські налаштування) або 500 мкс/вхід (можливість установки)

Таблиця.3.9 CJ1W-MAD42

Граничне значення похибок γ	$\pm 0,1\%$
Межі похибки в робочих умовах	від 0 до 60 °C
Швидкість виконання перетворення	1 мс/вхід (заводські налаштування) або 500 мкс/вхід (можливість установки)
Кількість входів розширення	4
Кількість виходів розширення	2

Модуль розширення Omron CJ1W-ID232

Базовий модуль рис. 3.11 CJ1W-ID232 призначений для розширення можливостей контролерів серії CJ1. Модулі типу CJ1W-ID232 дозволяють збільшити

кількість цифрових входів на 32. Розширення можливостей системи необхідне у випадках розширення процесу виробництва або ускладнення виробничих функцій. Підключення модулів до терміналів XW2B-20G4 і XW2B-20G5 проводиться за допомогою кабелів типу XW2Z-xx0F, підключення до модулів типу XW2B-40G4 і XW2B-40G5 проводиться за допомогою кабелів типу XW2Z-xx0B (для модулів, та XW2Z-xx0K (для конекторів типу MIL). Усі модулі мають світлову індикацію на корпусі, що дозволяє безпомилково визначати стан роботи кожного входу чи виходу. Широка гамма модулів цифрових входів, цифрових виходів, аналогових входів, аналогових виходів та їх комбінацій, а також спеціальних

модулів розширення дозволить підібрати необхідне рішення для застосування без додаткових витрат.



Рис. 3.11 Модуль розширення CJ1W-ID232

Таблиця.3.10 Технічні характеристики CJ1W-ID232

Кількість входів розширення	32
Напруга сигналу	24V
Струм сигналу	4,1 мА
Тип приєднання: роз'єм	MIL

Модуль Omron CJ1W-OD232

Базовий модуль рис. 3.12 CJ1W-OD232 призначений для розширення можливостей контролерів серії CJ1. Модулі CJ1W-OD232 дозволяють збільшити кількість цифрових виходів на 32. Розширення можливостей системи необхідне у випадках розширення процесу виробництва або ускладнення виробничих функцій. Підключення модулів до терміналів XW2B-20G4 і XW2B-20G5

проводиться за допомогою кабелів типу XW2Z-xx0F, підключення до модулів типу XW2B-40G4 і XW2B-40G5 проводиться за допомогою кабелів типу XW2Z-xx0B (для модулів, та XW2Z-xx0K (для конекторів типу MIL). Усі модулі мають світлову індикацію на корпусі, що дозволяє безпомилково визначати стан роботи кожного входу чи виходу. Широка гамма модулів цифрових входів, цифрових виходів, аналогових входів, аналогових виходів та їх комбінацій, а також спеціальних модулів розширення дозволить підібрати необхідне рішення для застосування без додаткових витрат.



Рис. 3.12 Модуль розширення Omron CJ1W-OD232

Таблиця.3.11 Технічні характеристики

Кількість входів розширення	32
-----------------------------	----

Напруга сигналу	24V
Струм сигналу	0,5 А на точку, 4 А на модуль
Тип приєднання: роз'єм	MIL

Модуль розширення Omron CJ1W-CT021

Модуль позиційного керування рис 3.13 Omron CJ1W-CT021 серії CJ1W, для багатоосного керування переміщеннями (модулі керування позиціонуванням).



Рис. 3.13 Модуль розширення Omron CJ1W-CT021

Таблиця.3.12 Технічні характеристики:

Серія	CJ1W
Тип розширення	позиційне управління
Тип сигналу	24 В, сигнал рівня RS422
Кількість каналів/осей	2
Клас модуля	спеціальний модуль введення/виведення
Ширина	31 мм
Струм шини введення/виводу, що	300 мА

споживається	
Тип розширення	позиційного управління
Кількість каналів	2

Модуль компактний 8-портовий некерований комутатор 10/100 BaseT(X)

Ethernet, QoS

Серія промислових комутаторів рис 3.14 Ethernet EDS-2008-EL має до восьми портів 10/100М, які ідеально підходять для обладнання, які вимагають простих промислових з'єднань Ethernet. Щоб забезпечити більшу універсальність для використання з додатками з різних галузей, серія EDS-2008-EL також дозволяє користувачам увімкнути або вимкнути функцію якості обслуговування (QoS) і захист від широкомовного шуму (BSP) за допомогою DIP-перемикачів на зовнішній панелі. Крім того, серія EDS-2008-EL має міцний металевий корпус, що забезпечує придатність для використання в промислових середовищах, а також можна вибрати волоконно-оптичні з'єднання (багатомодовий SC або ST).



Рис. 3.14 Модуль BaseT(X) Ethernet, QoS

Таблиця.3.13 Технічні характеристики BaseT(X) Ethernet, QoS

Серія EDS-2008-EL має єдиний вхід живлення:	12/24/48 В постійного струму
Кріплення типу:	DIN-рейку
Має захист від:	електромагнітних перешкод і електромагнітної сумісності
Серія EDS-2008-EL має стандартний діапазон робочих температур від	від -10 до 60°C

Окрім компактних розмірів, серія EDS-2008-EL пройшла 100% тест на вигорання, щоб переконатися, що вона буде працювати надійно після розгортання

3.3. Електрична принципова схема підключення обладнання

Опис розробленої електричної принципової схеми.

На рис.3.15 (Додатку А) ми бачимо три 24В блока живлення 44U1, 44S4 та 44S6. Також бачимо як доних підводиться напруга живлення через автомати захист на клеми L(+), нуль на N(-), а також земля на РЕ.

Також бачимо контролер зарядки 44U3.1 для акумулятора BAT1, який виконує функцію безперебійного джерела живлення. З блока живлення 44S6 береться постійна напруга для заряджання безперебійного джерела живлення.

Також бачимо що на виході 24В 44U1 та 44S4 стоять автоматичні вимикачі, для захисту від коротких замикань.

На рис 3.16, 3.17, 3.18 та 3.19 (Додаток А) ми бачимо схему підключення частотних перетворювачів для різних насосів, які перекачують різні типи речовин.

Напруга живлення 380В. Підключаються частотні перетворювачі до мережі через 3х полюсний автомат захисту на 10А. Вхід напруги позначений L1, L2 та L3, виходи в свою чергу позначаються U2, V2 та W2. Живлення на мотор подається через 3х полюсний вимикач на 20А.

На рис. 20 (Додаток А) бачимо схему підключення сенсорного монітора 49H4 з маршрутизатором 49T7. Можемо чітко роздивитися куди приходить живлення 24В, на які клеми підключається. Також бачимо як відбувається з'єднання кабелем Ethernet дисплею з маршрутизатором

На рис. 3.21(Додаток А) бачимо Схему підключення електричних клапанів 20Y2 та 20Y4. Живляться вони від 24В, а керуються аналоговим модулем 51A6.2. З'єднання клапанів з модулем відбувається на клемній колодці x2.

На рис 3.22 та 3.23 (Додаток А) бачимо схему підключення пневматичних клапанів. Підключення відбувається у пневматичній шафі. Бачимо, що до кожного клапана під'єднується світлодіодна лампа, яка сигналізує про те, що клапан відкритий.

На рис. 3.24 та 3.25(Додаток А) можемо спостерігати схему підключення витратомірів.

Живлення витратомірів відбувається по 24В. До 2х витратомірів використовується по 1 модулю, тобто 8 витратомірів та 4 модуля(51А2,51А1,50А3 та 50А2)

На рис. 3.26 (Додаток А) можемо бачити підключення вакуумметрів 4Р1 та 2Р1 та датчиків протоку 4В5 та 4В6. Датчики вакуумметр використовує для живлення 24В постійної напруги. Підключаються вакуумметри до модуля 50А9.

Датчики протоку також використовує живлення 24В постійної напруги та підключається до модуля 50А9.

На рис. 3.27 (Додаток Б) бачимо схему розміщення елементної бази шафи управління. На схемі видно що всі автоматичні вимикачі розміщені в верхній лівій частині, а у правій розмістилися частотні перетворювачі.

В середині розміщений контролер з доповнюючими модулями до нього.

Знизу розмістися клеми підключення, комутатор сигналу, розетки, реле та шина заземлення.

3.4. Висновки до 3 розділу

В 3-му розділі було описано вимірювальні прилади, датчики рівня, датчики тиску, витратоміри, вакуумметри та датчики протоку.

Описано також обчислювальні засоби контролери та засоби введення та виведення інформації.

Було продемонстровано та описано електричну принципову схему.

4. РОЗРОБКА ПРОГРАМНО-АЛГОРИТМІЧНОГО ТА МЕТРОЛОГІЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ КОМП'ЮТЕРИЗОВАНОЇ ІНФОРМАЦІЙНО-ВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ТА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ВИРОБНИЦТВА МАЙОНЕЗУ

4.1. Розробка алгоритму роботи комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи

Ініціалізація програми – це коли робочий персонал вибирає один з рецептів виробництва майонезу. Після того як робочий персонал вибрав одну з рецептур контролер видає сигнали на частотні перетворювачі, та на клапана. Частотні перетворювачі запускають рідинні насоси, які в свою чергу починають перекачувати рідини. Відкриті клапана в свою чергу не перешкоджають протіканню рідин.

Рідини протікають через витратомір і коли витратомір подає команду контролеру що певний рівень досягнуто клапан який відноється до певного витратоміра блокуються, а також надходить команда до частотного перетворювача припинити живлення насоса.

Після того, як етап заповнення змішувачів виконано персонал добавляє в залежності від рецепту різні добавки ароматизаторів і т.д і нажимає кнопку яка сигналізує про те що всі компоненти знаходяться в змішувачі. Змішувач змішує компоненти 10 хв.

Після проходження часу в 5хв. Відкриваються клапани мішалки та гомогенізатору. Після відкриття клапанів в гомогенізаторі створюється вакуум який засмоктує рідини. Коли вакуум починає падати через те, що в змішувачі немає рідини клапани перекриваються. За це відповідає вакуумметр.

Спочатку засмоктується олія і закривається клапан олійний, а потім рідина з 2 гомогенізатору, де закриваються 2 інших клапана.

Коли всі рідини знаходяться в гомогенізаторі, починається відкачуватися повітря. Після того як певний рівень вакууму досягнуто вакуумметр сигналізує про те що треба припинити відкачувати повітря. Починається перемішування компонентів до однорідного соєву.

Через 5 хв. всі компоненти змішані і мають однорідну масу і перекачуються в спеціальну ємність для зберігання готової продукції. Алгоритм продемонстровано на рис 4.1.

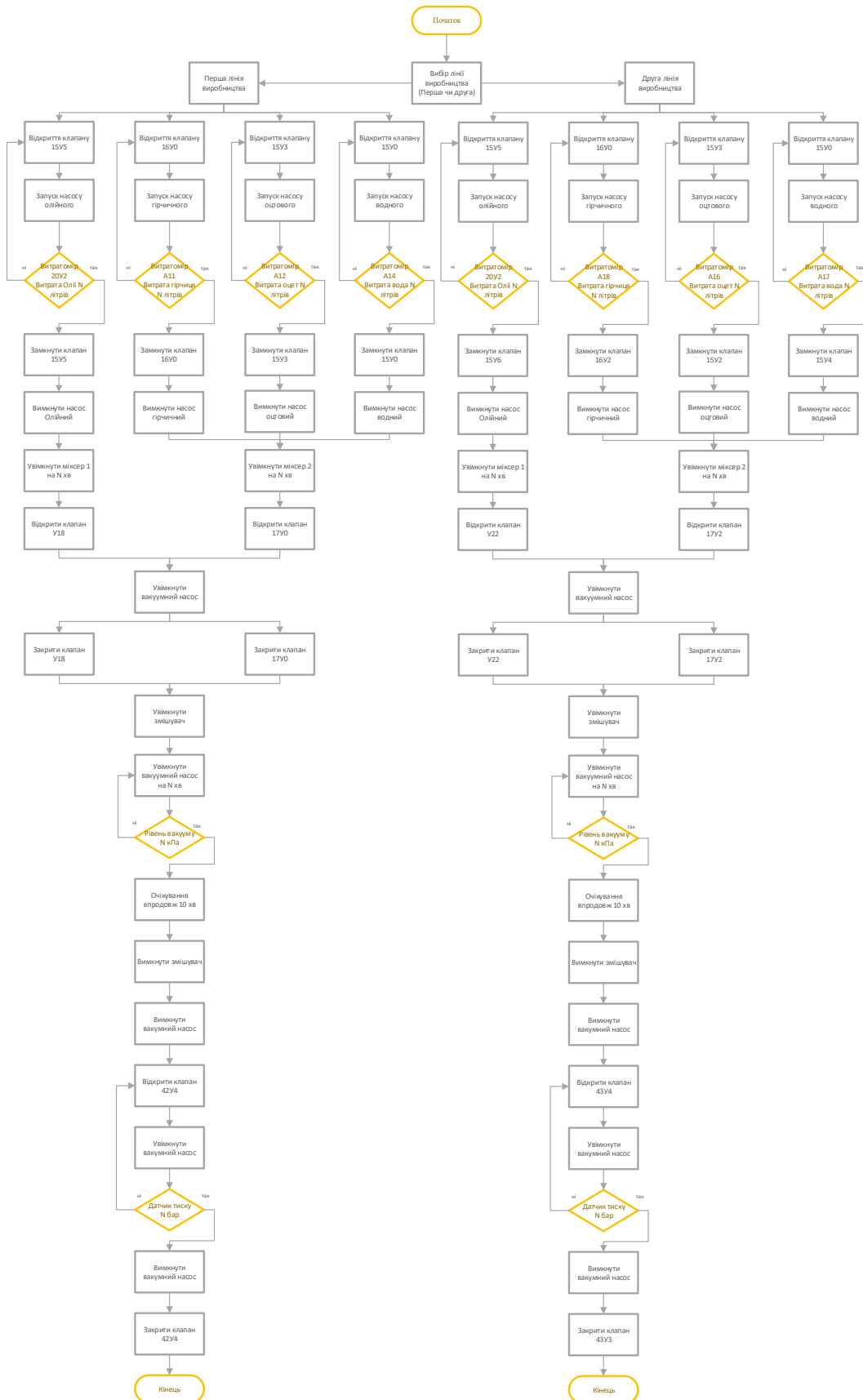


Рис. 4.1 Алгоритм виробництва майонезу

4.2. Розрахунок метрологічних характеристик (похибок) комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи

4.2.1 Розрахунку похибки каналу вимірювання тиску

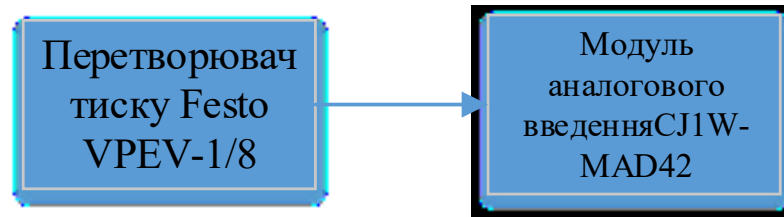


Рис. 4.2 – Структурна схема каналу вимірювання тиску

Вихідні дані для розрахунку:

а) для перетворювача тиску Cerabar PMP23 Endress+Hauser:

- 1) діапазон вимірів тиску від 400 мбар до 40 бар;
- 2) граничне значення похибок $\gamma_{\text{пт}} = \pm 0,3\%$;
- 3) робочі умови експлуатації від мінус -40 до $+85$ $^{\circ}\text{C}$;
- 4) температурний коефіцієнт похибки $\pm 0,1\% / 10$ $^{\circ}\text{C}$;
- 5) додаткова похибка, викликана зміною напруги живлення на кожні 10 В, $\pm 0,1\% / 10$ В.

б) для модуля аналогового введення CJ1W-MAD42:

- 1) граничне значення похибок $\gamma = \pm 0,1\%$;
- 2) межі похибки в робочих умовах (від 0 до 60 $^{\circ}\text{C}$) $\gamma_{\text{р.у.}} = \pm 0,54\%$.

4.5.3 Похибку перетворювача тиску необхідно перевести у відносну форму за формулою (4.3), у яку підставляємо $X_{\text{Н}} = 0,1$ кгс/см², $X_{\text{В}} = 10$ кгс/см².

Згідно п. 4.2.5, відносну похибку обчислюють в точках і ном X , що відповідають 5, 25, 50, 75 та 95% від діапазону вимірів. Отже, $X_{\text{ном1}} = 0,5$ кгс/см² і маємо:

$$\delta_{\text{пт}} = 0,3 \cdot \frac{10 - 0,1}{0,5} = 5,94\%$$

Результати розрахунків усіх значень $\delta_{\text{пт}}$ наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.13 – Результати розрахунків значень дпт

Точки	$X_{ном}=кгс/см^2$	дпт, %
1	0,5	5,94
2	2,5	1,18
3	5	0,594
4	7,5	0,396
5	9,5	0,312

4.5.4 Похибку модуля аналогового введення необхідно перевести у відносну форму за формулою (4.3).

Розрахунок значення струму $I_{ном}$, мА, що відповідає номінальному значенню $X_{ном}$, проводимо згідно формули (4.5), у яку підставляємо $D_{сигн.}=20$ мА, $X_{ном1}=0,5$ кгс/см²; $D_{ФВ}=9,9$ кгс/см². Отже:

$$I_{ном} = \frac{D_{сигн.} \cdot X_{ном}}{D_{ФВ}} + 4 = \frac{20 \cdot 0,5}{9,9} + 4 = 5,01 мА$$

Результати розрахунків усіх значень $I_{ном}$ зводимо у таблицю 4.14.

Таблиця 4.14 - Результати розрахунків похибки модуля аналогового введення

№ точки	$X_{ном},$ кгс/см ²	$I_{ном},$ мА	$\delta_K, \%$	$\delta_{ВК\text{ осн}}, \%$	$\gamma_{ВК\text{ осн}}, \%$
1	0,5	5,01	0,93	11,93	0,614
2	2,5	9,05	0,6	11,9	0,613
3	5	14,1	0,39	11,89	0,612
4	7,5	19,15	0,3	11,88	0,612
5	9,5	23,19	0,24	11,88	0,612

4.5.5 Визначаємо похибку модуля аналогового введення у відносній формі:

$$\delta_K = 0,3 * \frac{20 - 4}{8} = 0,6\%$$

4.5.6 Обчислюємо межі основної відносної похибки ВК тиску за формулою (4.1):

$$\delta_{ВК_осн1} = 1,2 * \sqrt{(9,9)^2 + (0,93)^2} = 11,93\%$$

Переводимо значення похибки ВК з відносної форми в приведену:

$$\gamma_{BKочл} = \frac{11,93 * 0,5}{10 - 0,3} = 0,614\%$$

Результати розрахунків δBK осн заносимо в таблицю 4.4. 4.5.7 Вибираємо з таблиці 4.4 найбільше значення похибки:

$$\gamma_{BKочл} = 0,6\%$$

4.5.7 Для визначення похибок ВК у робочих умовах враховуємо, що оскільки в АСК прийняті заходи для стабілізації напруги живлення, то додаткову похибку, викликану зміною напруги живлення, не враховуємо.

4.5.8 Нормальна температура експлуатації 20 ± 5 °С. Максимальне відхилення від нормальних умов $60 - 25 = 55$ °С, що складає 5,5 разів по 10 °С. Округливши до більшого цілого 6 і врахувавши температурний коефіцієнт похибки $\pm 0,1\%/10$ °С, визначимо додаткову похибку перетворювача тиску як:

$$\gamma_o = 0,3 * 6 = 1,8\%$$

Додаткову похибку перетворювача тиску переводимо у відносну форму за формулою (4.3), у яку підставляємо $XH=0,3$ кгс/см² , $XB=10$ кгс/см² , $X_{ном}=0,5$ кгс/см² :

$$\gamma_{пт-д} = 0,18 * \frac{10 - 0,3}{0,5} = 3,49\%$$

Аналогічно розраховуємо відносну похибку у точках $X_{ном}$, що відповідають 5, 25, 50, 75 і 95 % від діапазону вимірів.

4.5.9 Додаткову похибка модуля аналогового введення необхідно перевести у відносну форму за формулою (4.3).

Розрахунок значення струму $I_{ном}$, мА, що відповідає номінальному значенню $X_{ном}$, проводимо згідно формули (4.5), у яку підставляємо $D_{сигн.}=20$ мА, $X_{ном1}=0,5$ кгс/см² ; $D_{ФВ}=9,9$ кгс/см² . Отже:

$$I_{ном} = \frac{D_{сигн.} * X_{ном}}{D_{ФВ}} + 4 = \frac{20 * 0,5}{9,9} + 4 = 5,01 мА$$

Результати розрахунків інших значень $I_{ном}$ приведені в таблиці 4.5. 4.5.10 Визначаємо похибку модуля аналогового введення у відносній формі:

$$\delta_{к-д1} = 0,54 * \frac{20 - 4}{4,8} = 1,8\%$$

Таблиця.3.15 розрахунку похибок

Результати № точки	Хном, кгс/см2	Іном, мА	Δпт, %	δ _{к_д1} , %	δВК р.у., %	γВК р.у., %
1	0,5	4,8	11,88	1,8	18,7	0,95
2	2,5	8	2,38	4,32	6,4	1,6
3	5	12	1,2	0,72	2,1	1,1
4	7,5	16	0,8	0,54	1,7	1,3
5	9,5	19,35	0,6	0,45	1,1	1,1

.5.11 Обчислюємо похибку ВК тиску в робочих умовах:

$$\delta_{BK_{p.y.}} = 1,2 * \sqrt{(9,9)^2 + (0,33)^2 + (11,88)^2 + (1,8)^2} = 18,7\%$$

Переводимо значення похибки ВК з відносної форми в приведену:

$$\delta_{BK_{p.y.1}} = \frac{18,7 * 0,5}{10 - 0,3} = 0,95\%$$

Результати розрахунків заносимо в таблицю 4.5. 4.5.12 Вибираємо з таблиці 4.5 найбільше значення похибки:

$$\gamma_{BK_{p.y.}} = 1,6\%$$

4.2.2 Динамічні характеристики вимірювальних каналів

Технологічний процес заливання олії в змішувач. Від даного процесу залежить якість кінцевого продукту. Олія може становити до 70% маси майонезу. Об'єкт моделювання представлений на (рис.6.1) представляє собою контур регулювання рівня у сбірнику подачею олії в міксер. Трубопровід обладнаний регулюючим клапаном, виступає безпосереднім канал вимірювання.



Рис 6.1 – Функціональна схема об'єкта моделювання

Вимоги до якості регулювання об'єкта управління:

- час перехідного процесу $\leq 10\text{с}$;
- перерегулювання $\leq 30\%$;
- ступінь загасання перехідного процесу $\Psi = 0,92$.

Передаточна функція об'єкта управління має вигляд:

$$W_{(s)} = \frac{5.114}{3.272 * s^2 + 3.837 * s + 1}$$

Крива розгону ОУ представлена на рис 6.2.

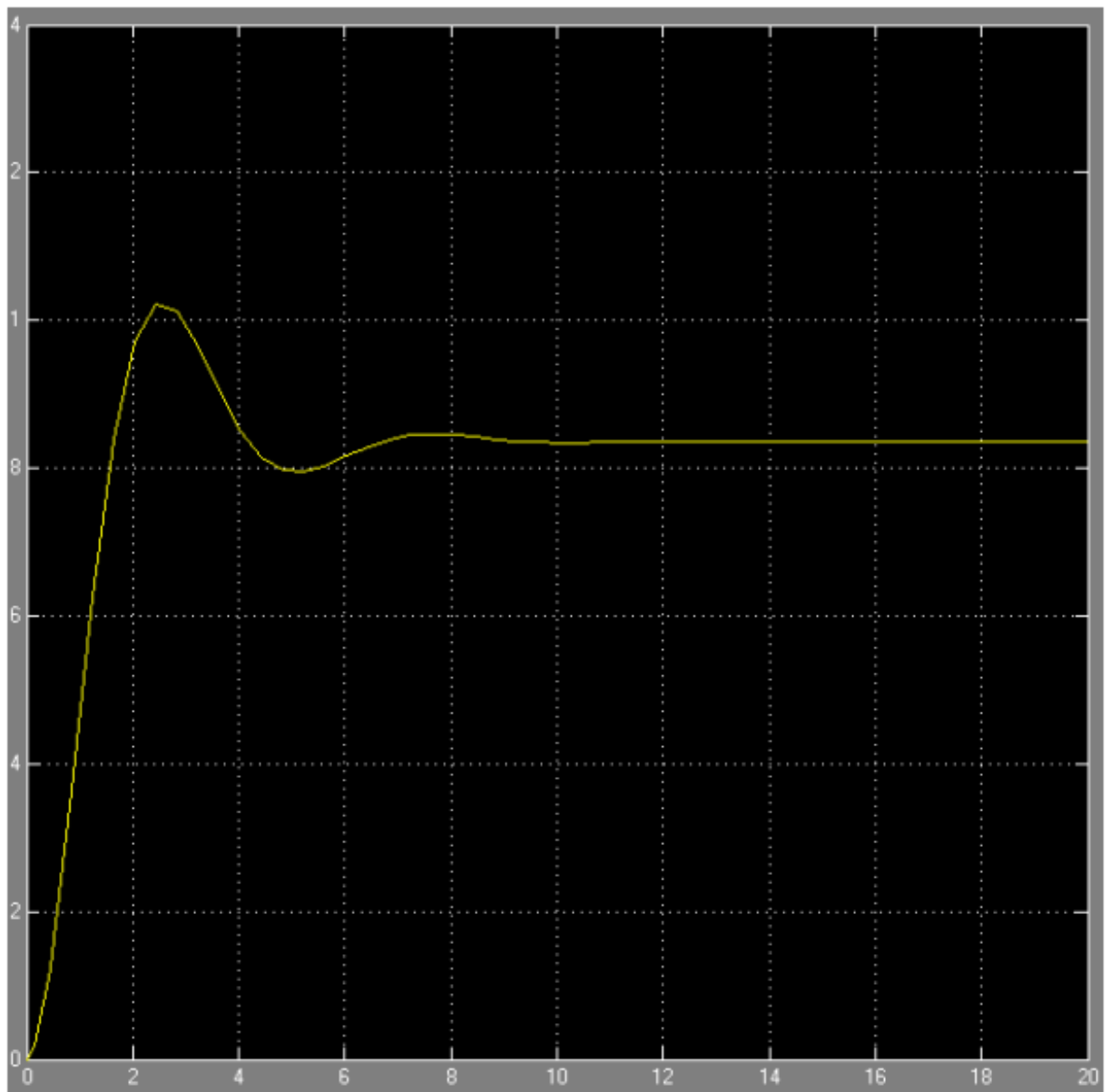


Рисунок 6.2 – Крива розгону ОУ

4.3 Аналіз стійкості КІВС без наявності регулятора (корегуючого пристрою) за критерієм Гурвіца.

4.3.1 Аналіз стійкості КІВС без наявності регулятора Замкнемо об'єкт керування одиничним зворотним зв'язком:

$$W_3(s) = \frac{W(s)}{1 + W(s)} = \frac{5.114}{3.272 * s^2 + 3.837 * s + 6.114}$$

Характеристичний поліном системи (вираз у знаменнику):

$$D_{(s)} = 3.272 * s^2 + 3.837 * s + 6.114$$

Необхідна умова стійкості системи виконується, так як усі коефіцієнти її характеристичного полінома додатні (однакові). Проте ця умова є водночас і достатньою для стійкості системи, так як дана система є системою 2-го порядку. Отже, система стійка.

Для підтвердження цього виконаємо перевірку системи на стійкість за допомогою критерія Гурвіца.

Задля полегшення процесу складання головного визначника Гурвіца випишемо коефіцієнти характеристичного рівняння у порядку зростання, починаючи з нульового індексу: $\alpha_0=3,272$; $\alpha_1=3,837$; $\alpha_2=6,114$.

Складаємо головний визначник Гурвіца, індекс якого дорівнює старшій ступені характеристичного полінома досліджуваної системи:

$$\Delta_2 = \begin{pmatrix} a_1 & 0 \\ a_2 & a_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.837 & 0 \\ 3.272 & 6.114 \end{pmatrix}$$

Розраховуємо визначники Гурвіца (головний і нижчих порядків):

$$\Delta_1 = \alpha_2 = 3,837 > 0$$

$$\Delta_2 = \alpha_2 * \Delta_1 = 6.114 * 3.837 = 23.45 > 0$$

Так як усі визначники додатні і співпадають за знаком із знаком коефіцієнта $\alpha_0=3,272 > 0$, то робимо остаточний висновок про стійкість досліджуваної системи.

4.3.2 Побудова перехідної характеристики замкнутої системи та визначення основних показників якості.

Для побудови перехідної характеристики замкнутої системи управління подамо на її вхід одиничний ступінчатий вплив, зображення якого:

$$U(s) = \frac{1}{s}$$

Так як передаточна функція визначається як відношення зображень по Лапласу вихідного сигналу до вхідного, тобто $W(s) = Y(s)/U(s)$, то можемо записати:

$$Y(s) = W(s)U(s).$$

Таким чином маємо:

$$Y(s) = \frac{5.114}{s(3.272 * s^2 + 3.837 * s + 6.114)}$$

За допомогою математичного пакету MathCad застосуємо зворотне перетворення Лапласа, яке і буде шуканою перехідною функцією, графік якої зображений на рис.6.3.

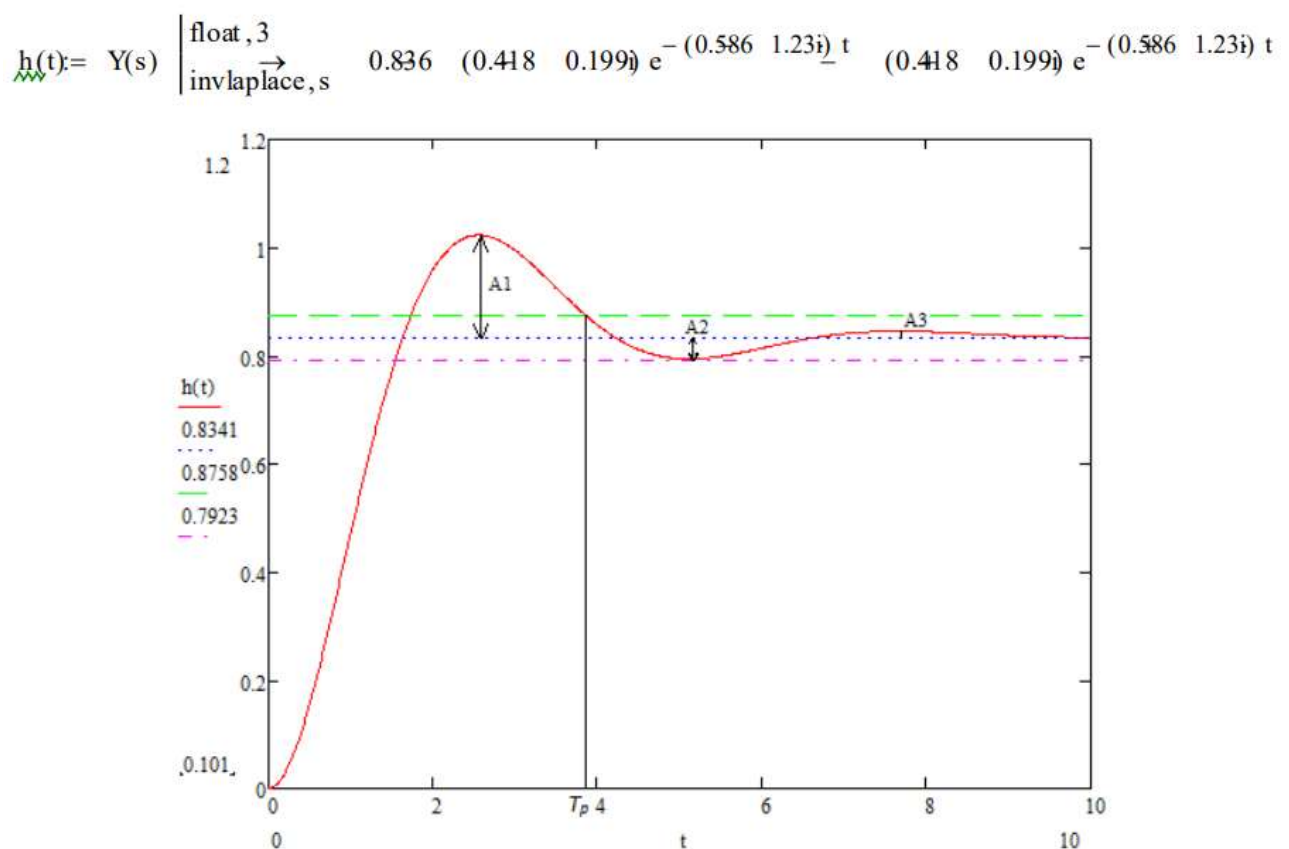


Рисунок 6.3 – Перехідна характеристика замкнутої системи За графіком (рис.2) знаходимо основні показники якості перехідного процесу: а) перегулювання

$$\alpha = \frac{h_{\max} - h_{уст}}{h_{уст}} * 100\%$$

де A_1 – перше максимальне відхилення;

A_2 – друге (від’ємне) максимальне відхилення.

За формулою розраховуємо σ

$$\sigma = \frac{1,02 - 0,8341}{0,8341} * 100\% = 23\%$$

б) час перехідного процесу

$$t_p = 3,8 \text{ с}$$

в) ступінь затування

$$\psi = 1 * \frac{A_3}{A_1}$$

де, A_3 – третє відхилення. Розраховуємо $\psi = 0,94$.

4.4 Синтез системи вимірювання по каналу завдання методом логарифмічних частотних характеристик (методом Солодовнікова).

4.4.1 Побудова асимптотичної ЛАЧХ незмінної частини системи $L_n(\omega)$

Попередньо проводимо аналіз передаточної функції об’єкта управління у наступному порядку:

1) з виразу знаходимо і записуємо постійні часу елементарних ланок $T_1 = 1,278 \text{ с}$, $T_2 = 2,558 \text{ с}$, за якими визначаємо частоти сполучення і розташовуємо їх у порядку зростання:

$$w_1 = \frac{1}{T_2} = \frac{1}{2,558} = 0,39 \text{ с}^{-1}$$

$$w_2 = \frac{1}{T_1} = \frac{1}{1,279} = 0,78 \text{ с}^{-1}$$

2) оскільки у складі передаточної функції об’єкту управління відсутні інтегруючі ланки, низькочастотна асимптота ЛАЧХ буде мати початковий нахил 0 дБ/дек;

3) фіксація низькочастотної асимптоти ЛАЧХ знаходиться на частоті $\omega=1$ на рівні, що визначається з наступного виразу:

$$L_n(1) = 20 * \lg(k) = 20 * \lg(5.101) = 14 \text{ дБ}$$

де k – коефіцієнт підсилення незмінної частини САУ.

Застосовуючи правила побудови асимптот, будемо ЛАЧХ у наступному порядку:

1) від частоти сполучення ω_1 до частоти ω_2 будемо асимптоту з нахилом, збільшеним у порівнянні з попереднім на 20 дБ/дек, тобто з нахилом $0-20=-20$ дБ/дек, так як частота ω_1 пов'язана зі співмножником вигляду $(Ts+1)^\alpha$ ($\alpha=1$) у знаменнику передаточної функції;

2) від частоти сполучення ω_2 будемо асимптоту з нахилом, збільшеним у порівнянні з попереднім на 20 дБ/дек, тобто з нахилом $-20-20=-40$ дБ/дек, так як частота ω_2 пов'язана зі співмножником вигляду $(Ts+1)^\alpha$ ($\alpha=1$) у знаменнику передаточної функції.

Будемо асимптотичну ЛАЧХ незмінної частини системи (рис.5, крива $L_n(\omega)$).

4.4.2 Побудова бажаної асимптотичної ЛАЧХ за Солодовніковим.

4.4.2.1 Побудова низькочастотної частини бажаної асимптотичної ЛАЧХ.

Нахил і положення низькочастотної асимптоти ЛАЧХ $L_{\text{ж}}(\omega)$ залежить від вимог, висунутих до статичної точності. Бажана система не змінює порядку астатизму. З умови заданої статичної точності S_0 може бути розрахований коефіцієнт підсилення (добротність за швидкістю) розімкненого ланцюга системи (об'єкта управління і корегуючого пристрою):

$$k_v = \frac{1 - S_0}{S_0}$$

Не змінюючи нахилу низькочастотної асимптоти (0 дБ/дек), фіксуємо її нове положення 37 відносно осі абсцис на рівні:

$$L_H(1) = 20 \lg(k_v) = 20 \lg\left(\frac{1-0.02}{0.02}\right) = 33.808 \text{ дБ}$$

4.4.2.2 Побудова середньочастотної частини бажаної асимптотичної ЛАЧХ а) Визначення частоти зрізу ω_z та побудова середньо частотної асимптоти бажаної ЛАЧХ.

Для визначення мінімально допустимого значення частоти зрізу ω_{cr} ЛАЧХ бажаної системи використовуємо одну з номограм Солодовнікова для статичних систем, яка встановлює відповідність між величиною максимального значення частотної характеристики P_{max} і величинами перерегулювання σ і часу перехідного процесу t_p .

За заданим значенням перерегулювання $\sigma=30\%$ за допомогою кривої $\sigma(P_{max})$ номограми (рис.6.4) знаходимо відповідне йому значення $P_{max}=1,62$, за яким за допомогою другої кривої $t_p(P_{max})$ (рис.6.5) визначаємо значення часу перехідного процесу t_p , виражене через частоту зрізу ω_{1c} співвідношенням $4,9\pi/\omega_c$.

Частоту зрізу ω_{1c} визначаємо з наступного рівняння:

$$\omega_{1c} = \frac{4,9 * \pi}{t_p} = \frac{4,9 * \pi}{120} = 0,128 c^{-1}$$

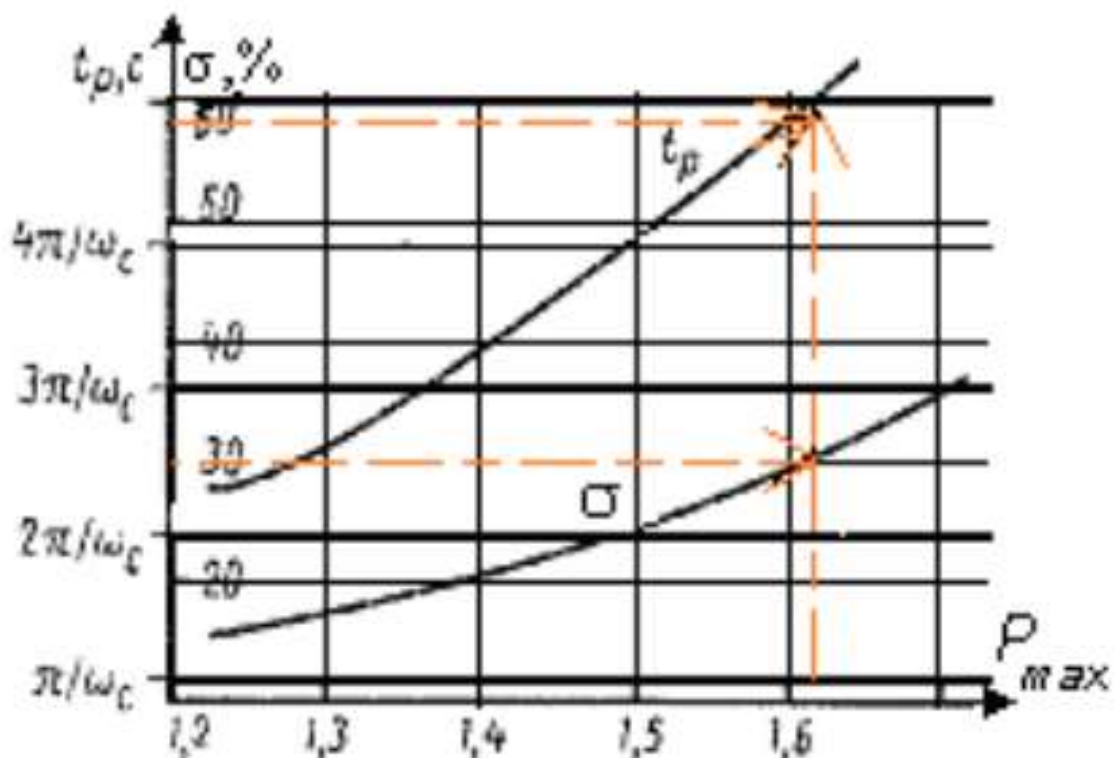


Рисунок 6.4 – Номограма якості Солодовнікова для статичних систем .

Проводимо через точку $\omega_{lc}=0,128 \text{ с}^{-1}$ на осі частот середньо частотну асимптоту з нахилом -20 дБ/дек (рис.6.6). б) Визначення діапазону частот середньочастотної частини ЛАЧХ.

За номограмою (рис.4) та знайденим раніше значенням $P_{\max}=1,62$ знаходимо необхідний запас по фазі $\gamma_{\min}=28^\circ$ й відповідні йому ординати середньочастотної частини ЛАЧХ $L_m=\pm 9 \text{ дБ}$.

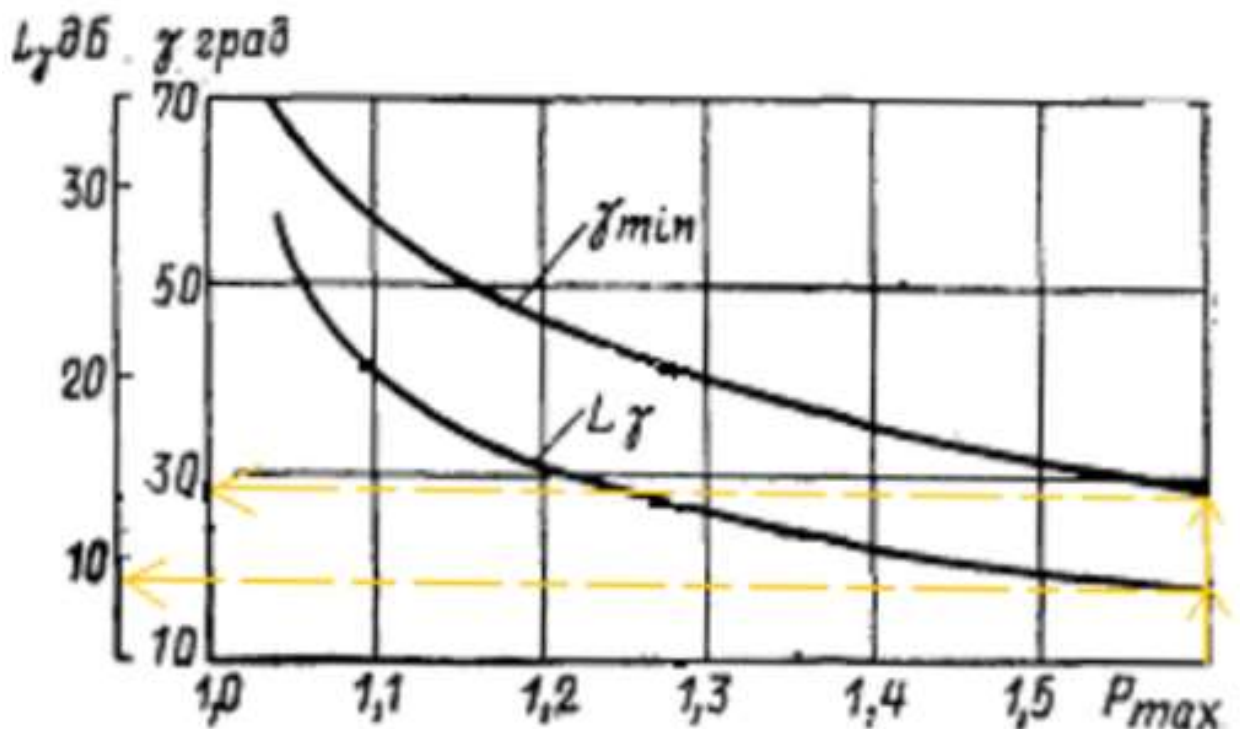


Рисунок 6.5 – Графік для визначення ширини середньочастотної асимптоти й 38 необхідного надлишку фази.

Лінії, проведені паралельно осі частот на рівні $L_m=\pm 9 \text{ дБ}$, дають у точках перетину із середньочастотною асимптотою частоти сполучення $\omega_{c1}=0,04 \text{ с}^{-1}$ у низькочастотній частині бажаної ЛАЧХ і $\omega_{c2}=0,4 \text{ с}^{-1}$ у високочастотній (рис.6.6).

в) Спряження низькочастотної і середньочастотної частин бажаної ЛАЧХ.

Так як точка перетину низькочастотної і середньочастотної асимптот існує і знаходиться лівіше середньочастотної ділянки, то вона і визначає частоту спряження. За графіком (рис.6.6) визначаємо частоту спряження, що дорівнює

$\omega_a = 2,4 \cdot 10^{-3} \text{ с}^{-1}$. г) Побудова високочастотної частини бажаної ЛАЧХ і спряження її із середньочастотною асимптотою.

Побудова високочастотної частини бажаної ЛАЧХ виконується таким чином, щоб вигляд бажаної ЛАЧХ у цій області якомога менше відрізнявся від вигляду незмінної ЛАЧХ.

Середньочастотна асимптота перетинає незмінну ЛАЧХ правіше середньочастотної ділянки, тому цю точку обираємо у якості точки спряження з високочастотною частиною бажаної ЛАЧХ. За графіком (рис.6.6) визначаємо частоту спряження, що дорівнює $\omega_v = 10,2 \text{ с}^{-1}$. При цьому ділянка незмінної ЛАЧХ, розташована правіше цієї точки, вважається високочастотною частиною бажаної ЛАЧХ.

Побудована у такий спосіб бажана ЛАЧХ розімкнутої системи управління $L_{\text{ж}}(\omega)$ представлена на рис.6.6.

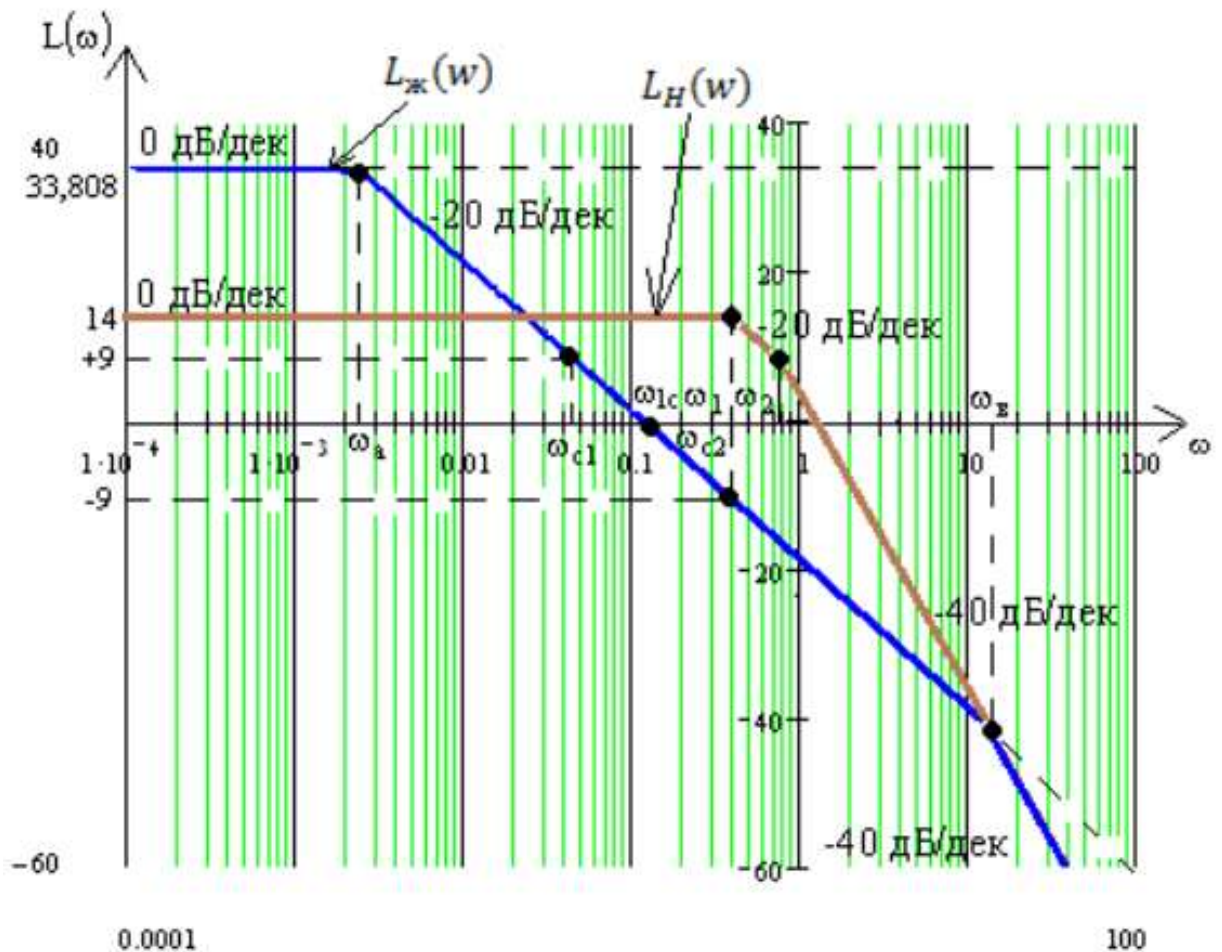


Рисунок 6.6 – Бажана і незмінна асимптотичні ЛАЧХ аналогової системи

4.4.3 Одержання передаточної функції розімкненого ланцюга бажаної системи.

Для одержання передаточної функції розімкненого ланцюга бажаної системи $W_{\text{ж}}(\omega)$ за видом отриманої бажаної асимптотичної ЛАЧХ $L_{\text{ж}}(\omega)$ застосуємо методику, що впливає з методики побудови асимптотичної ЛАЧХ за видом її передаточної функції:

1) визначаємо частоти сполучення ω_i побудованої бажаної ЛАЧХ $L_{\text{ж}}(\omega)$ і розташовуємо їх у порядку зростання: $\omega_a = 2,4 \times 10^{-3} \text{ с}^{-1}$; $\omega_b = 10,2 \text{ с}^{-1}$;

2) визначаємо порядок астатизму бажаної системи за першим нахилом низькочастотної асимптоти бажаної ЛАЧХ. Так як перший нахил становить 0дБ/дек, дана система статична;

3) визначаємо коефіцієнт підсилення розімкнутої системи, вимірявши ординату низькочастотної асимптоти $L_{\text{ж}}(\omega)$ на частоті 1 с^{-1} , із подальшим використанням формули.

$$k = 10^{\frac{L_{\text{ж}}(\omega)}{20}} = 10^{\frac{33.808}{20}} = 49$$

4) знаходимо вирази для співмножників чисельника і знаменника передаточної функції розімкнутої системи, послідовно аналізуючи поведінку асимптотичної ЛАЧХ: а) після частоти сполучення $\omega_a = 2,4 \times 10^{-3} \text{ с}^{-1}$ нахил асимптоти збільшується на 20дБ/дек, що відповідає наявності у знаменнику співмножника.

$$\frac{1}{\omega_a} * +1 = \frac{1}{2.4 * 10^{-3}} * s + 1 = 416.667 * s + 1$$

б) після частоти сполучення $\omega_b = 10,2 \text{ с}^{-1}$ нахил асимптоти збільшується на 20дБ/дек, що відповідає наявності у знаменнику співмножника.

$$\frac{1}{\omega_b} * +1 = \frac{1}{10.2} * s + 1 = 0.098 * s + 1$$

Таким чином, передаточна функція бажаної розімкненої системи матиме вигляд:

$$w_{жс}(s) = \frac{49}{(416.667 * s + 1) * (0.098 * s + 1)}$$

4.4.4 Визначення фактичного надлишку фази в області значущих частот бажаної ЛАЧХ Для перевірки відповідності запасу стійкості тому, що вимагається, будемо у діапазоні $\omega_a < \omega$.

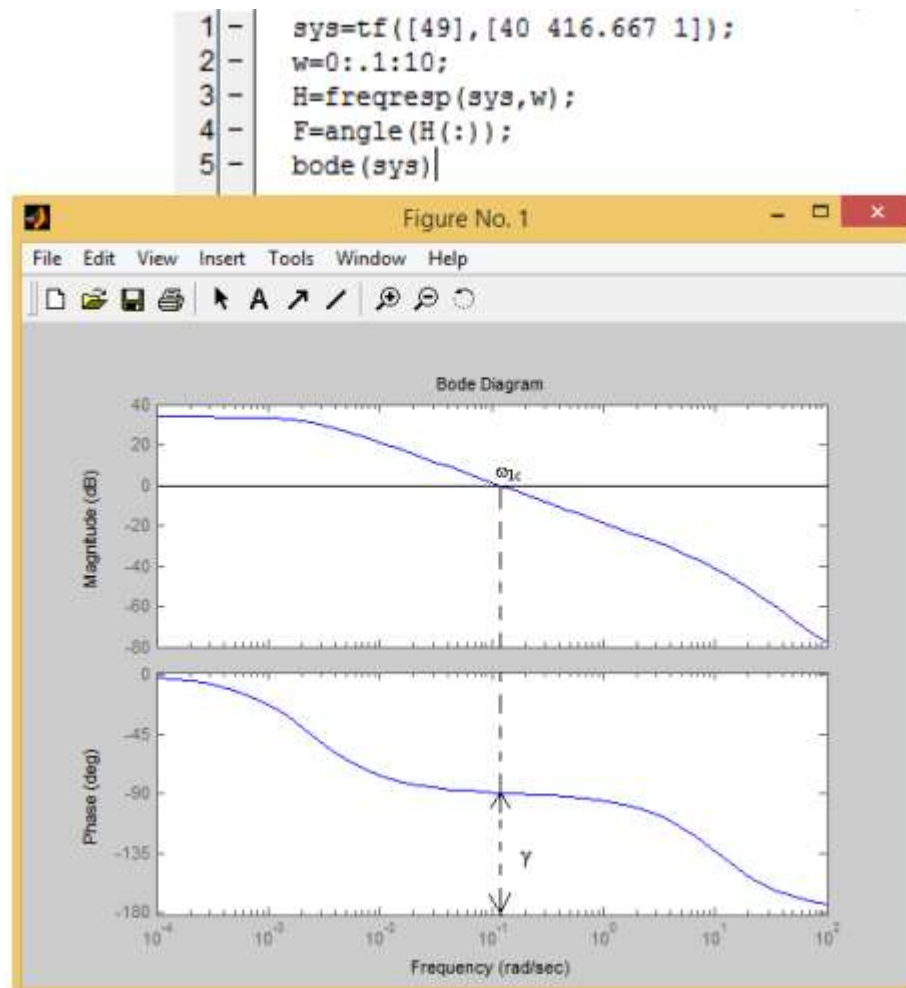


Рис. 6.7 – ЛАФЧХ бажаної розімкненої САУ.

4.5 Моделювання синтезованої системи і визначення показників якості перехідного процесу.

Використовуючи вираз передаточної функції бажаної (скоригованої) розімкненої системи, одержуємо перехідну характеристику замкненої системи, яка представлена на рис.6.8. Для цього використаємо математичний пакет MathCad.

$$Wr(s) = \frac{49}{(416.667 * s + 1) * (0.098 * s + 1)}$$

$$Wz(s) = \frac{Wr(s)}{1 + Wr(s)}$$

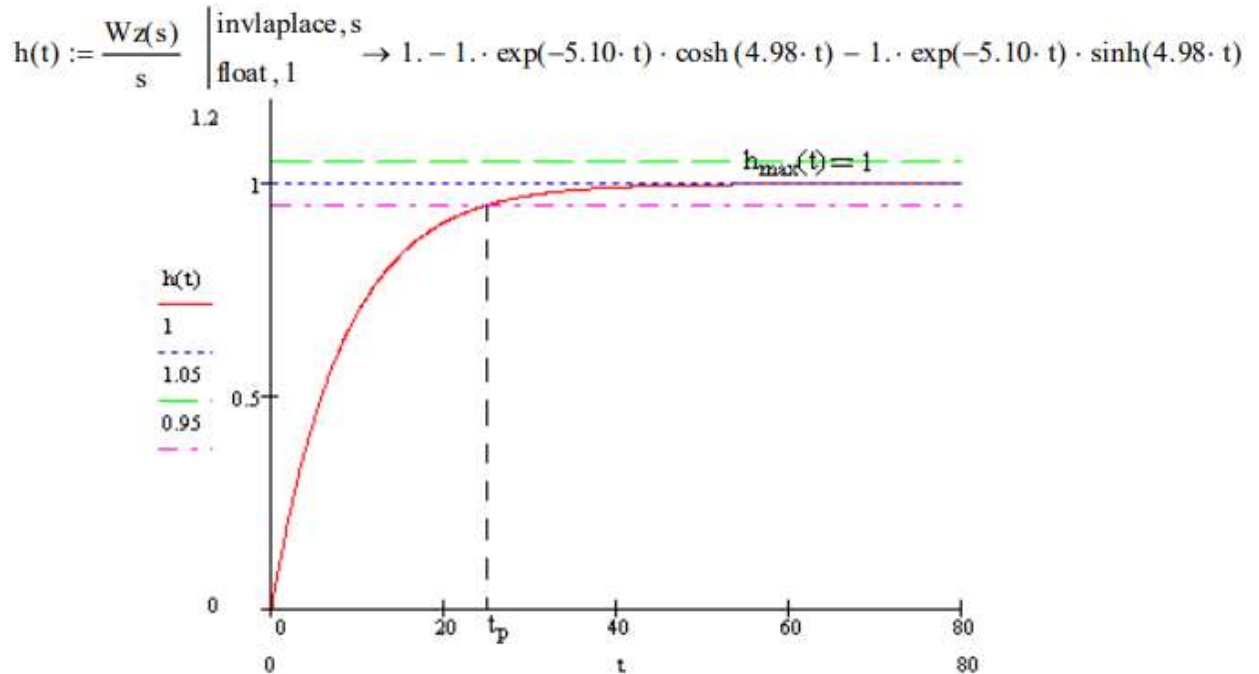


Рис. 6.8 – Перехідний процес у скоригованій системі Аналізуючи перехідний процес, одержуємо такі показники якості: а) час перехідного процесу:

$$tp = 25c = 0.42xв$$

б) перерегулювання:

$$\sigma = \frac{h_{\max}(t) - h_{уст}}{h_{уст}} 100\% = \frac{1 - 1}{1} 100\% = 0\%$$

Отримані показники якості перехідного процесу задовольняють заданим показникам, а значить, синтез виконано успішно.

6.4 Розрахунок параметрів настроювання стандартного регулятора 6.4.1

Побудова перехідної характеристики об'єкта управління. Таким чином маємо:

$$Y(s) = \frac{5.114}{s * (1.279 * s + 1) * (2.558 * s + 1)}$$

За допомогою математичного пакету MathCad застосуємо зворотне перетворення Лапласа, яке і буде шуканою перехідною функцією, графік якої представлений на рис.6.9.

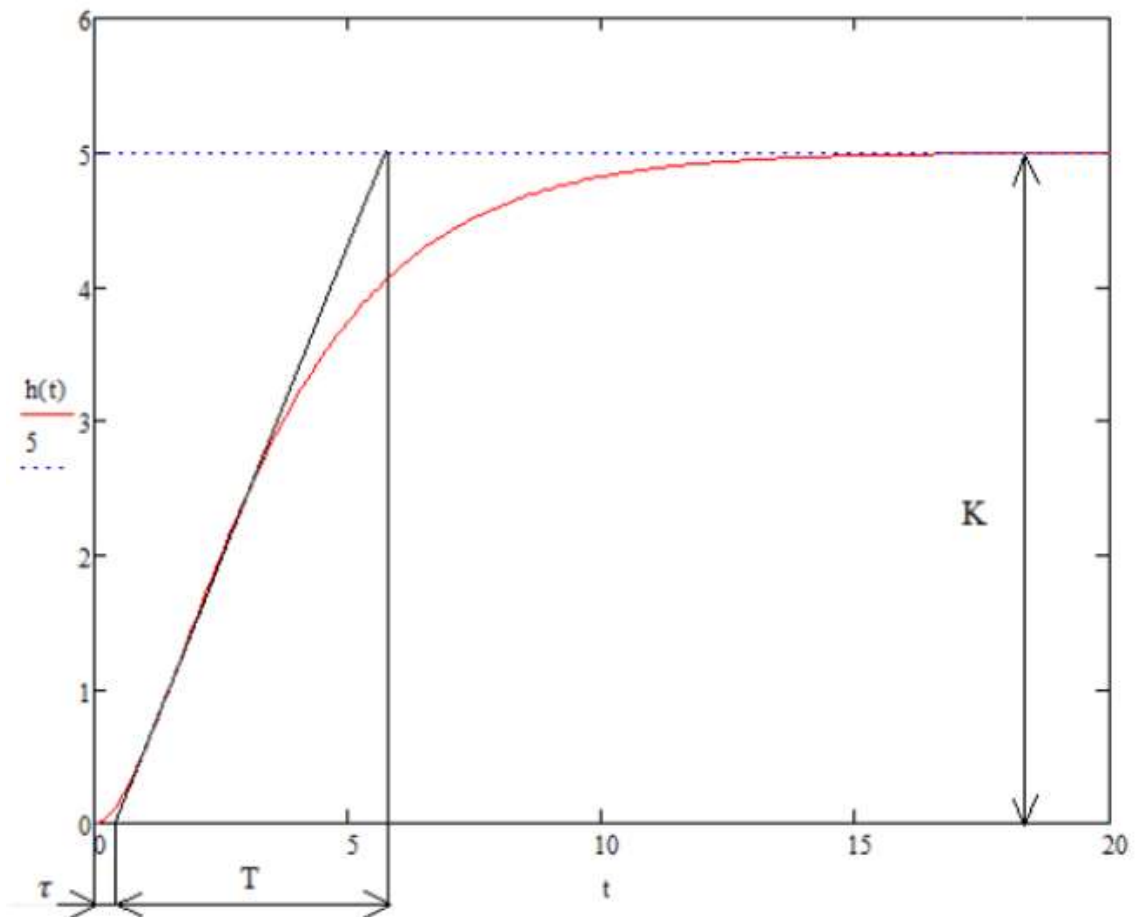


Рис. 6.9 Зворотнє перетворення Лапласа.

4.5.1 Апроксимація передаточної функції об'єкту управління аперіодичною ланкою першого порядку з запізненням.

Передаточна функція об'єкту управління і його перехідна характеристика (рис.6.9) вказують на те, що об'єкт є статичним із самовирівнюванням, а отже, його можна апроксимувати передаточною функцією вигляду:

$$w_{oy}(s) = \frac{K_{oy} * e^{-s*\tau}}{T_{oy} * s + 1}$$

де K_{oy} , T_{oy} – коефіцієнт підсилення та стала часу об'єкта управління; τ – чисте транспортне запізнення. За графіком (рис.6.9) визначаємо вищезгадані сталі:

$$K_{oy}=5,$$

$$T_{oy}=6,1 \text{ с},$$

$$\tau=0,8 \text{ с}.$$

Таким чином, апроксимована передаточна функція об'єкту управління має вигляд:

$$W_{oy}(s) = \frac{5 * e^{-0.8*s}}{6 * s + 1}$$

4.5.2 Знаходження параметрів настроювань стандартного регулятора формульним методом.

Використовуючи формульний метод [3], знаходимо параметри настроювань стандартного ПІ-регулятора, так як чисте транспортне запізнення відсутнє. Для цього застосовуємо формули настроювань ПІ-регулятора для статичного об'єкту, типовий процес регулювання – аперіодичний:

$$Kp = \frac{0.6}{\frac{K_{oy*\tau}}{T_{oy}}} = \frac{0.6}{\frac{5*0.8}{6}} = 1.11$$

$$T_u = 0.6 * T_{oy} = 0.6 * 6 = 3.6c$$

Таким чином, отримуємо наступну передаточну функцію регулятора

4.5.3 Визначення перехідної функції замкнутої системи та побудова перехідної характеристики.

Використовуючи визначені параметри регулятора і отриману передаточну функцію об'єкту управління, знаходимо передаточну функцію замкнутої системи:

$$W_z(s) = \frac{W_{(s)} * W_p(s)}{1 + W_{(s)} * W_p(s)} = \frac{5.62 * s + 1.27}{3.272 * s^3 + 3.837 * s^2 + 6.114 * s + 1.27}$$

За допомогою математичного пакету MathCad будуємо перехідну характеристику замкнутої систему управління з ПІ-регулятором (рис.6.10).

$$W_{(s)} = \frac{5.101}{(1.278 * s + 1) * (2.555 * s + 1)}$$

$$W_p(s) = 0.897(1 + \frac{1}{3.66 * s})$$

$$W_z(s) = \frac{W_{(s)} * W_{P(s)}}{1 + W_{(s)} * W_{P(s)}}$$

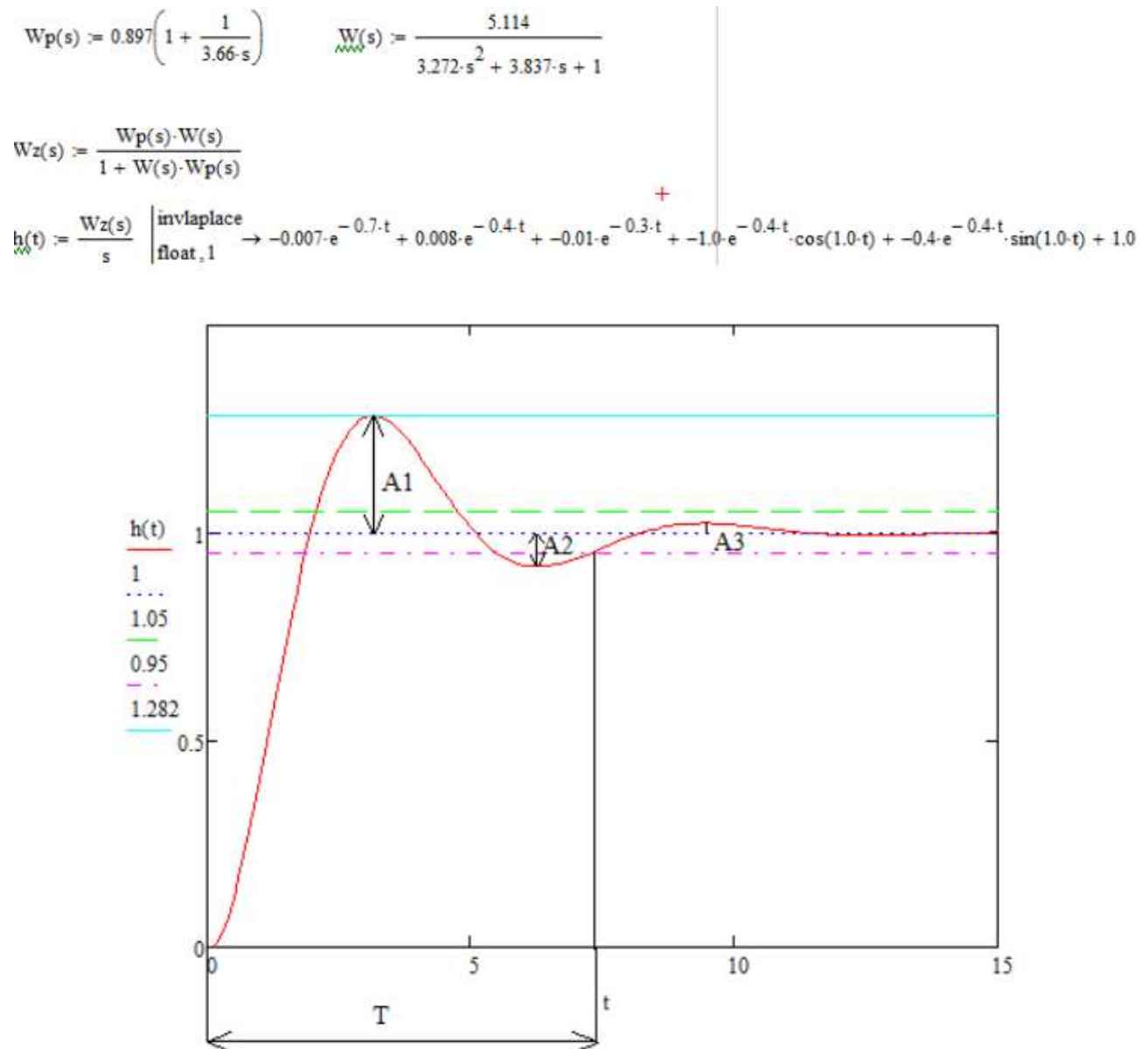


Рис. 6.10 – Перехідна характеристика замкненої системи управління з ПІ-регулятором.

За графіком (рис.6.10) знаходимо основні показники якості перехідного процесу:

- а) перерегулювання згідно із (2-7) $\sigma=28\%$,
- б) час перехідного процесу $T=7$ с,
- в) ступінь затухання $\psi=0,92$.

Знайдені оцінки якості свідчать про те, що отримана система задовольняє поставленим вимогам, а отже ці налаштування для ПІ-регулятора є задовільними.

4.5.4 Розрахунок невизначеності аналого-цифрового перетворення

4.3 Розрахунок невизначеності аналого-цифрового перетворення

4.3.1 На метрологічні властивості ВК комп'ютерно-інтегрованих АСК істотно впливають метрологічні властивості аналого-цифрових перетворювачів (АЦП). Похибка переведення вимірювальної інформації з аналогової форми в цифрову робить істотний вплив на невизначеність вимірів усього вимірювального каналу.

До таких основних похибок АЦП відносяться [17]:

- похибка квантування, яка визначається зазвичай як половина одиниці молодшого розряду (ОМР);
- диференціальна нелінійність АЦП, яка визначається тим, що в різних діапазонах перетворення значення кроку квантування може мати невиключену систематичну похибка, визначувану в долях ОМР;
- напруга зсуву нуля, обумовлена зміщенням нуля компаратора АЦП і відхиленням опору першого резистора дільника опорної напруги від номінального значення;
- мультиплікативна похибка коефіцієнта перетворення АЦП, визначувана як різниця між дійсним і номінальним значенням коефіцієнта перетворення;
- монотонність характеристики перетворення як незмінність на прямого приросту вихідного сигналу при монотонній зміні вхідного сигналу за наявності шумів усередненого приросту, визначається як величина, залежна від ОМР, і характеризує непропажу кодів на виході АЦП;
- апертурна похибка (джитер) АЦП
- це невизначеність амплітуди миттєвого значення сигналу внаслідок кінцевого (ненульового) часу перетворення аналогового сигналу в цифровий.

4.3.2 Розглянемо оцінку невизначеності АЦП на прикладі мікроконтролера PLC Omron CJ1M-CPU13. Десятибітовий однокристальний АЦП мікроконтролера перетворює напругу 0...5 В за 2^N кроків. Похибки аналого-цифрового перетворення в документації мікроконтролера приведені по відношенню до одиниці молодшого розряду, англійською мовою Least Significant Bit (LSB), яка може бути вчислена за формулою:

$$LSB = V_{REF} / 2^N$$

де N – разрядність АЦП;

V_{REF} – опорна напруга.

Нижчий код відповідає 0, вищий 2^{N-1} .

4.3.3 Оскільки АЦП мікроконтролера PLC Omron CJ1M-CPU13 працює за принципом послідовного наближення, то й час перетворення істотно залежить від величини аналогового сигналу. Час перетворення – це час, за який на виході АЦП з'являється стійкий код, що відповідає вхідному сигналу. Для даного мікроконтролера ця величина лежатиме в межах 13...260 мс. Частота вибірки значення при максимальному значенні вхідного сигналу 15 кГц. Мікроконтролер PLC Omron CJ1M-CPU13 має вісім мультиплексованих несиметричних вхідних каналів АЦП. Тут розглядається розрахунок невизначеності вимірів при виконанні вимірів одним каналом для отримання інформації про повільно протікаючі процеси з частотою не вище 1 кГц.

Вхідний опір аналогового входу досить високий – 100 МОм для виконання більшості вимірів. У [18] приведені наступні похибки АЦП мікроконтролера PLC Omron CJ1M-CPU13 при напрузі живлення $VCC = 4$ В, опорній напрузі $VREF = 4$ В, і тактовій частоті 200 кГц:

- інтегральна нелінійність перетворення (INL)
- 1,1 LSB; - диференціальна нелінійність перетворення (DNL)
- 0,3 LSB; - похибка підсилювача (GE)
- 1,6 LSB; - похибка зсуву (OE)
- мінус 1,5 LSB;
- похибка квантування (QE)
- 0,5 LSB.

4.4.1 За даними документації на PLC Omron CJ1M-CPU13 [18] температура довкілля несуттєво впливає на вольтамперну характеристику мікроконтролера. Отже, впливом температури на похибку перетворення можна нехтувати. Також при повільно протікаючих процесах можна не брати до уваги апертурну похибку.

4.4.2 Максимальні значення похибки нелінійності перетворення, пов'язані з алгоритмом перетворення в АЦП, розраховуємо з умови найгіршого можливого поєднання інтегральної і диференціальної нелінійності: $\delta NL = INL + DNL$.

Невизначеність, пов'язану з нелінійністю перетворення, обчислюємо, виходячи зі значення δ_{NL} у припущенні про рівномірний розподіл похибки:

$$\Delta_{NL} = \delta_{NL} \frac{V_{REF}}{2^N}$$

4.3.6 Оцінку стандартної невизначеності за типом В визначаємо згідно формули:

$$U_{BNL} = \frac{\Delta_{NL}}{K(p)\sqrt{3}}$$

де $K(p)$ – коефіцієнт, рівний 1,1 для імовірності $p=0,95$ і 1,4 для імовірності $p=0,99$.

4.3.7 Сумарна похибка посилення і зсуву $\Delta_{\nabla_{\text{с}}}$ вихідного коду відносно вхідного сигналу є рівною $\Delta_{\nabla_{\text{с}}} = \Delta_{\text{с}} + \Delta_{\text{с}}'$. Оцінка стандартної невизначеності за типом В, пов'язана з посиленням і зсувом, визначається аналогічним чином:

4.1.1 Сумарна похибка посилення і зсуву δ_{GO} вихідного коду відносно вхідного сигналу є рівною $\delta_{GO} = GE + OE$. Оцінка стандартної невизначеності за типом В, пов'язана з посиленням і зсувом, визначається аналогічним чином:

$$\Delta_{GO} = \delta_{GO} \frac{V_{REF}}{2^N} \quad U_{BGO} = \frac{\Delta_{NL}}{K(p)\sqrt{3}} \quad (4.15)$$

4.1.2 Абсолютні межі шуму квантування аналогово-цифрового перетворення дорівнюють половині одиниці молодшого розряду:

$$\Delta_Q = 0,5 \cdot \text{LSB}. \quad (4.16)$$

Невизначеність квантування u_Q дорівнює межі похибки квантування, яка ділиться на коефіцієнт охоплення для рівномірного закону розподілу:

$$u_Q = \Delta_Q / \sqrt{3} \quad (4.17)$$

У таблиці 4.1 приведений бюджет невизначеності аналогово-цифрового перетворення.

Таблиця 4.1 – Бюджет невизначеності аналогово-цифрового перетворення

Таблиця 4.1

Вхідні величини	Оцінки вхідних величин	Стандартна невизначеність	Розподіл імовірності
Похибка нелінійності перетворення		$\hat{u}_{B_{NL}} = \frac{\Delta_{NL}}{K(p)\sqrt{3}}$	Рівномірний
Похибка зсуву і посилення		$\hat{u}_{B_{GO}} = \frac{\Delta_{GO}}{K(p)\sqrt{3}}$	Рівномірний
Похибка квантування		$u_Q = \frac{\Delta_Q}{\sqrt{3}}$	Рівномірний
Y	0...5 В	u(y)	Рівномірний

4.1.3 Сумарну невизначеність u_s вихідного коду визначаємо наступним чином:

$$u(y) = \sqrt{\sum_{i=1}^m u_i^2(y)},$$

$$u_s = \sqrt{\left(\frac{\Delta_{NL}}{K(p)\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_{GO}}{K(p)\sqrt{3}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta_Q}{\sqrt{3}}\right)^2}. \quad (4.18)$$

4.1.4 Розширену невизначеність розраховуємо з урахуванням коефіцієнта охоплення, величина якого визначається для рівномірного розподілу за величиною відношення $|u_2(y)/u_1(y)|$, що відповідає відношенню двох найбільших вкладів до бюджету невизначеності, при цьому $u_1(y) \geq u_2(y)$. Значення коефіцієнта охоплення k_B вибираємо з таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Значення коефіцієнта охоплення при рівномірно розподілених вхідних величинах

Таблиця 4.2

$ u_2(y)/u_1(y) $	1...0,8	0,9	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1
k_B	1,94	1,93	1,92	1,90	1,87	1,82	1,75	1,68

Приведені в табл. 4.1 і 4.2 дані дозволяють розрахувати розширену невизначеність за формулою:

$$U = k_B u_s.$$

4.5. Висновки до 4 розділу

В даному розділі дипломного проекту було проведено розрахунок похибки каналу вимірювання тиску, а також було проведено розрахунок невизначеності аналого-цифрового перетворення

В даному розділі було розраховано відносну похибку 5,94%. Похибка модуля аналогового введення 5,01мА. Похибку модуля аналогового введення у відносній формі 0,6%. відносна похибка ВК тиску 11,93%. Похибку ВК тиску в робочих умовах 18,7%

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було розроблено:

- досліджено та розроблено технологічний процес виготовлення майонезу.
- проведено вибір контролю параметрів та розробка на їх основі структури КІВС контролю процесу виробництва майонезу;
- розроблено алгоритм, структурну схему, функціональну схему, принципову схему КІВС;
- розроблено метрологічне забезпечення КІВС шляхом моделювання метрологічних характеристик (похибок);

Було розглянуто та проведено аналіз методів та засобів вивимірювання параметрів виробництва майонезів.

Було проведено розрахунок метрологічних характеристик(похибок) комп'ютеризованої інформаційно-вимірювальної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ВАКУУМУ
https://stud.com.ua/166294/tehnika/metodi_vimiryuvannya_vakuumu
- 2) ВИМІРЮВАННЯ ВИТРАТИ І КІЛЬКОСТІ РЕЧОВИНИ
https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php/1009905/mod_resource/content/1/%D0%9B%D0%95%D0%9A%D0%A6%D0%86%D0%AF%207.pdf
- 3) Вакуумметр ZSE40 <https://www.smc-pneumatics.com/ZSE40A-01-T-X501.html>
- 4) Перетворювач частоти
<https://mall.industry.siemens.com/mall/en/de/Catalog/Product/6SL3220-2YE16-0UF0>
- 5) SITOP POWER DC-UPS-МОДУЛЬ 24В/6А
<https://mall.industry.siemens.com/mall/ru/ru/Catalog/Product/6EP1931-2DC21>
- 6) Витратомір
<https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:d174ef00-5eba-4635-9f93-70c718e90639/fi01-fc-ua.pdf>
- 7) Панель Керування 24В DC NB10-TW001
<https://industrial.omron.pt/pt/products/nb#features>
- 8) Методичні вказівки до виконання розрахунків в дипломних проектах спеціальностей 151 та 152 для студентів усіх форм навчання / УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ХІМІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ – Дніпропетровськ УДХТУ 2017 – 42 с
- 9) МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ до виконання кваліфікаційної роботи освітнього ступеня «магістр» / ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»– Житомир 2022 – 42 с.
- 10) МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ до виконання завдань ПЕРЕДДИПЛОМНОЇ ПРАКТИКИ / ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»– Житомир 2021-2022 – с. 12
- 11) МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для самостійної роботи студентів з навчальної дисципліни «ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНО-

ВИМІРЮВАЛЬНИХ СИСТЕМ»/ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»– Житомир 2022 – с. 5.

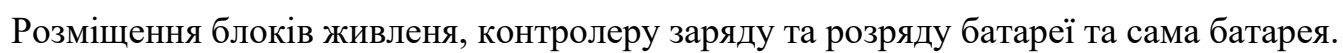
12) Інтелектуальні оптоелектронні сенсори кута: схемотехнічні та алгоритмічні методи синтезу [Монографія] М.І. Паламар, А. В. Чайковський; ТНТУ ім. І. Пулюя. – Тернопіль, 2015 – 144 с.

13) CJ1W-MAD42 мануал [https://products.industrial.omron.eu/downloads/manual/en/w490_cj-series_analog_i_o_units_for_nj-series_\(cj1w-ad0\[\],_-da0\[\],_-mad42\)_operation_manual_en.pdf](https://products.industrial.omron.eu/downloads/manual/en/w490_cj-series_analog_i_o_units_for_nj-series_(cj1w-ad0[],_-da0[],_-mad42)_operation_manual_en.pdf)

14) Модуль розширення CJ2M, PNP (50A2-50A3)
https://assets.omron.eu/downloads/manual/en/v7/w486_cj2m-md21x_pulse_i_o_module_users_manual_en.pdf

15)

Додатки



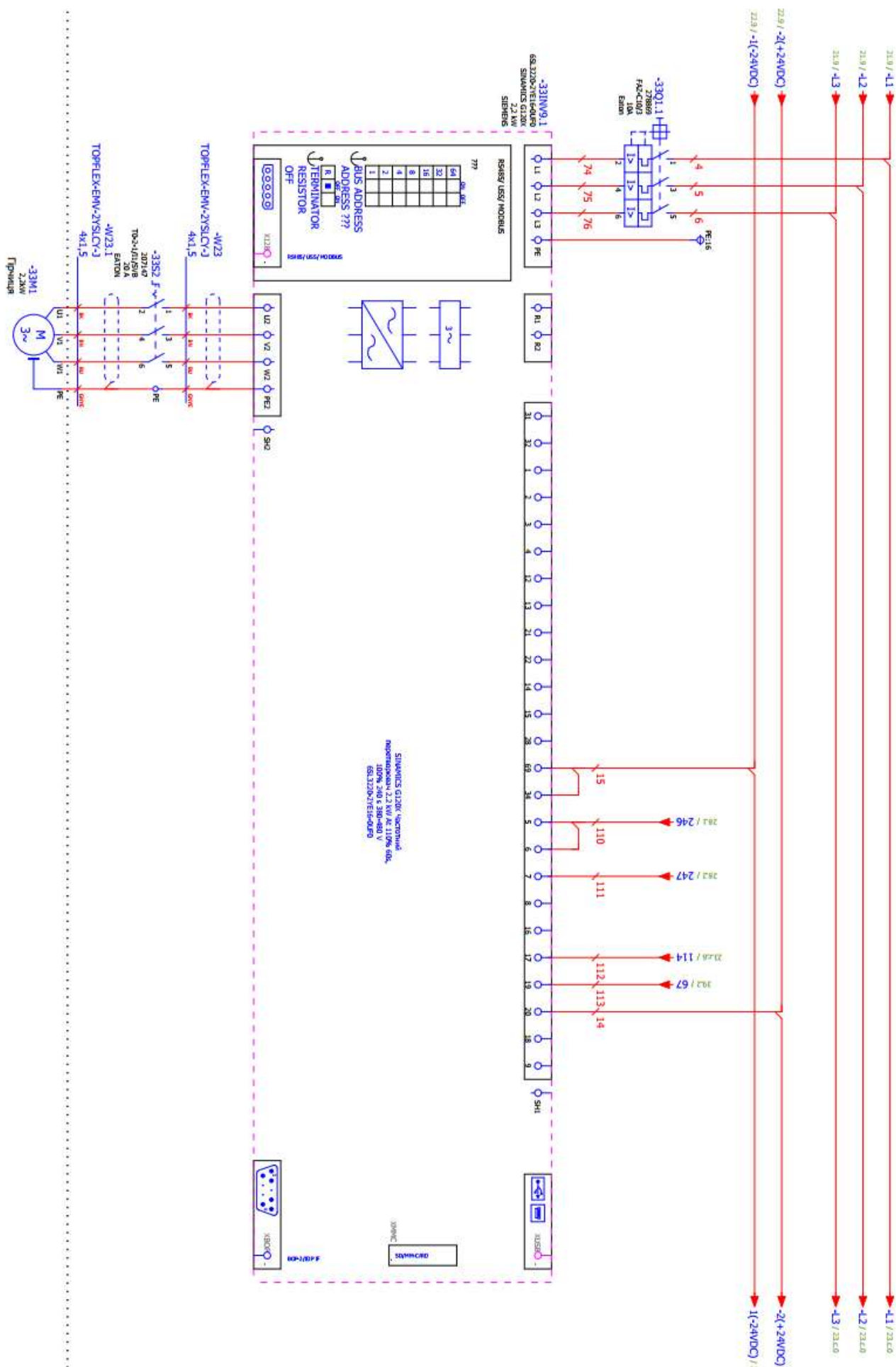


Схема підключення частотного перетворювача гірчиця

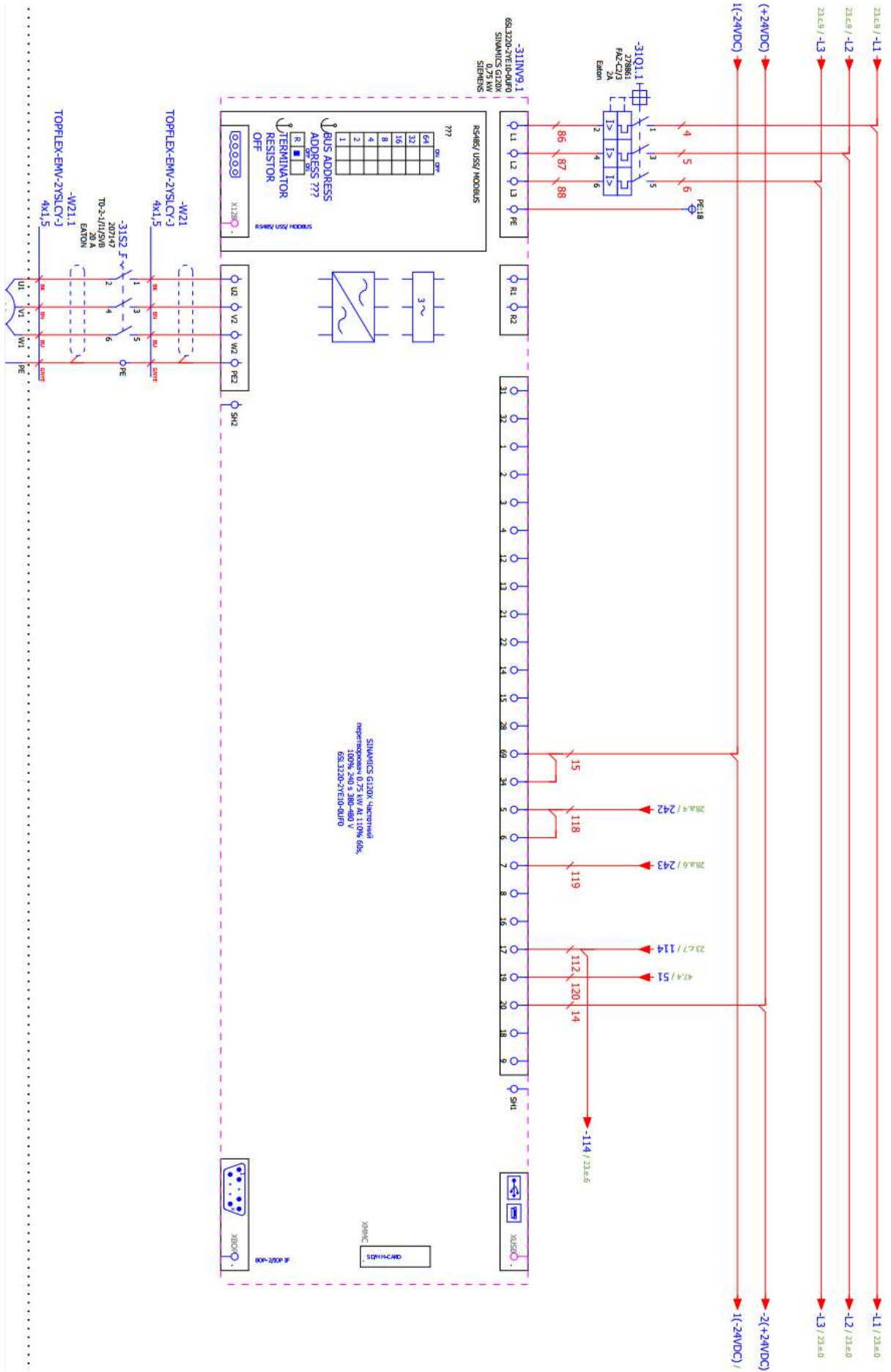


Схема підключення частотного перетворювача оцет

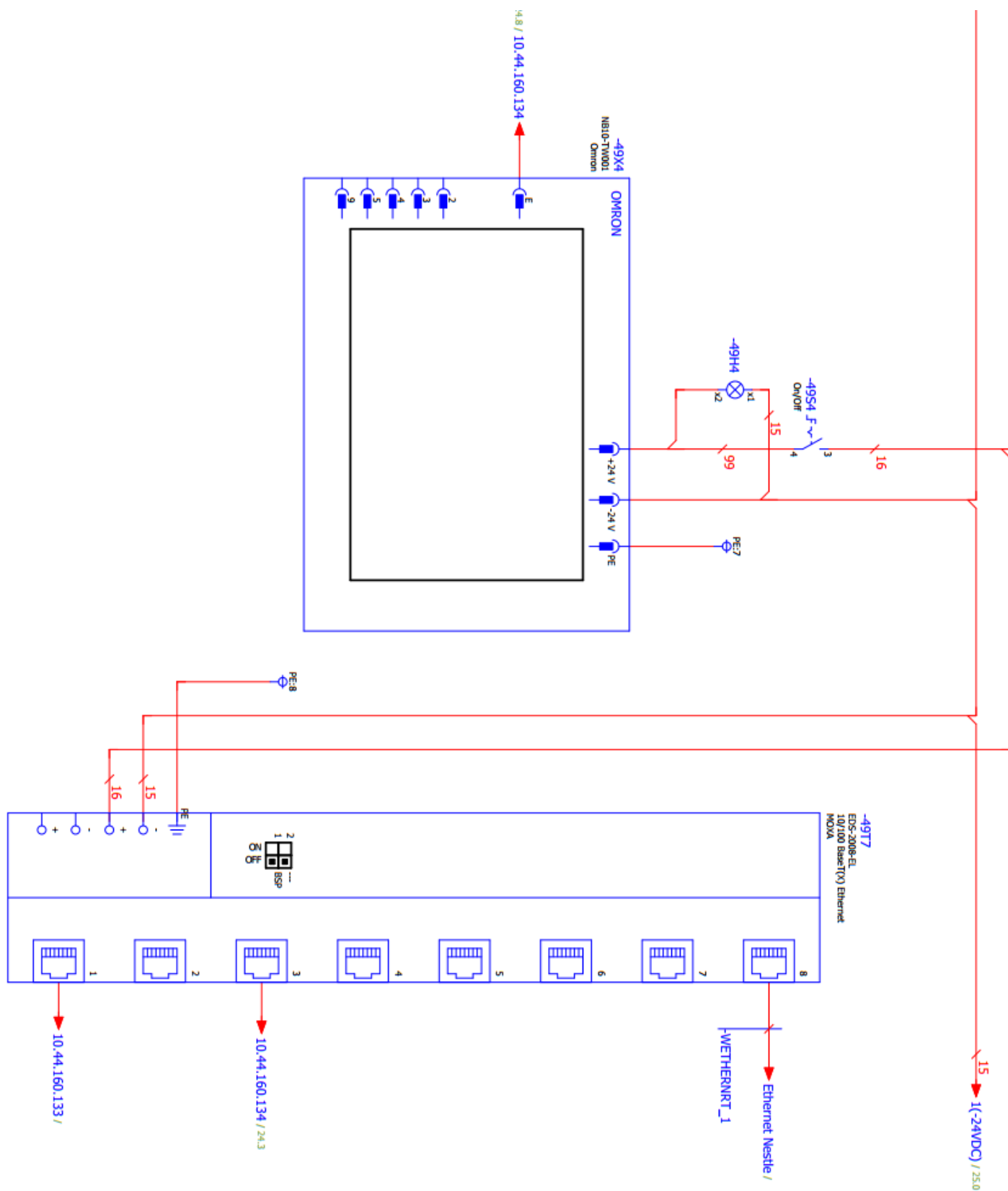


Схема підключення дисплею (HMI) та комутатор Ethernet EDS-2008-EL

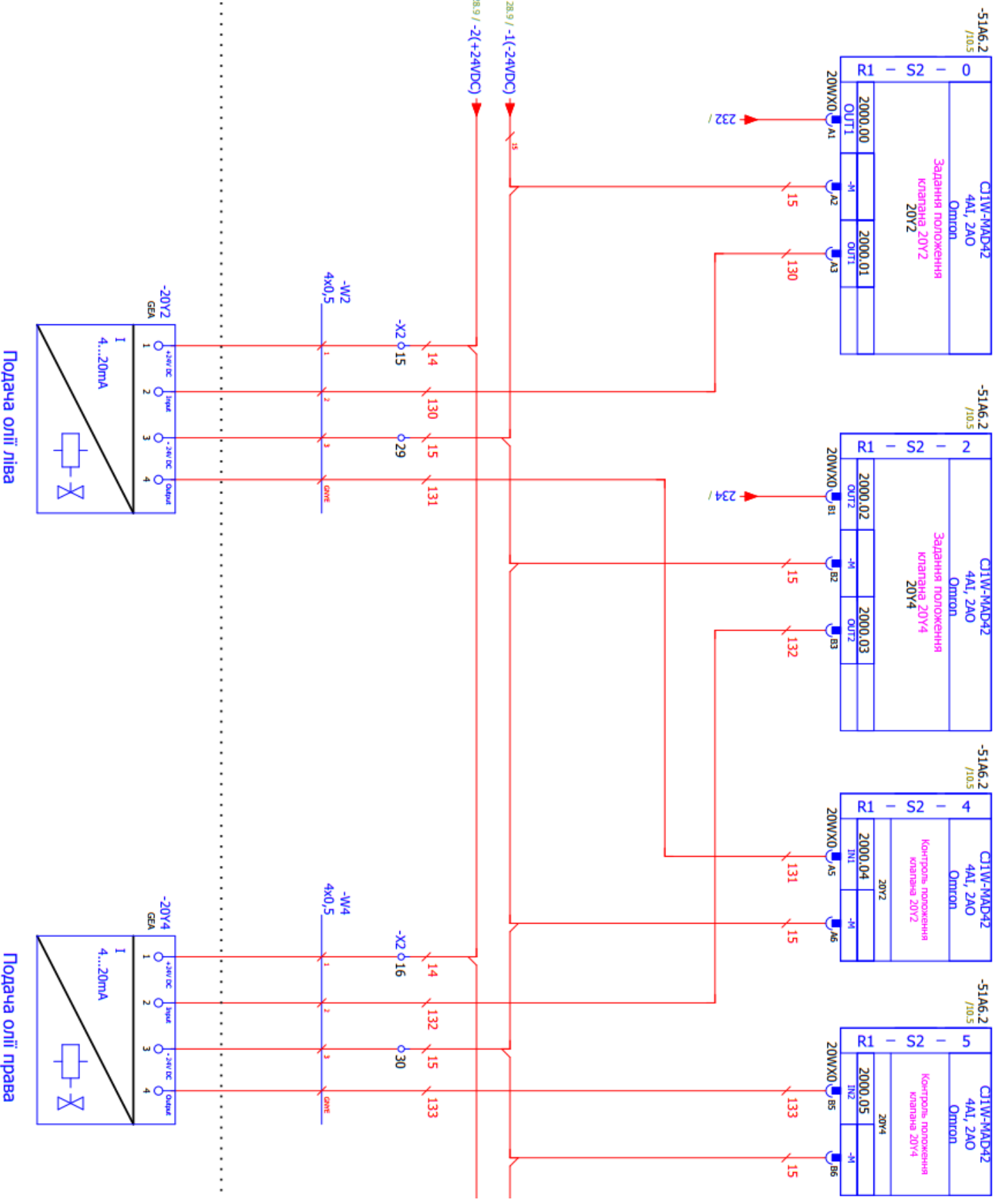


Схема підключення електричних клапанів

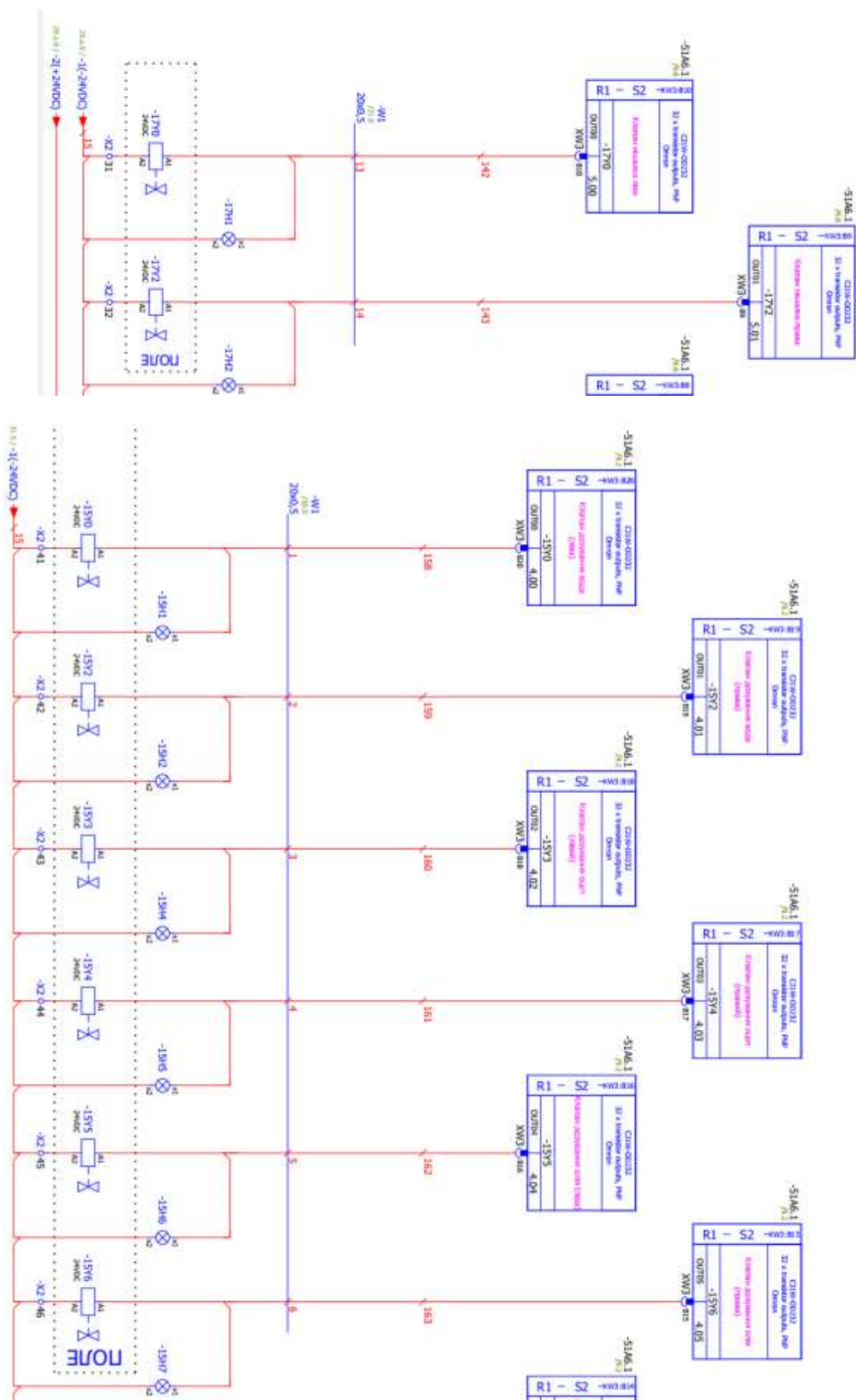


Схема підключення пневматичних клапанів

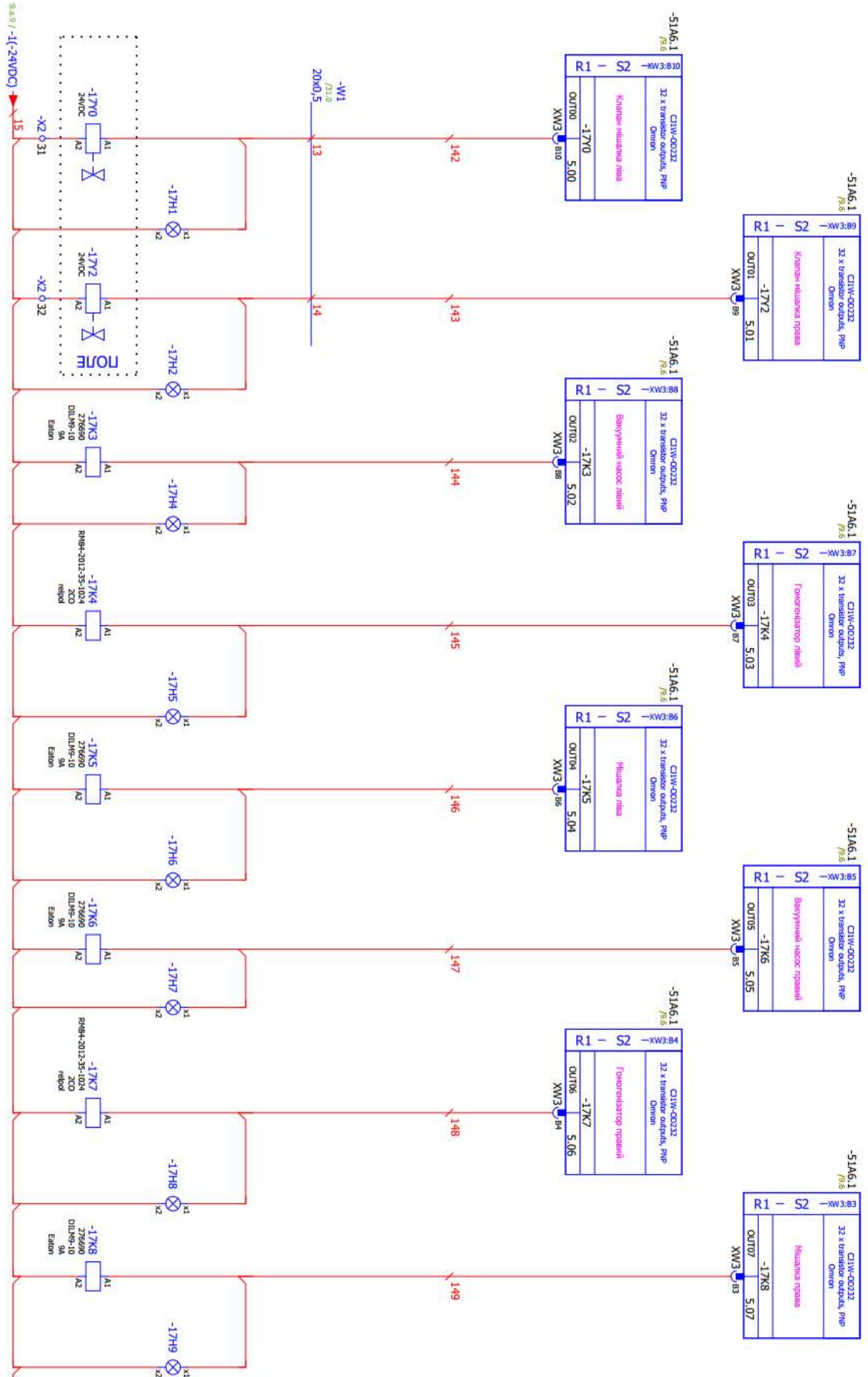
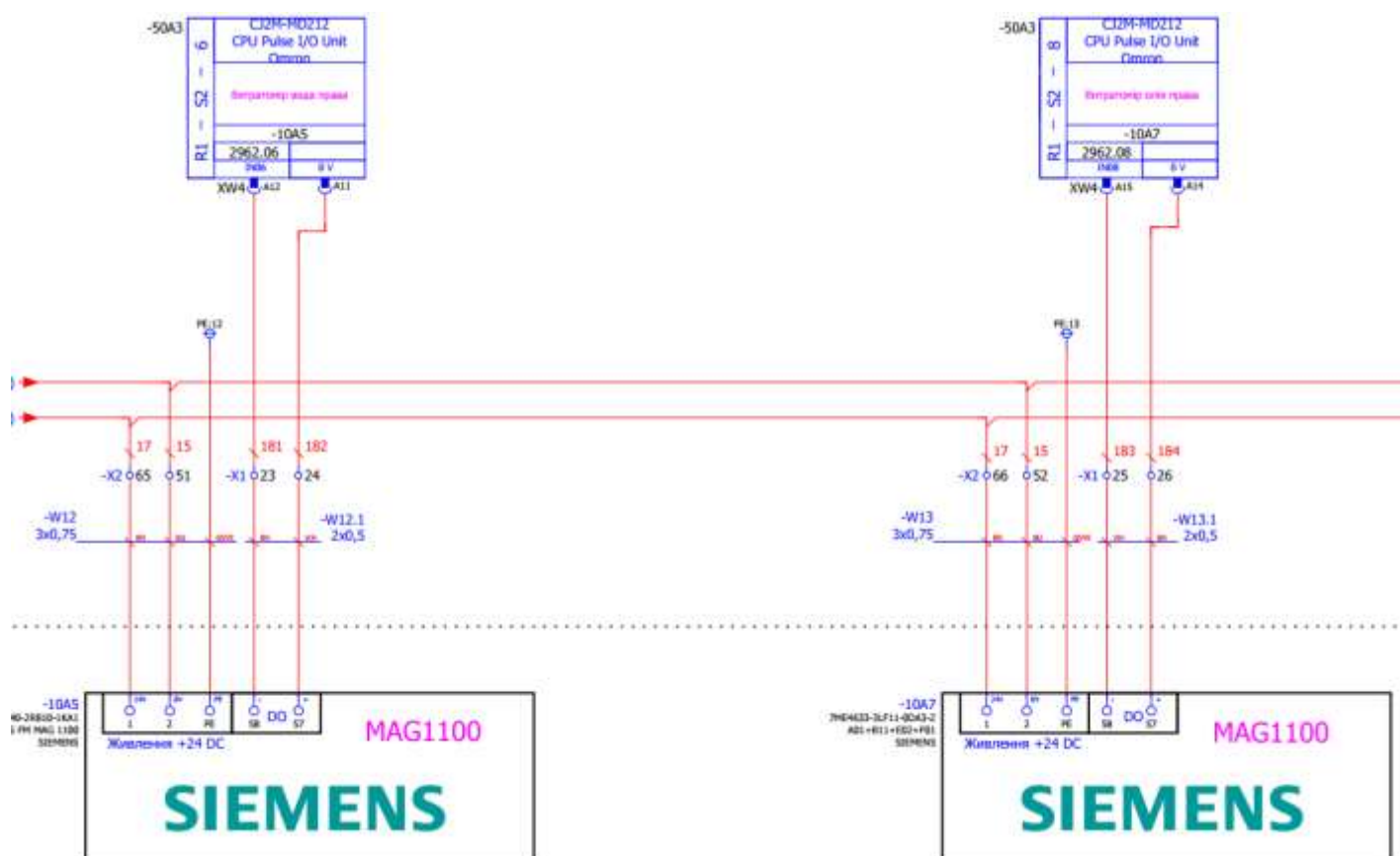
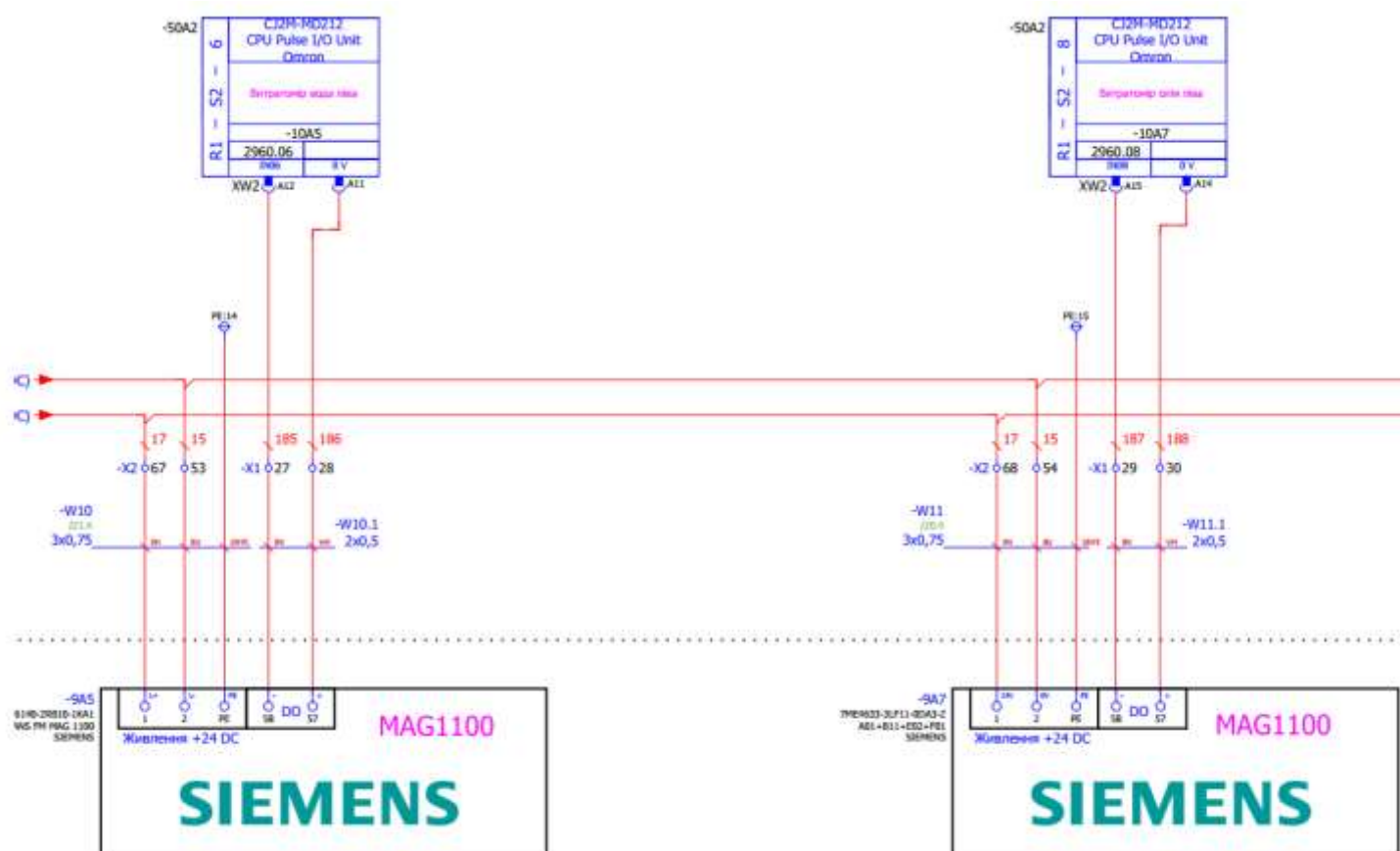


Схема підключення пневматичних клапанів



Витратомір вода права

Витратомір олія права



Витратомір вода ліва

Витратомір олія ліва

Схема підключення витратомірів

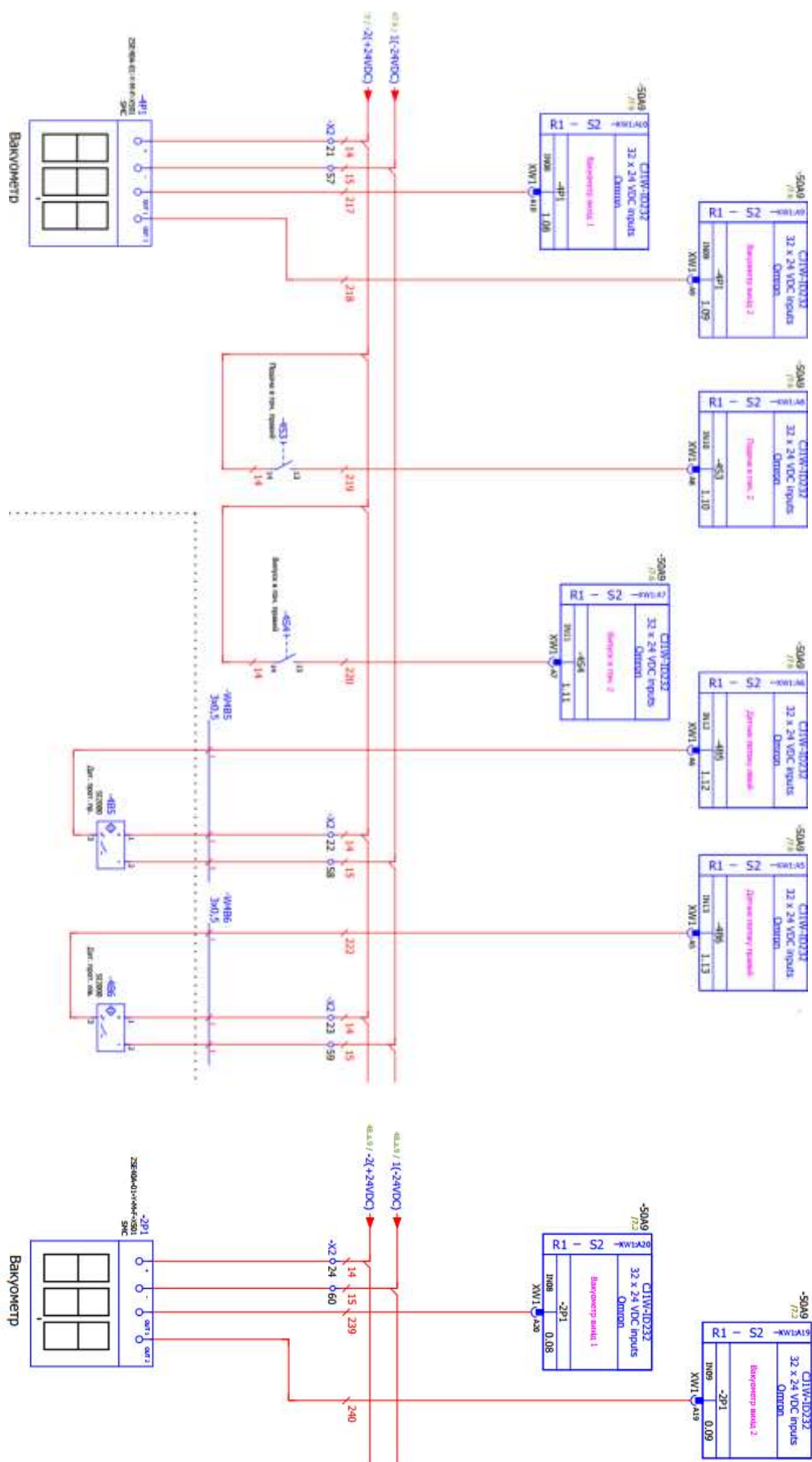


Схема підключення вакуумметрів та датчиків протоку

