

_____,
_____,

« »

« »

()

()

« » _____ 2020 .

« » _____ 2020 .

151 « , - » _____

- « , - » _____

_____»
_____:

_____ : 2 , -2-2 _____ ()

_____	()	_____	()
_____	()	_____	()
_____	()	_____	()
_____	()	_____	()

_____,

_____ ()

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

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

Освітньо-професійна програма *«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»*

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

І.В.Ельперін

« » 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Брощану Андрію Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: *Розробка системи автоматизації процесу консервування кукурудзи*

керівник роботи *Гончаренко Борис Миколайович, д.т.н, професор*

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

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

2. Строк подання здобувачем роботи « 11 » червня 2020 р.

3. Вихідні дані до роботи

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

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

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічного засобу.

5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1. Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК.

3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 27 квітня 2020 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач Брошан А.М.

_____ (підпис)

Керівник роботи Гончаренко Б.М.

_____ (підпис)

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	5
ANNOTATION.....	6
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ	
1.1. Аналіз технологічної ділянки консервування кукурудзи як об'єкта автоматизації.....	8
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації процесу консервування кукурудзи.....	13
РОЗДІЛ 2. ОПИС СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ КОНСЕРВУВАННЯ КУКУРУДЗИ	
2.1. Вибір технічних засобів автоматизації.....	15
2.3. Специфікація засобів автоматизації процесу консервування кукурудзи.....	29
РОЗДІЛ 3. ОПИС СХЕМ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДАТЧИКІВ ТА ВИКОНАВЧИХ МЕХАНІЗМІВ ДО МІКРОПРОЦЕСОРНОГО КОНТРОЛЕРА	
3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера М340.....	32
3.2. Розширена схемі підключення для контуру вимірювання рівня.....	44
РОЗДІЛ 4. ОПИС СХЕМ ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ	
4.1. Опис встановлення ультразвукового датчика рівня Prosonic M FMU42.....	48
РОЗДІЛ 5. ОПИС СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	
5.1. Алгоритм та програма для контролера М340.....	57
5.2. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора.....	63

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6. КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ
АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ

6.1. Дослідження стійкості АСР за допомогою критерії стійкості..... 68

ВИСНОВКИ..... 81

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... 82

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

АНОТАЦІЯ

В дипломному проєкті розглядається технологічний процес консервування кукурудзи в зернах.

В дипломному проєкті наведено короткий опис технології консервування цукрової кукурудзи. Розроблені завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, підключення датчиків і виконавчих механізмів до контролера Modicon M340, наведена специфікація приладів та засобів автоматизації. Показано монтаж ультразвукового рівнеміра Prosonic M FMU42 та розроблено розширену схему його підключення для ругулювання рівня у збірнику кукурудзи з використанням частотного перетворювача.

Розроблено алгоритм та програму для управління процесом консервування кукурудзи. Програма розроблена для ПЛК Schneider Electric Modicon M340. Інтерфейс дисплейної мнемосхеми процесом саме бланшування та наповнення банок кукурудзою та заливкою розроблено за допомогою SCADA-програми Vijeo Citect.

Проведено комп'ютерне моделювання системи на предмет дослідження заданої САР на стійкість.

Ключові слова: консервування кукурудзи, система автоматизації, програмований логічний контролер, комп'ютерне моделювання, мікропроцесорні засоби вимірювання.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ док.м.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ANNOTATION

The diploma project considers the technological process of canning corn in grains.

The diploma project provides a brief description of the technology of canning sweet corn. Tasks for the automation system, automation scheme, connection of sensors and actuators to the Modicon M340 controller are developed, the specification of devices and means of automation is given. The installation of the ultrasonic level meter Prosonic M FMU42 is shown and the extended scheme of its connection for level regulation in the corn collector with use of the frequency converter is developed.

An algorithm and a program for controlling the process of canning corn have been developed. The program is designed for Schneider Electric Modicon M340 PLC. The interface of the display mnemonic by the process of blanching and filling cans with corn and filling was developed using the SCADA program Vijeo Citect.

Computer modeling of the system was performed to study the given SAC for stability.

Keywords: corn canning, automation system, programmable logic controller, computer simulation, microprocessor measuring instruments.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

ВСТУП

Консервна промисловість - галузь харчової промисловості, підприємства якої переробляють сировину рослинного й тваринного походження і виготовляють консервовані продукти, головним чином у герметичній упаковці. Основна продукція галузі: консерви плодоовочеві (овочеві, томатні, фруктові тощо), м'ясні, молочні, рибні, м'ясо-рослинні, сало-бобові та ін.

Сировиною для консервної промисловості є плоди, овочі, молоко, риба тощо. Консервування продуктів харчування, які швидко псуються у свіжому вигляді і мають сезонний характер виробництва, дає можливість постачати їх населенню рівномірно протягом року.

Овочеві натуральні консерви є напівфабрикати, призначені для виготовлення салатів, вінегретів, перших і других обідніх страв. Вони використовуються у вигляді холодних і підігрітих гарнірів до м'ясних і рибних страв, для безпосереднього споживання в їжу з маслом чи без нього. Овочеві натуральні консерви випускаються наступного асортименту: зелений горошок, квасоля стручкова, цукрова кукурудза, томати натуральні цілі, кольорова капуста, буряк і моркву, перець солодкий натуральний, пюре зі шпинату і щавлю, овочеві маринади.

Овочеві натуральні консерви виготовляють з цілих або різаних овочів, в заливку додають невелику кількість кухонної солі та цукру, а також протертих в вигляді пюре овочів.

Кукурудза - одна з найважливіших зернових і кормових культур. Зерно кукурудзи містить біля 10,5 % білків, 66% безазотистих екстрактивних речовин, 6,5% жири, 1,5% золи, 2,5% клітковини, 14-15% води, а також вітамінів.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1. Аналіз технологічної ділянки консервування кукурудзи як об'єкта автоматизації

Під овочевими натуральними консервами мається на увазі продукти, приготовлені з одного виду овочів з заливкою, до складу якої входять невеликі кількості солі і цукру. Для цієї мети підготовлені овочі використовують в цілому вигляді або різними, а також і протертими (пюре з червоного-перцю, щавлю або шпинату). Виготовляють консерви і з суміші овочів

Ці овочеві консерви відносяться до напівфабрикатів. Всі консерви є високопоживними овочевими продуктами. Вони добре зберігають смак, колір, аромат, вітаміни та інші харчові гідності вихідної сировини.

Для консервування цукрової кукурудзи використовують спеціальні сорти; прибирають качани в стадії консервної (молочної) стиглості, коли зерна кукурудзи ніжні, соковиті і містять найбільшу кількість цукрів. Поживність цукрової кукурудзи дуже висока (18-20% вуглеводів, в тому числі цукрів 3,5-6, азотистих речовин 3-4, жирів до 1%).

Цукрова кукурудза багата багатьма вітамінами; по окремим дослідженням в 100 г кукурудзи міститься (в мг): вітаміну С 11,6-13,7, вітаміну В1 - 0,16, вітаміну В2 - 0,11-0,12 [1,2].

При посіві рекомендується застосовувати цукрові сорти кукурудзи різних строків досягання і ступінчастий графік посіву. Це дозволяє в південних районах довести тривалість збирання врожаю і тим самим сезон переробки до 70 і більше днів. Забирають кукурудзу зазвичай вручну, в 2-3 прийоми, в міру

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Броцан А.М.</i>			<i>Розробка системи автоматизації процесу консервування кукурудзи</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Керівник</i>		<i>Гончаренко Б.М.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Ельперін І.В.</i>			ЗАК-2-2ск, НУХТ			
<i>Секр. ЕК.</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						

визрівання качанів, які для консервування повинні бути свіжі, добре сформовані, циліндричної або незначною конусоподібної форми, покриті зеленою листяною оболонкою з початківцями підсихати темно-коричневими нитками; зерна - не зморщені, наліті, при натисканні з них повинен виділятися сік молочного кольору, солодкого смаку. Довжина качанів не менше 15 см.

Для консервів 1-го сорту вимоги до якості сировини (в порівнянні з вищим сортом) кілька знижуються (допускається 5% качанів недозрілих і перестиглих). Для переробки не використовують качани завдовжки менше 10 см (їх не можна обробити машинами), мляві, з підсохлими зернами, уражені шкідниками або качани кормових сортів кукурудзи.

З тим щоб не погіршилася якість кукурудзи, на сировинному майданчику не можна зберігати сировину більше 12 год. (якщо з часу збору і доставки пройшло не більше 6 год.) [3,4].

Консерви з цукрової кукурудзи виробляють з цілих зерен і з подрібнених. Після очищення качанів від оболонки, мийки і інспекції їх сортують; качани правильної форми, цілком заповнені неушкодженими зернами, використовують для приготування консервів з цілих зерен, з інших виробляють консерви з подрібнених зерен.

Загальні технологічні процеси для обох видів консервів наступні. Очищають від оболонки на спеціальних обдирні машинах: видаляють листові обгортки і шовковисте нитки і обрізають плодоніжки. Кількість відходів становить 30-35%. Потім кукурудзу миють в барабанні й конічній мийній або в душовій мийній машині при тиску води 2-3 атм.

При інспекції (за конвеєром) видаляють залишки листя, дефектні качани, обрізають кінці на машині, що має обертові дискові ножі, відбраковують качани, уражені шкідниками, і сортують їх на придатні для виробництва консервів з цілих зерен і з подрібнених [5,6].

Далі технологічні процеси протікають по-різному. Консерви з кукурудзи в

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

цілих зернах. Бланшують качани в неперервно-діючій бланширувальній машині протягом 2-3 хв. при температурі води 85-90 ° і швидко охолоджують холодною водою. При бланшируванні ущільнюються клітини зерен, коагулюють білкові речовини, набухає і клейстеризується крохмаль, що дуже важливо для зниження втрат розчинних речовин при подальшому охолодженні водою.

Після бланшування зерна зрізають на спеціальних машинах, регулюючи ножі так, щоб зерна зрізали повністю. Вихід зрізаних зерен становить 23-25% від ваги неочищених качанів.

Миють і очищають зерна також на спеціальній машині барабанного типу. При цьому видаляють будь-які залишки листя, стержня, нитки і т. П. Після миття проводять інспекцію зерен на стрічковому транспортері, коли можливо видалити зерна, неоднорідні за кольором, а також домішки, що залишилися після миття.

Наповнюють банки зерном кукурудзи та розсолем на автоматичному наповнювачі в співвідношенні 60-65% зерен і 35-40% розсолу. Останній повинен містити 2,5-3% кухонної солі і надходити в банку гарячим при температурі не нижче 85-90 °. Далі слідує негайне закупорювання на вакуум-закаточній машині і стерилізація, яку проводять за наступним режиму: банки № 9 20 - 50 - 20 (116 °) або 20 - 30 - 20 (120 °); банки № 13 20 - 75 - 20 (116 °) або 20 - 45 - 20 (120 °).

Кукурудзяні консерви зазвичай готують в жерстяних банках. Це пояснюється тим, що продукт містить значну кількість крохмалю. Він ускладнює конвекцію рідкої частини консервів при стерилізації, тому для поліпшення теплопередачі і доцільно застосовувати бляшану тару.

Теплопередача поліпшується і прискорюється, якщо стерилізацію проводять в неперервно-діючих апаратах, де банку обертається.

Для стерилізації кукурудзяних консервів можуть застосовуватись

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

горизонтальні автоклави, в яких корзина з банками після її завантаження в апарат приводиться в обертання. Це дозволяє в кілька разів скоротити час витримки консервів при високій температурі.

Консерви з роздробленої кукурудзи.

Після загальних процесів (видалення оболонок, мийка, інспекція, сортування) відібрані качани, придатні для виготовлення консервів з подрібнених кукурудзяних зерен, вдруге промивають на струшувати душовою мийній машині. Потім зрізують зерна.

Цю операцію проводять на спеціальній ножовий машині, яка спочатку зрізає верхівки зерен, а потім шкребками з зерен видавлює вміст, після чого виходить маса, за консистенцією нагадує кашку. Вихід роздробленої маси становить 24-25% від ваги неочищених качанів.

Очищають подрібнену масу на очисній машині, видаляючи великі частки качанів, залишки зеленого листя, шовковистих ниток. Відходи на цій операції становлять 0,7-0,8%.

Далі подрібнену масу змішують з розчином солі і цукру послідовно в двох підігрівачах-змішувачах. У першому апараті змішують дроблену масу (70-74%) і заливку (26-30%), суміш підігривають до 80-85 °. Заливку готують з розрахунку: на 100 л води 3-4 кг кухонної солі і 10-14 кг цукру. Рецептuru заливки встановлюють залежно від сорту кукурудзи і її цукристості.

У другому апараті суміш додатково перемішують і підігривають до 88-90 °. Після цього її перекачують у збірник, який має мішалку, зі збірки окремими порціями подають в наповнювач. Ця операція (постійне перемішування в збірнику) необхідна, щоб уникнути розшаровування продукту (якщо не перемішувати, то тверді його частини осядуть в нижній частині збірника).

Для наповнення банок готовим продуктом можливо застосовувати автоматичний поршневий наповнювач для напіврідких або пастоподібних продуктів. При наповненні банок температуру маси підтримують не менше

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

85 °С.

Після закупорювання консерви стерилізують при 116-120 ° і швидко охолоджують водою. Таке охолодження необхідно, щоб уникнути розвитку в консервах термофільних бактерій [7-10].

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації процесу консервування кукурудзи

Таблиця 1.1. Завдання на розробку системи автоматизації

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії	Додаткові умови
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Збірник кукурудзи	Рівень	100 %	Регулювання	Стабілізація	Вплив на двигун М1	
2	Збірник кукурудзи	Температура	25 °С	Контроль	Відображення Реєстрація, Сигналізація	АРМ оператора	
3	Миюча машина	Рівень	100 %	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі води	
4	Трубопровід подачі води	Тиск	296 кПа	Контроль	Відображення Реєстрація, Сигналізація	АРМ оператора	
5	Трубопровід подачі води до флоатційної машини	Тиск	296 кПа	Регулювання	Стабілізація	Вплив на двигун насосу М2	
6	Бланширувач	Температура	90 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	
7	Станція приготування заливки	Температура	85 °С	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі пари	

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата			

Продовження табл. 1.1.

1	2	3	4	5	6	7	8
8	Станція приготування заливки	Витрата	200 л/год	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі заливки	
9	Електропривід двигунів	Стан	-	Керування (ручне та дистанційне), регулювання	Ручне та дистанційне, сигналізація	Пуск, зупинка, світлова	

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2
ОПИС СХЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ КОНСЕРВУВАННЯ
КУКУРУДЗИ

2.1. Вибір технічних засобів автоматизації

В автоматизації виробництва використовують численні та різноманітні технічні засоби. Відповідно за функціональною характеристикою вони діляться на наступні групи:

1) засоби, що отримують інформацію про стан об'єкта керування. Дані пристрої слугують для перетворення вимірюваної фізичної величини у зручний задля сприйняття формат, а також для обробки сигналу;

2) засоби, що приймають, перетворюють та передають інформацію. Вони також містять команди управління;

3) засоби, що обробляють інформацію, формують команди управління, подають інформацію операторам;

4) засоби, які використовують командну інформацію задля впливу на об'єкт керування.

На етапі вибору регульованих величин та каналів регулювання обираються ті параметри, які підлягають регулюванню, а також такі параметри за допомогою яких можна здійснювати регульовальні впливи. Для каналу регулювання певного технологічного параметра повинна бути реалізована максимальна швидкодія регульованої величини.

На етапі вибору контрольованих величин технологічного процесу обираються ті параметри, за допомогою яких відбувається оперативне керування процесом, його пуск та зупинення. До таких параметрів можна віднести параметри, які є обов'язковими і входять до параметрів технологічного

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Розробка системи автоматизації процесу консервування кукурудзи</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		<i>Броцан А.М.</i>						
<i>Керівник</i>		<i>Гончаренко Б.М.</i>						
<i>Зав. каф.</i>		<i>Ельперін І.В.</i>						
<i>Секр. ЕК.</i>		<i>Проскурка Є.С.</i>						
						ЗАК-2-2ск, НУХТ		

температури від впливу вимірюваної температури. Як правило, довжина захисної трубки становить

170 мм або 260 мм. На звороті корпусу розташовані клеми для підключення джерела живлення через ланцюг струму 4...20 мА. Підключення відбувається через рознім у відповідності до EN 175301-803А.



Рис. 2.1. Загальний вигляд

На передній панелі корпусу - п'ятизначний дисплей під скляною кришкою. Нижче на дисплеї розташовані три клавіші для налаштування термометра. Над дисплеєм розташований зелений та червоний світлодіод, який вказує стан приладу.

Технічні характеристики TF2:

Вхід: вимірювана величина – температура в діапазоні від -50 +200°C.

Вихід: уніфікований сигнал 4-20 мА по дротах живлення.

Нижня (мінімум) - 3,6 мА та верхня межа струму (максимум) - 23 мА.

Вихід захищений: для запобігання неправильного підключення полярності джерела живлення, надмірної напруги живлення та короткого замикання.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Максимальний опір навантаження: $U=12V / 0,023A$.

Характеристика перетворення пропорційна вимірюваній температурі.

Нормовані метрологічні характеристики:

- Абсолютна похибка при температурі навколишнього середовища в межах $(23\pm 5)^\circ C$ складає: $< \pm(0,45^\circ C + 0,2\%$ від верхньої межі налаштованого діапазону вимірювань).
- Час одного циклу вимірювання ≤ 100 мс.
- Додаткова похибка від зміни температури навколишнього середовища: $< \pm 0,15\%$ від верхньої межі налаштованого діапазону вимірювань на кожні $10^\circ C$.
- Додаткова похибка від впливу вібрацій в усіх напрямках: $< \pm 0,05\%/g$ до $500 Гц$
- Додаткова похибка від впливу нестабільності джерела живлення на кожний вольт зміни напруги: $< \pm 0,01\%$ від верхньої межі налаштованого діапазону вимірювань.

Умови використання:

- Температура навколишнього середовища, в межах: $-25...+85^\circ C$.
- Рекомендований діапазон температур, в межах: $-10...+70^\circ C$.
- Температура середовища зберігання приладу, в межах: $-40...+85^\circ C$

Для витрати заливки використовується витратомір PROLINE PROMASS 80A, зовнішній вигляд якого показано на рис. 2.2.

Принцип роботи полягає у використанні сили Коріоліса, який не залежить від фізичних властивостей середовища. Розроблений для постійного вимірювання, наповнення та дозування, вартість дуже низька. Надзвичайно точні вимірювання рідин і газів, таких як емульсії, добавки, приправи, інсулін, гази високого та низького тиску. Температура рідини до $+200^\circ C$. Робочий тиск до 400 бар. Можливе підключення до всіх загальним системам управління процесом: HART, PROFIBUS PA / DP, FOUNDATION Fieldbus, MODBUS.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		



Рис.2.2. Зовнішній вигляд витратоміра PROLINE PROMASS 80A

Вимірювальний прилад Promass дозволяє одночасно записувати декілька змінних технологічних процесів (маса / щільність / температура) в різних робочих умовах під час процесу вимірювання.

Принцип вимірювання:

Принцип вимірювання заснований на контрольованому формуванні сили Коріоліса. Ці сили створюються при застосуванні поступального та обертового руху. Амплітуда сили Коріоліса залежить від рухомої маси Δm , її швидкості v в системі, і, отже, масової витрати. Замість кутової швидкості ω , в датчику Promass використовується осциляція (коливання). Вимірювальна трубка, через яку проходять потоки продукту, коливається. Сили Коріоліса, вироблені на вимірювальній трубці, викликають зсув фаз в коливаннях трубки (рис. 2.3):

- При нульовій витраті, тобто коли рідина не рухається, коливання, реєстроване у точках А і В, знаходиться у фазі, тобто фазовий зсув відсутній (1).
- Масова витрата викликає уповільнення коливання на впуску трубок (2) і прискорення навипуск (3).

Різниця фаз (А-В) збільшується зі збільшенням масового потоку. Електричні датчики виявляють вібрацію труби на вході та виході.

У порівнянні з двотрубною системою, системний баланс одотрубної системи потребує інших структурних рішень. З цієї причини Promass А має внутрішню контрольну якість.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вимірювальні змінні:

- Масова витрата (пропорційний різниці фаз між двома датчиками, що встановлюються на вимірювальній трубці для реєстрації зсуву фаз в коливанні)
- Щільність рідини (пропорційна резонансної частоті вимірювальної трубки)
- Температура рідини (вимірюється датчиками температури)

Promass 80

Вихід по струму:

Активний / пасивний, обираний, з гальванічною розв'язкою, що обирається, постійна часу (0.05 ... 100 с), регульоване повномасштабне значення, температурний коефіцієнт: зазвичай 0.005% от / ° C, дозвіл: 0.5 мкА

- Активний: 0/4...20 мА, RL <700 Ом (при HART: RL ≥ 250 Ом)
- Пасивний: 4 ... 20 м; напруга живлення VS 18 ... 30 В пост. струму; Ri ≥ 150

Ом

Для вимірювання рівня кукурудзи і у миючій машині використовується ультразвуковий рівнемір Prosonic M (рис. 2.4) фірми ENDRESS+HAUSER [16]. Ультразвукові рівнеміри дозволяють безконтактно вимірювати рівень. Точність приладу забезпечується за рахунок здатності до самоочищення вібрацією самого сенсора діафрагми та нечутливості до налипання продукту. Дані рівнеміри використовуються для вимірювання рівня паст, сипких матеріалів, рідких продуктів.

Особливості та переваги датчика Prosonic M:

- Вимірювання на основі безконтактного методу мінімізує потребу в обслуговуванні;
- Функція лінеаризації (до 32 балів) для перетворення вимірюваних значень у будь-яку одиницю довжини, обсягу чи вартості;
- Вбудований датчик температури для автоматичної корекції швидкості звуку та температури;
- Можливий монтаж з різьбовим з'єднанням G 1 1/2" або 1 1/2" NPT;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

- Опція дистанційного керування та відображення (до 20 метрів від передавача);
- Підходить для використання в потенційно вибухонебезпечних приміщеннях (Gas-Ex, Dust-Ex);
- Проста та швидка конфігурація на місці за допомогою 4-рядкового меню.



Рис. 2.4. Зовнішній вигляд ультразвукового рівнеміра Prosonic M FMU42

Основні технічні характеристики: 2х / 4х-провідна схема підключення (HART), PROFIBUS PA, FOUNDATION Fieldbus; похибка: +/- 4 мм або +/- 0,2 % від заданого діапазону вимірювання; температура навколишнього середовища: -40 ° C ... 80 ° C; робоча температура: -40 ° C ... 80 ° C; робочий тиск абс. / макс. межа надлишкового тиску: 0.7 мають ... 2.5 бар абс.

Способи монтажу:

- фланець
- DN80, ANSI 3", JIS 10K 80

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

- DN100, ANSI 4", JIS 10K 100
- монтажний кронштейн

блокуюча дистанція: 0.4 м

Макс. значення вимірювання: 10 м

вихід :

- FOUNDATION Fieldbus
- PROFIBUS PA
- 4 ... 20 mA HART

Для вимірювання тиску подачі води на промивання кукурудзи використовується перетворювач тиску SITRANS P серії MS (рис. 2.5). Вимірювальний перетворювач вимірює тиск неагресивних і агресивних газів і пари і рідин. Можливі інтервали вимірювання від 0,03 до 400 bar. Вихідним сигналом є постійний струм від 4 до 20 мА, який лінійно-пропорційний вхідному тиску.

Вхід:

- Інтервал виміру 0,03 до 400 bar
- Нижня межа вимірювання - вимірювальна комірка з наповнювачем з силіконового масла 30 mbar (абс.)
- Верхня межа вимірювання 100% макс. інтервалу вимірювання
- Початок вимірювання (безступінчата установка) між межами вимірювання

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

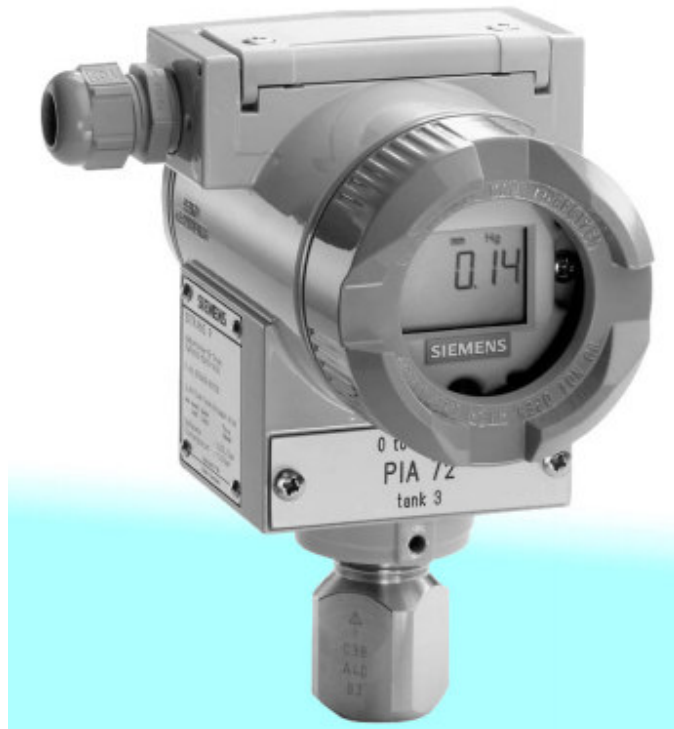


Рис. 2.5. Перетворювач тиску SITRANS P серії MS

Вихід:

Вихідний сигнал 4 до 20 mA

- нижня межа 3,84 mA
- верхня межа 20,5 mA
- електричне демпфірування - встановлюються тимчасові постійні 0 до 100 s
- датчик струму встановлюється 3,55 до 23 mA . Сигнал відмови 22,8 mA навантаження
- без HART-комунікації $R_B \leq (U_H - 10,5 \text{ V}) / 0,023 \text{ A}$ в Ω , U_H : допоміжна енергія в V
- з HART-комунікацією $R_B = 230$ до 500/1100 Ω . Характеристика лінійно зростаюча або падаюча.

Для регулювання швидкості подачі кукурудзи до збірника та тиску подачі води до флотаційної миючої машини використовується частотний перетворювач Lenze 8200 Vector за рахунок зміни частоти обертів двигунів.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

Основні характеристики частотного перетворювача:

- має діапазон потужності: 0.25-7.5 кВт, 230/240 В; 0.55-90 кВт, 400/500 В.
- перевантажувальна здатність становить: 180% від номінального моменту напрутязі 60 секунд від 15 кВт додатково 210% – напрутязі 3 секунд.
- має наступні робочі режими: закон управління – U/f лінійне або жквдратичне, управління моментом без датчика ОС моменту, векторне управління
- глибина для регулювання швидкості: 1:50 (без датчика ОС).
- частота інвертора: 1, 2, 4, 8, 16 кГц.
- вихідна частота: до 650 Гц.

Електропневматичний перетворювач використовується для управління завданнями шляхом перетворення вхідного сигналу постійного струму в пневматичний вихідний сигнал. Він використовується як проміжний елемент між пневматичним регулятором і електричним вимірювальним приладом або між пневматичним клапаном і електричним регулятором.

Електромеханічний перетворювач Samson 6111 (рис. 2.6) приймає від 4 до 20 мА або від 0 до 20 мА постійного струму електричні сигнали вхідного сигналу, а потім додатково перетворює його в пневматичний вихідний сигнал від 20 до 100 кПа [8].

Поворотний клапан Fisher 8560 використовується як привід для регулювання подачі відповідного середовища. (рис. 2.7).

Fisher 8560 має відмінні характеристики дросельної заслінки. Орієнтовні характеристики лінійного регулювання забезпечують точний контроль процесу. Fisher 8580 має тривалий термін експлуатації і надійність. Засувка забезпечує універсальність, однаковий фланцевий корпус стулки може бути встановлений і відрегульований в різних конфігураціях трубопроводів (номінальні характеристики ASME і EN). Корпус сумісний із номінальними характеристиками від PN 10 до PN 40, CL150 і CL300. Міжфланцеві відстані

					<i>Дипломний проект</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

2.2. Опис схеми автоматизації технологічного процесу консервування кукурудзи

Схема автоматизації виконується у вигляді креслення. На ньому за допомогою відповідних умовних позначень відбувається зображення технологічного устаткування, комунікацій, засобів автоматизації тощо. Також, зазначаються зв'язки між технологічним устаткуванням і засобами автоматизації, функціональними блоками.

Схема автоматизації процесу консервування кукурудзи зображена на листі 1 графічної частини.

Регулювання рівня у збірнику кукурудзи відбувається за допомогою ультразвукового рівнеміра Prosonic M FMU42 (поз.1а), який має вихідний уніфікований сигнал 4-20 мА, що надходить до блоку ручного управління БРУ-107 (поз. 1б) та від нього надходить до контролера та SDADA – програму, де відбувається індикація, реєстрація та сигналізація при критичних значеннях технологічного параметра. В БРУ-107 визначається в якому режимі відбувається регулювання швидкості обертів двигуна транспортера кукурудзи. В залежності від цього встановлюється або оператором, або в автоматичному режимі потрібна частота. В якості частотного перетворювача використовується Lenze 8200 Vector (поз. 1в).

Для контролю температури кукурудзи, що надходить на виробництво використовується термометр опору SITRANS TF2 (поз. 2а), який у своєму складі має Pt100. Сигнал від датчика надходить до контролера та комп'ютера, де він реєструється та індикується.

Рівень у миючій машині контролюється та регулюється за допомогою ультразвукового рівнеміра Prosonic M FMU42 (поз.3а). Сигнал від нього надходить на контролер та SDADA – програму, за допомогою якої він відображається, реєструється. Управляючий сигнал від контролера надходить до електро-пнеумоперетворювача (поз. 3б) та на виконавчий механізм (поз.3в), який

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

регулює подачу холодної води до миючої машини.

Тиск у трубопроводі подачі води до миючої та флотаційної машин вимірюється за допомогою датчика тиску Sitrans P серія MS (поз. 4а, 5а), вихідний уніфікований сигнал якого в подальшому надходить до контролера. Також відбувається індикація, реєстрація та сигналізація відповідного параметра. Для регулювання тиску подачі води до флотаційної миючої машини використовується частотний перетворювач Lenze 8200 Vector (поз. 5б).

Температура бланширування та заливки вимірюється та регулюється за допомогою термометр опору SITRANS TF2 (поз. 6а, 7а). Уніфікований сигнал 4-20 мА надходить до контролера, де він перетворюється. Також здійснюється індикація, сигналізація та реєстрація даних параметрів. Для регулювання температури використовуються пневматичні виконавчі механізми. Так сигнал від контролера надходить на електро-пневмоперетворювач Samson 6111 (поз. 6б, 7б) та на пневматичний виконавчий механізми Fisher 8560 (поз. 6в, 7в), які регулюють подачу пари на підігрів води та заливки.

Регулювання витрати заливки для консервування кукурудзи реалізовано за допомогою масового витратоміра Proline Promass 80F, що складається з сенсора Proline (поз. 8а), який безпосередньо вимірює витрату води в трубопроводі, що працює в комплекті з трансмітером Promass 80F (поз. 8б), що перетворює отриманий сигнал з сенсора в зручну для сприйняття форму у вигляді уніфікованого вихідного сигналу 4-20 мА. Далі сигнал надходить на МПК та ЕОМ, де відбувається індикація, реєстрація та сигналізація даного технологічного параметру. Сигнал від контролера надходить на електро-пневмоперетворювач Samson 6111 (поз. 8в) та на пневматичний виконавчий механізми Fisher 8560 (поз. 8г), які регулюють потрібну витрату заливки.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

2.3. Специфікація засобів автоматизації процесу консервування кукурудзи

Таблиця 2.1. Специфікація засобів автоматизації

№ п/п	№ позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	К-сть	Виробник
1	2	3	4	5	6
1	1а	Ультразвуковий рівнемір. Вихідний сигнал 4-20 мА. Робоча температура -40 +80 °С. Блокуюча дистанція: 0.4 м. Макс. значення вимірювання: 10 м.	Prosonic M FMU42	1	ENDRES S+HAUSER
2	1б	Блок ручного управління аналоговий з уніфікованими вхідними та вихідними сигналами по струму та напрузі	БРУ-107	1	«Мікрол», м. Івано-Франківськ
3	1в	Частотний перетворювач з діапазоном потужності 0.55-90 кВт. Напруга живлення 380В.	Lenze 8200 Vector	1	СВ Альтера м. Київ
4	2а	Вимірювальний перетворювач для температури із вбудованим платиновим термометром опору Pt100. Вихідний сигнал 4-20 мА. Вимірювальний діапазон температур -50..+200°С, довжина робоч. частини 400 мм.	Sitrans TF2	1	Schneider Electric
5	3а	Ультразвуковий рівнемір. Вихідний сигнал 4-20 мА. Робоча температура -40 +80 °С. Блокуюча дистанція: 0.4 м. Макс. значення вимірювання: 10 м.	Prosonic M FMU42	1	ENDRES S+HAUSER
<i>Кваліфікаційна робота</i>					Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6
6	3в	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	Fisher 8560	1	EMERSON, США
7	4а	Вимірювальний перетворювач тиску для неагресивних та агресивних газів, пару та рідин. Межі вимір. 0,03 – 400 бар. Вих. сигнал 4-20 мА.	Sitrans P серія MS	1	Siemens
8	5а	Вимірювальний перетворювач тиску для неагресивних та агресивних газів, пару та рідин. Межі вимір. 0,03 – 400 бар. Вих. сигнал 4-20 мА.	Sitrans P серія MS	1	Siemens
9	5б	Частотний перетворювач діапазоном потужності 0.55-90 кВт. Напруга живлення 380В.	Lenze 8200 Vector	1	СВ Альтера м. Київ
10	6а	Вимірювальний перетворювач для температури із вбудованим платиновим термометром опору Pt100. Вихідний сигнал 4-20 мА. Вимірювальний діапазон температур -50..+200°C, довжина робоч. частини 400 мм.	Sitrans TF2	1	Schneider Electric
11	6б	Електро-пнемоперетворювач постійного струму 4- 20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Рживл.=600 кПа, напруга живлення 24 DC.	Samson 6111	1	Samson, Німеччин- на
12	6в	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	Fisher 8560	1	EMERSON, США

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	6
13	7а	Вимірювальний перетворювач для температури із вбудованим платиновим термометром опору Pt100. Вихідний сигнал 4-20 мА. Вимірювальний діапазон температур -50..+200°С, довжина робоч. частини 400 мм.	Sitrans TF2	1	Schneider Electric
14	7б	Електро-пневоперетворювач постійного струму 4- 20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Рживл.=600 кПа, напруга живлення 24 DC.	Samson 6111	1	Samson, Німеччина
15	7в	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	Fisher 8560	1	EMERSON, США
16	8а	Масовий витратомір – універсальний сенсор для середовищ з температурою до 200 °С, номінальний діаметр ДУ 8...50, матеріал труб нержавіюча сталь	Promass F	1	Endress+Hauser
17	8б	Трансмітер– двохстроковий рідко–кристалічний дисплей з клавішними налаштуванням, вимірювання масової, об’ємної витрати, температури та густини середовища	Promass 80	1	Endress+Hauser
18	8в	Електро-пневоперетворювач постійного струму 4- 20 мА в уніфікований пневматичний сигнал 20-100 кПа. Рживл.=600 кПа, напруга живлення 24 DC.	Samson 6111	1	Samson, Німеччина
19	8г	Пневматичний виконавчий механізм поршневий Ржив. = 140 кПа, Рвих. = 20-100 кПа.	Fisher 8560	1	EMERSON, США

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3

ОПИС СХЕМ ПІДКЛЮЧЕННЯ ДАТЧИКІВ ТА ВИКОНАВЧИХ МЕХАНІЗМІВ ДО МІКРОПРОЦЕСОРНОГО КОНТРОЛЕРА

3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера M340

Modicon M340 - промисловий контролер нового покоління Schneider Electric, який використовує програмне забезпечення UNITY PRO для програмування. Modicon M340 - це модульний контролер, конфігурація якого обрана відповідно до необхідної кількості входів і виходів та алгоритму управління. Модуль встановлений на шасі, що полегшує зміну конструкції модуля, не зупиняючись при необхідності. Контролер може складатися з 1 до 4 шасі з різною кількістю місць установки модулів (4 до 12), з'єднаних між собою шиною BusX, загальною довжиною до 30 м.

Конструктивно M340 може містити такі елементи (рис. 3.1):

1. Шасі із встановленими модулями.
2. Необхідний модуль живлення встановлений у відведеному місці шасі
3. Модуль розширення для багатоголового контролера.
4. Підключення модулів розширення до розширювального кабелю BusX сусіднього корпусу.
5. Термінуючі резистори в кінцевих модулях розширення архітектури M340.
6. Модуль процесора потрібно зафіксувати на 00, а номер корпусу - 0.
7. Модулі вводу/виводу та спеціальні модулі, розташовані в будь-якому місці.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Броцан А.М.			Розробка системи автоматизації процесу консервування кукурудзи	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Гончаренко Б.М.						
Зав. каф.		Ельперін І.В.			ЗАК-2-2ск, НУХТ			
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

Основним структурним елементом контролера є шасі (рис. 3.2). Шасі використовується як структурний елемент для розміщення та фіксації єдиного модуля контролера і має загальну шину BusX, через яку подаються сигнали та обмін даними між модулями, встановленими в стійці, та окремими модулями контролера.



Рис. 3.1 Загальний вигляд контролера Modicon M340

Функції модуля процесора M340, швидкість обробки, кількість входів / виходів, якими може керувати контролер, кількість спеціальних каналів, кількість доступної оперативної пам'яті та засоби зв'язку, вбудовані в ЦПУ, різні [10].

Загальні характеристики процесорних модулів наведені у табл. 3.1.

Кожен процесорний модуль M340 має вбудований інтерфейс USB, до якого підключається термінал програмування (комп'ютер, оснащений UNITY PRO) та використовується для підключення до програмних станцій SCADA / HMI та панелей операторів. Ви також можете використовувати спеціальний екранований кабель, що постачається з процесорним модулем M340, або звичайний USB-кабель із роз'ємом mini B. Довжина кабелю не повинна перевищувати 5 м [18].

В даному дипломному проєкті використовується процесорний модуль BMX P34 2020, який показаний на рис. 3.2.

Переваги Modicon M340 Процесор 340-20 MODBUS, ETHERNET 24V DC:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

- 8 МБ оперативної пам'яті дозволять зберегти до 7 інструкцій / мсек;
- слотом для карти пам'яті SD (256 КБ) оснащені всі моделі Modicon M340;
- компактні розміри (ШхВхГ) 100х32х93 мм;
- вбудований CANopen;
- підключення до Modicon M340 можливо через Ethernet по мережі або в режимі «точка-точка», а також за допомогою модему (RTC, GSM / GPRS, Radio) або ADSL;
- USB-порт вбудований в кожен модель Modicon M340;
- додаткове файлове сховище ємністю до 16Мб з FTP-доступом;
- модулі лічильника з готовим набором функцій;
- бібліотека функціональних блоків для управління рухом, бібліотека MFB за стандартом PLCopen (функціональні блоки управління переміщення) і розширена бібліотека блоків регулювання з акцентом на управління агрегатами;
- конструкція монтажного шасі дозволяє встановлювати і витягувати модулі безпосередньо під час роботи (Hot-Swap).

Таблиця 3.1. Загальні характеристики процесорних модулів

Характеристика		BMX P34 1000	BMX P34 2000	BMX P34 2010	BMX P34 2020	BMX P34 2030
Макс. кількість	шасі	2	4			
	дискретних вх+вих.	512	1024			
	аналогових вх+вих	128	256			
	лічильних каналів	20	36			
Об'єм RAM	загальний розмір	2048 Кб	4096 Кб			
	для програм, констант, символів	1792 Кб	3584			
	для даних	128 Кб	256 Кб			
Макс. кількість об'єктів	локалізовані внутрішні біти %Mi	16250	32464			
	локалізовані внутр. слова %MWi	32464				
	нелокалізовані внутрішні дані	128 Кб	256 Кб			
вбудовані комунікації	послідовний RS-485/RS-232C	+	+	+	+	-
	Ethernet TCP/IP	-	-	-	+	+
	CANOpen	-	-	+	-	+

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		



Рис. 3.2. загальний вигляд Modicon M340 процесорного модуля P34 2020

Загальна характеристика дискретних модулів. Дискретний модуль вводу / виводу M340 - це стандартний однослотовий модуль. Ці модулі відрізняються типом каналу (вхідний, вихідний, змішаний), кількістю каналів, типами вхідного та вихідного каналів та способами підключення. Ці модулі можуть бути встановлені на будь-якому сидінні шасі, крім PS та процесорних модулів. Дозволені гарячі пробки (включення).

Тип модуля. Дискретні модулі можуть мати входи постійного струму 24 В постійного струму та 48 В постійного струму, з позитивною (раковиною) або негативною (джерельною) логікою, або з змінного струму (100-240 В змінного струму).

Забезпечте модулі транзисторним або релейним виходом. Може захистити вихід від короткого замикання. Усі дискретні входи та виходи ізольовані від внутрішньої шини.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Дискретний модуль, що використовується для методу зовнішньої сигналізації, може бути 20-контактним кінцевим блоком або 40-контактним кінцевим блоком.

Для модулів з клемними блоками можна використовувати додатковий 20-контактний кінцевий блок ВМХ FTB 20 • 0 або ж збірний кабель має кінцевий блок на одному кінці та кольоровий кодований сипучий провід (клема з відкриттям) на іншому кінці. Існує три типи 20-контактних клемних блоків:

- гвинтові клеми -ВМХ FTB 2000;
- ВМХ FTB 2010 гвинтовий затискач;
- ВМХ FTB 2020 клемна колодка пружня.

Знімний термінальний блок має аксесуар для кодування, що дозволяє надати унікальний механічний ключ для кожної пари терміналів - модульний клемний блок. Це кодування виключає можливість підключення термінального блоку, встановленого на модулі, до іншого модуля. [14]

Модуль з 32-канальним роз'ємом має 40-контактний роз'єм, тоді як 64-канальний роз'єм має два роз'єми. Ці модулі також замовляються спеціальним 40-контактним кабелем одним із двох можливих способів:

-FCW •• 3, з іншого боку, його кінці нещільні, з кольоровими провідниками;

-FCC •• 3, з іншого боку, він має два роз'єми HE10 для підключення до віддаленого термінального блоку Telefast ABE.

З'єднання за допомогою пухких торців здійснюються через додатковий клемний блок. Тільки за допомогою спеціального віддаленого блоку з клемним блоком системи швидкої установки Telefast ABE можна підключити модуль через кабель із роз'ємом HE10.

Schneider Electric пропонує різноманітні модулі Telefast для дискретних модулів, які характеризуються:

- кількість та типи каналів, що обслуговуються цим пристроєм;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

- термінальний тип (гвинтовий, пружинний);
- доступність розподілу потужності;
- є між електричним з'єднанням між каналом і модулем і дискретним модулем;
- вбудована додаткова функція перетворення сигналу (вбудовані або заземлені твердотільні або електромеханічні реле мають різну потужність)
- наявність додаткових функцій захисту;
- наявність світлових індикаторів;
- можливість ручного включення / вимкнення сигналу;
- інша додаткова потилична кістка.

Пристрої Telefast мають знімні запобіжники, які захищають вхід / вихід модуля від перевантаження.

Загальна характеристика аналогових модулів. Аналоговий вхід / вихід M340 - це стандартний однослотовий модуль. Як і дискретні модулі, аналогові величини різняться за типом каналу (вхід, вихід, змішаний), кількістю каналів, характеристиками сигналу та діапазоном (напруга, струм, термометр опору тощо), наявністю розподілу струму та способами підключення. Ці модулі можуть бути встановлені на будь-якому сидінні шасі, крім PS та процесорних модулів. Дозволені гарячі пробки (включення). [14]

Аналоговий вхідний модуль M340 виконує наступні функції:

- сканування вхідних каналів різних діапазонів за допомогою безконтактного мультиплексування;
- аналого-цифрове перетворення;
- сигнальна фільтрація;
- модуль контролю: перевірка блоку перетворення, контроль рівня вхідного сигналу, випробування клемного блоку.

Модуль аналогового виводу виконує наступні функції:

- дігитально-аналогове перетворення;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	<i>Арк.</i>
<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докцм.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

- захищення каналу модуля від перевантаження;
- модуль моніторингу: тест на перетворення, тестування виходу за межі, тест на наявність клемної колодки.

Спосіб з'єднання. Через з'єднання аналоговий модуль може бути обладнаний 20-контактним клемним блоком, 28-контактним клемним блоком або 40-контактним клемним блоком. Знімний клемний блок має кодований аксесуар, який забезпечує унікальний механічний клемний блок-модуль для кожної пари терміналів. Для модулів, підключених через знімні клемні блоки, стандартну версію та розпущені кінці кабелів потрібно замовити окремо. 20-контактний клемний блок для аналогових модулів, наприклад дискретний (BMX FTV 2000/2010/2020). Для модуля BMX AMI 800/810 замовлено 28-контактний клемний блок BMX FTV 2820 із пружинними затискачами.

Модуль Telefast ABE 7CPA412 та кабель BMX FCA •• 2 (де •• залежить від довжини) можна використовувати для підключення 40-контактного роз'єму BMX ART 0414/0814. [14].

Відповідно до технологічного процесу та з урахуванням вибраних автоматичних технологічних засобів процесу консервування кукурудзи було зібрано наступні мікропроцесорний контролер (рис. 3.3.).

Проектне компонування контролера для процесу консервування кукурудзи відповідно до сформованої структури в середовищі UNITY PRO наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.2. Проектне компонування контролера M340

Позначення модуля	К-сть	Найменування модуля	Характеристика модуля
XBP 0600	1	Шасі	12 місць
CPS 2000	1	Модуль живлення	100...240VAC, 20Вт
P34 2020	1	Процесорний модуль	послідовний RS-485/RS-232C Ethernet TCP/IP
AMI 0810	1	Аналоговий вхідний модуль	На 8 каналів
DDI 1602	1	Дискретний вхідний модуль	На 16 каналів

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата			

АМО 0802	1	Аналоговий вихідний модуль	На 8 каналів
DDO 1602	1	Дискретний вхідний модуль	На 16 каналів
ВМХ FTВ 2820	1	з'ємна клемна колодка	28- контактна
ВМХ FTВ 20•0	3	з'ємна клемна колодка	20- контактна

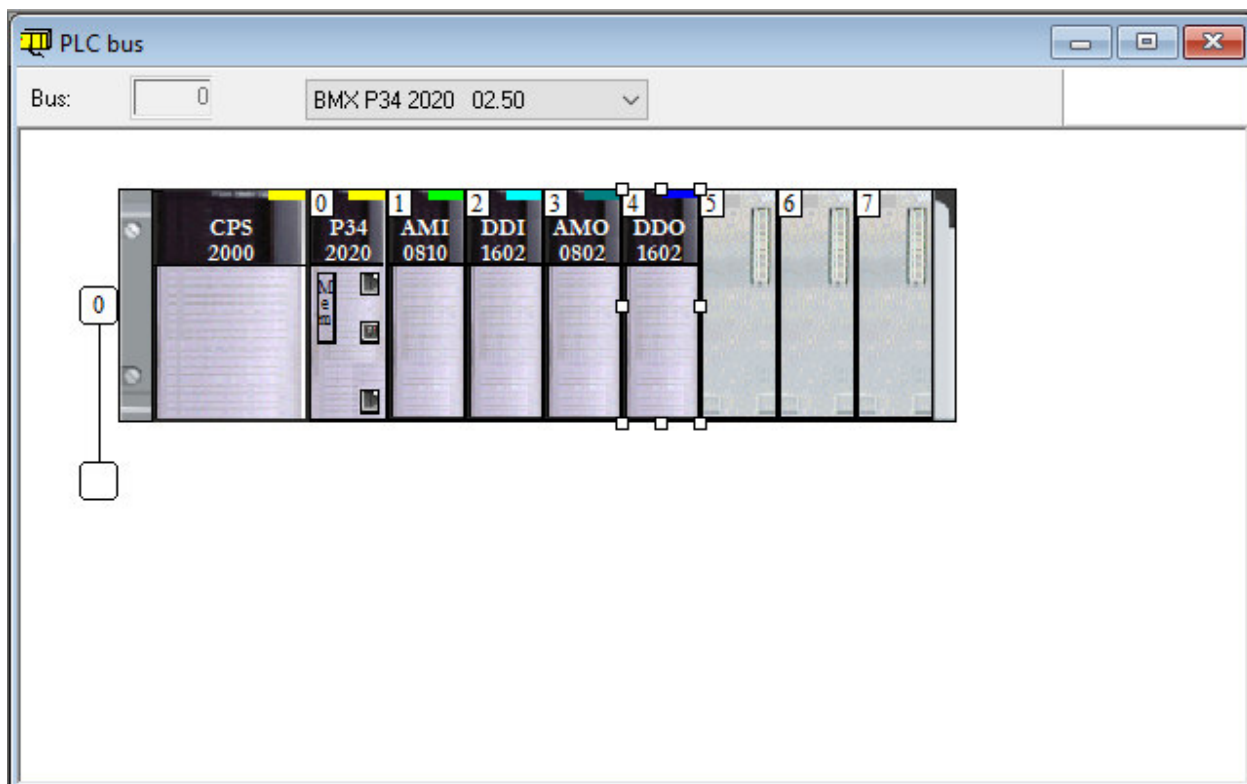


Рис.3.3. Проектне конфігурування мікропроцесорного контролера М340 процесу консервування кукурудзи

CPS 2000: центральний процесор для побудови систем управління, використовує швидкісну обробку інформації та підтримує локальні системи вводу / виводу, включаючи до 48 модулів.

Аналоговий вхідний модуль використовується для аналого-цифрового перетворення сигналів контролера та цифрових значень, а ЦП використовує його для виконання програми.

Датчики з рівномірною вихідною напругою або електричними сигналами струму, термопари, термометри опору підключаються до входу модуля.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

В аналоговому модулі АМІ 0810 вибір типу вхідного сигналу залежить від схеми, до якої підключений датчик (рис. 3.4). Характеристики цього модуля наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3. Характеристика модуля АМІ 0810

Modicon M340	АМІ 0810
Загальна кількість входів	8
Роздільна здатність	15 біт + знак
Напруга живлення електроніки модуля	=5В, від внутрішньої шини
Гальванічне розділення	
- між каналами і внутрішньої шиною контролера	+
Дані для вибору датчиків	
Параметри вхідних сигналів каналу підключення:	
- датчик напруга	±5В; ±10В; 1...5В; 0...10В
- датчик сили струму	±20мА; 0...20мА; 4...20мА
Довжина кабелю	ВМХ FTA **0 (1,5, 3 та 5 м)
Фронтальний з'єднувач	28-полюсний

Модуль дискретного введення сигналу використовується для перетворення вхідних цифрових сигналів контролера у внутрішні логічні сигнали [14].

Ці модулі розташовані в пластикових корпусах. На передній панелі розташовані:

- зелений світлодіод, що вказує стан вхідного контуру;
- червоний світлодіод використовується для індикації несправностей та помилок;
- передній роз'єм роз'єму, закритий захисною кришкою.

У таблиці 3.4 наведені загальні характеристики модуля DDI 1602. Схема підключення показана на рис. 3.5.

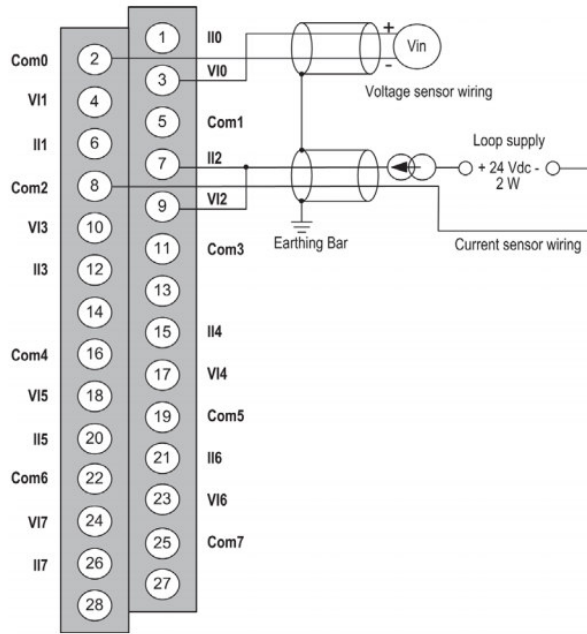


Рис. 3.4. Схема підключення сигналу від датчика до аналогового вхідного модуля VMX AMI O810

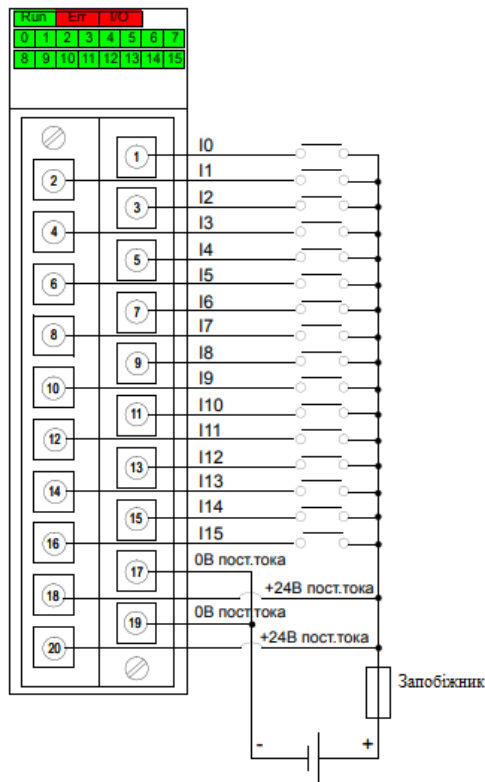


Рис. 3.5. Схема підключення сигналу від датчика до дискретного вхідного модуля DDI 1602

Таблиця 3.4. Характеристика дискретного модуля DDI 1602

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Modicon M340	DDI 1602
К-ть входів	16
Фронтальний з'єднувач	20-полюсний
Вхідна напруга	
- номінальне значення	=24В
Живлення датчика	19...30В
Струм на канал	3.5мА
Споживана потужність	до 2.5Вт

Модуль аналогового виходу призначений для цифро-аналогового перетворення внутрішнього цифрового значення контролера та формування його вихідного аналогового сигналу. Вихід модуля може бути підключений до приводу, керованого уніфікованим сигналом струму або напруги. У таблиці 3.5 показані характеристики модуля АМО 0802. Схема з'єднання з модулем показана на рис. 3.6 [14].

Таблиця 3.5. Загальна характеристика аналогового модуля АМО 0802

Modicon M340	АМО 0802
Загальна кількість виходів	8
Роздільна здатність	15 біт + знак
Напруга живлення електроніки модуля	=5В, від внутрішньої шини
Гальванічне розділення	
- між каналами і внутрішньої шиною контролера	+
Параметри вихідних сигналів канала підключення:	
тип	струм
- датчик сили струму	0...20мА; 4...20мА
Довжина кабелю	ВМХ FTA **0 (1,5, 3 та 5 м)
Фронтальний з'єднувач	20-полюсний

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

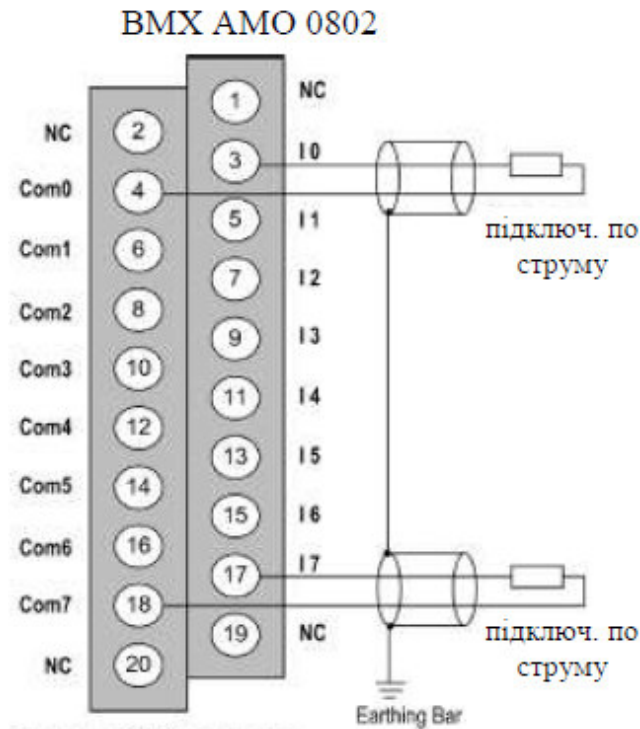


Рис. 3.6. Схема підключення сигналу від датчика до аналогового вихідного модуля АМО 0802

Модуль BMX DDO 1602 є модулем дискретних транзисторних виходів 24 В постійного струму з підключенням через 20-контактну клемну колодку. Це модуль з позитивною логікою (вихід): його 16 вихідних каналів передають струм до виконавчих механізмів. У таблиці 3.6 наведені загальні характеристики модуля DDI 1602. Схема підключення показана на рис. 3.7 [14].

Таблиця 3.4. Характеристика дискретного модуля DDO 1602

Modicon M340	DDO 1602
К-ть виходів	16
Фронтальний з'єднувач	20-полосний
Напруга дискретного виходу	24В 19...30 V пост. струму
Струм дискретного виходу	0.5 А
Струм на канал	0.625 А
Струм на модуль	10 А

Змін.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

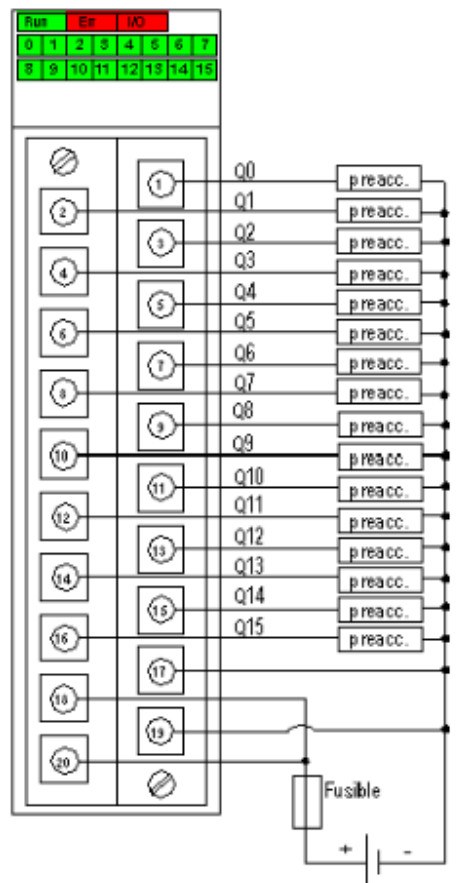


Рис. 3.7. Схема підключення сигналу від датчика до дискретного вихідного модуля DDO 1602

3.2. Розширена схемі підключення для контуру вимірювання рівня

Для розширеної схеми підключення було обрано контур вимірювання рівня кукурудзи у збірнику із використанням ультразвукового рівнеміра Prosonic M FMU42. Регулювання кількості кукурудзи, що надходить до збірника відбувається із використанням БРУ-107 та частотного перетворювача Lenze 8200 Vector. Дане вимірювання реалізоване за допомогою контурів 1 та 2 і показані на рис. 3.8. Розширене підключення контуру регулювання рівня у збірнику кукурудзи показані на рис. 3.9 та 3.10.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

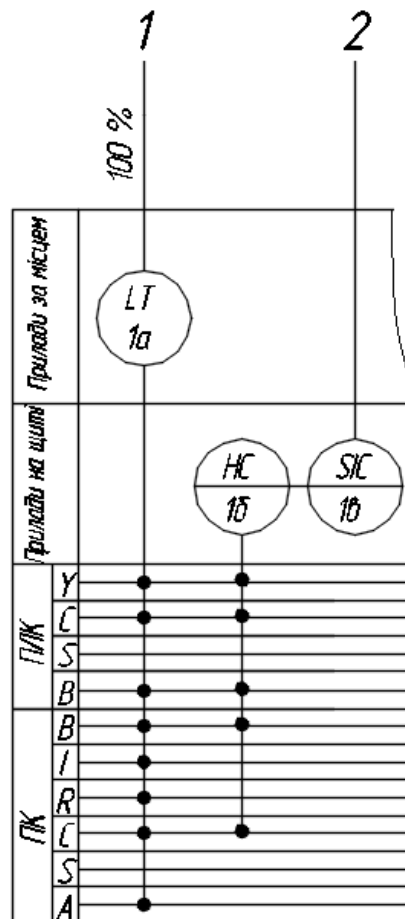
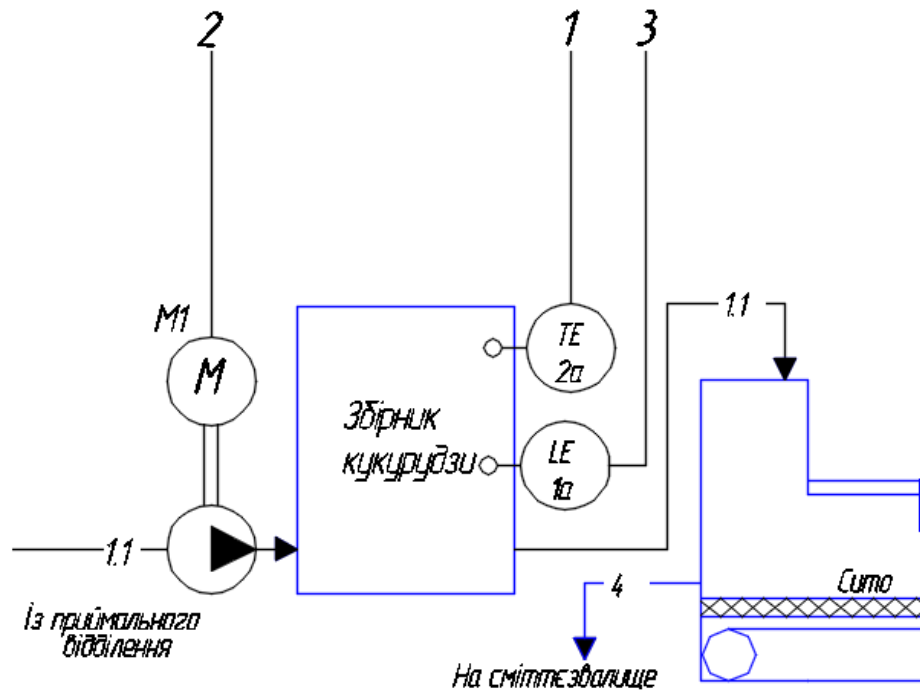


Рис. 3.8. Фрагмент схеми автоматизації по регулюванню рівня

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змін.	Арк.	№ док.м.	Підпис	Дата		

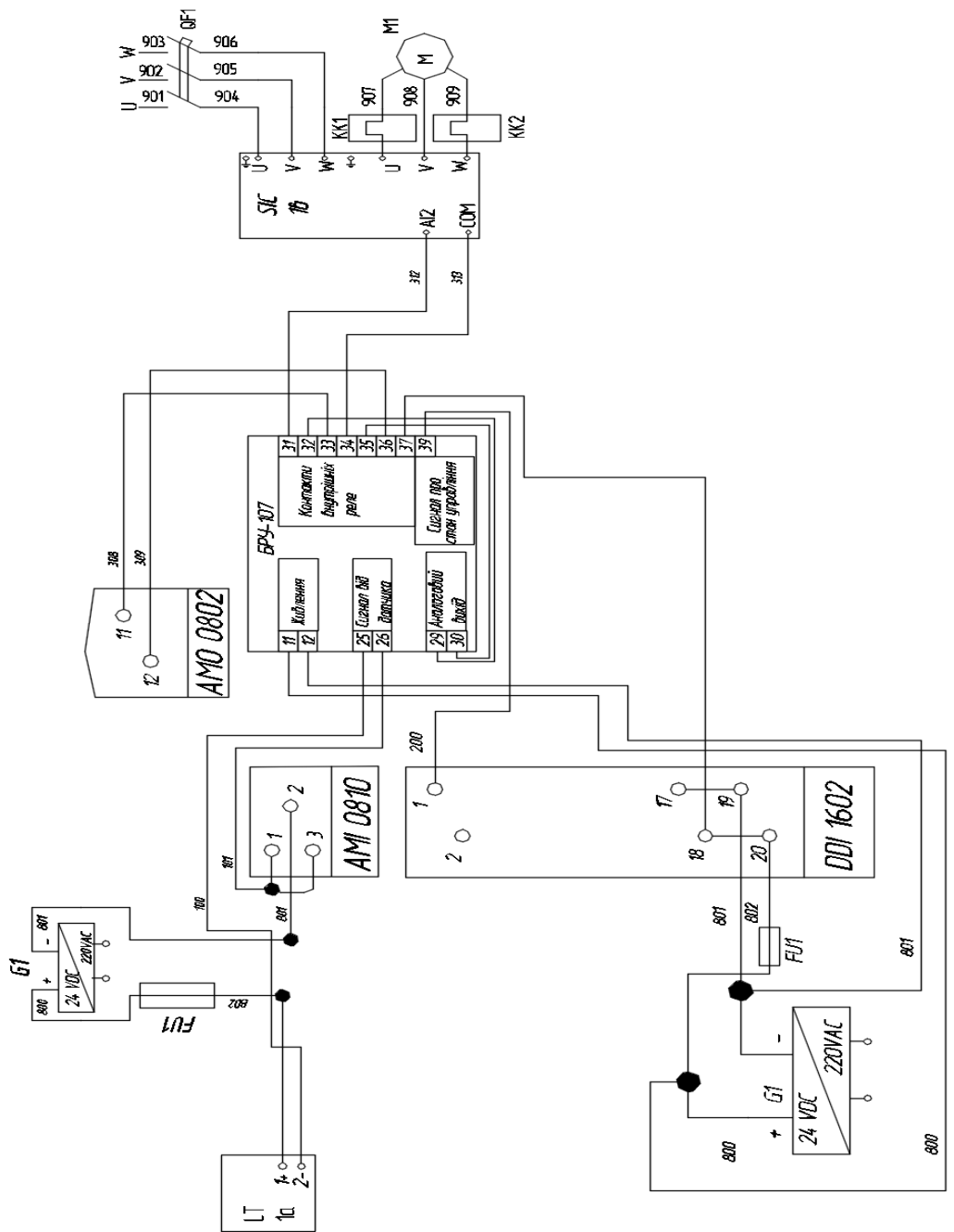


Рис. 3.9

Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

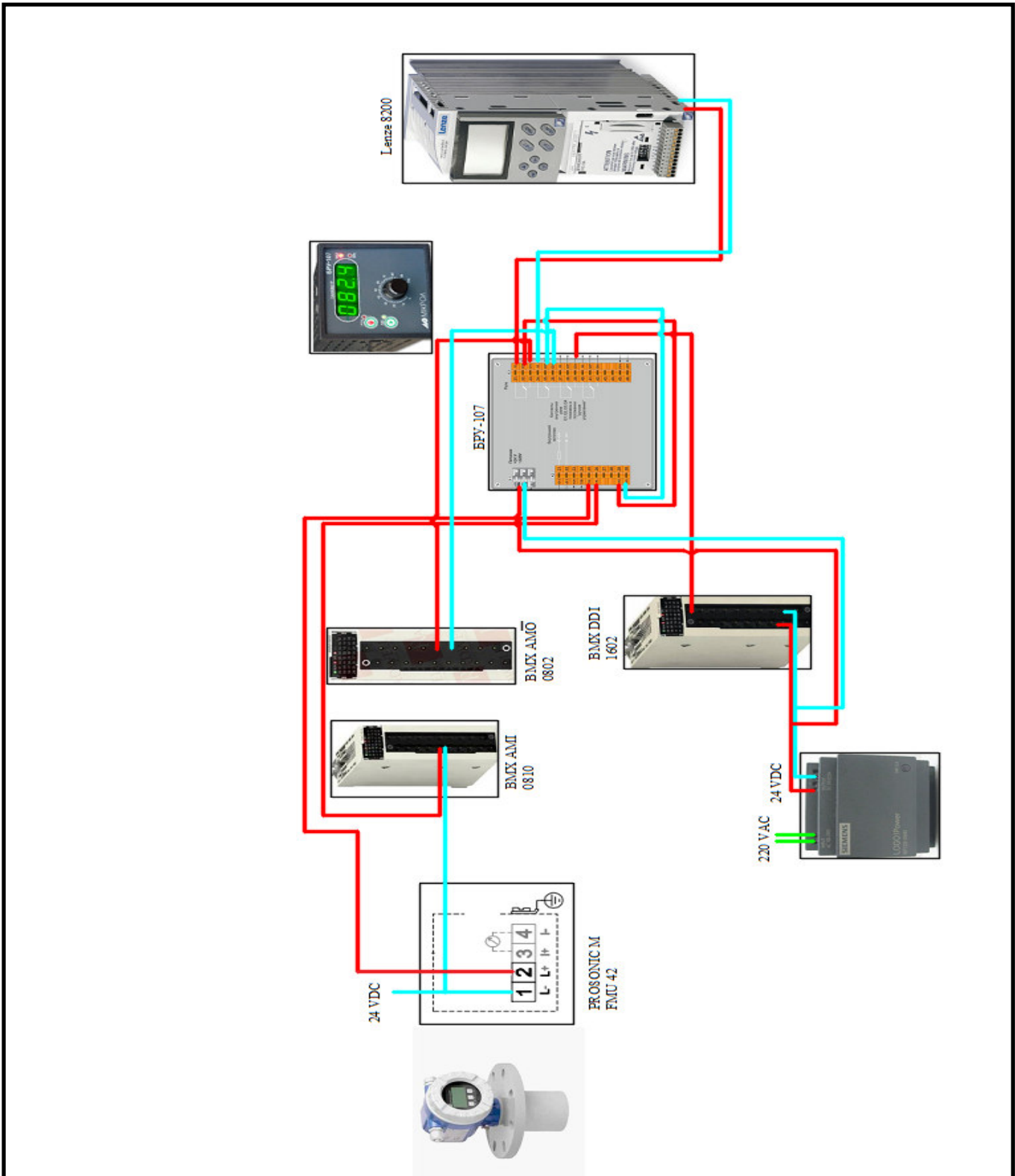


Рис. 3.10. Графічна схема підключення регулювання рівня через БРУ-107 до частотного перетворювача

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

За даною схемою сигнал від датчика рівня Prosonic M FMU42 подається на 25 вхід БРУ-107. Звідти сигнал з 26 клеми надходить на вхід «1» аналогового модуля. Вихідний керуючий сигнал до виконавчого механізму від аналогового вихідного модуля (клеми 11 та 12) надходить на 33 та 36 клеми до БРУ-107. Живлення БРУ-107 відбувається за рахунок блоку живлення G1, сигнал від якого надходить на 11 та 12 клеми відповідно. Сигнал від 29 клеми замикається на 32, а 30 - на 35. На 37 клему надходить сигнал «+» від блоку живлення, що йде від 18 клеми дискретного вхідного блоку, де також формується сигнал про те, в якому стані буде працювати БРУ, тобто у ручному або ж автоматичному. Вихід з БРУ із клем 31 та 34 подається на клеми частотного перетворювача, що керує обертами двигуна подачі кукурудзи до збірника.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ОПИС СХЕМ ВСТАНОВЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ЗАСОБУ

4.1. Опис встановлення ультразвукового датчика рівня Prosonic M FMU42

Ультразвуковий рівнемір в компактному виконанні для безконтактного вимірювання рівня рідких продуктів, паст і крупнозернистих сипучих продуктів

Переваги:

- швидке і просте введення в експлуатацію за допомогою меню 4х-сатиричного тексту для відображення;
- огинаючі криві на дисплеї для спрощення процесу діагностики;
- віддалене управління, діагностика та ведення документації на вимірювальну точку виконуються за допомогою програмного забезпечення ToF Tool;
- застосовується у вибухонебезпечних зонах (Gas-Ex, Dust-Ex);
- функція лінеаризації (до 32 точок) для перетворення значень вимірювання в будь-яку одиницю виміру рівня, обсягу або витрати;
- безконтактний метод вимірювання мінімізує сервісні витрати;
- опція: виносний дисплей і дистанційне керування (до 20 м від рівнеміра);
- вбудований датчик температури для автоматичної корекції залежної від температури швидкості поширення звуку.

Галузь застосування [16]:

- безперервне, безконтактне вимірювання рівня рідких продуктів, паст, шламів і крупнозернистих сипучих продуктів;
- вимірювання витрати на відкритих каналах і вимірювальних зливах;

					<i>Кваліфікаційна робота</i>		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Літ.	Арк.	Аркушіє
Розроб.		Броцан А.М.			Розробка системи автоматизації процесу консервування кукурудзи		
Керівник		Гончаренко Б.М.					
Зав. каф.		Ельперін І.В.			ЗАК-2-2ск, НУХТ		
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.					

- Впровадження в систему:
HART (standard), 4 ... 20 мА;
PROFIBUS PA;
Foundation Fieldbus;
- Максимальний робочий діапазон виміру:
10 м (рідкі продукти);
5 м (сипучі продукти).

Технічні характеристики:

Параметр	Значення
Принцип вимірювань	Ультразвуковий принцип вимірювання
Характеристики / Застосування	Компактний ультразвуковий перетворювач
Живлення / Комунікація	2х / 4х-провідна схема підключення (HART), PROFIBUS PA, FOUNDATION Fieldbus
Похибка	+/- 4 мм або +/- 0,2% від заданого діапазону вимірювання
Температура навколишнього середовища	-40 ° C ... 80 ° C
Робоча температура	-40 ° C ... 80 ° C
Робочий тиск абс. / Макс. межа надлишкового тиску	0.7 бар ... 2.5 бар абс
Змочувані частини	PVDF
Приєднання до процесу	Фланець DN80, ANSI 3 ", JIS 10K 80 DN100, ANSI 4 ", JIS 10K 100 монтажний кронштейн
Блокуюча дистанція	0.4 м
Макс. значення вимірювання	5 m (16 ft)
Вихід	4 ... 20 мА HART PROFIBUS PA FOUNDATION Fieldbus
Сертифікати / Нормативи	ATEX FM CSA NEPSI
Діапазон застосування	Take notice of range diagram

Монтаж ультразвукового датчика показано на листі 3 графічної частини.
Варіанти монтажу Prosonic M FMU42 наведено на рис. 4.1 та 4.2.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

Умови встановлення при вимірювання витрати:

- Встановлюйте Prosonic M на вхідній стороні потоку, по можливості, найближче до максимального рівня води H_{max} (враховуйте значення блокдістанції BD).
- Розташуйте Prosonic M посередині каналу або водозливу.
- Помістіть мембрану рівнеміра паралельно поверхні води.
- Дотримуйтеся установочного відстані каналу або водозливу.
- Ви можете ввести криву лінеаризації "Flow to Level" ("Q / h curve") використовуючи ToF Tool або вручну через місцевий дисплей.

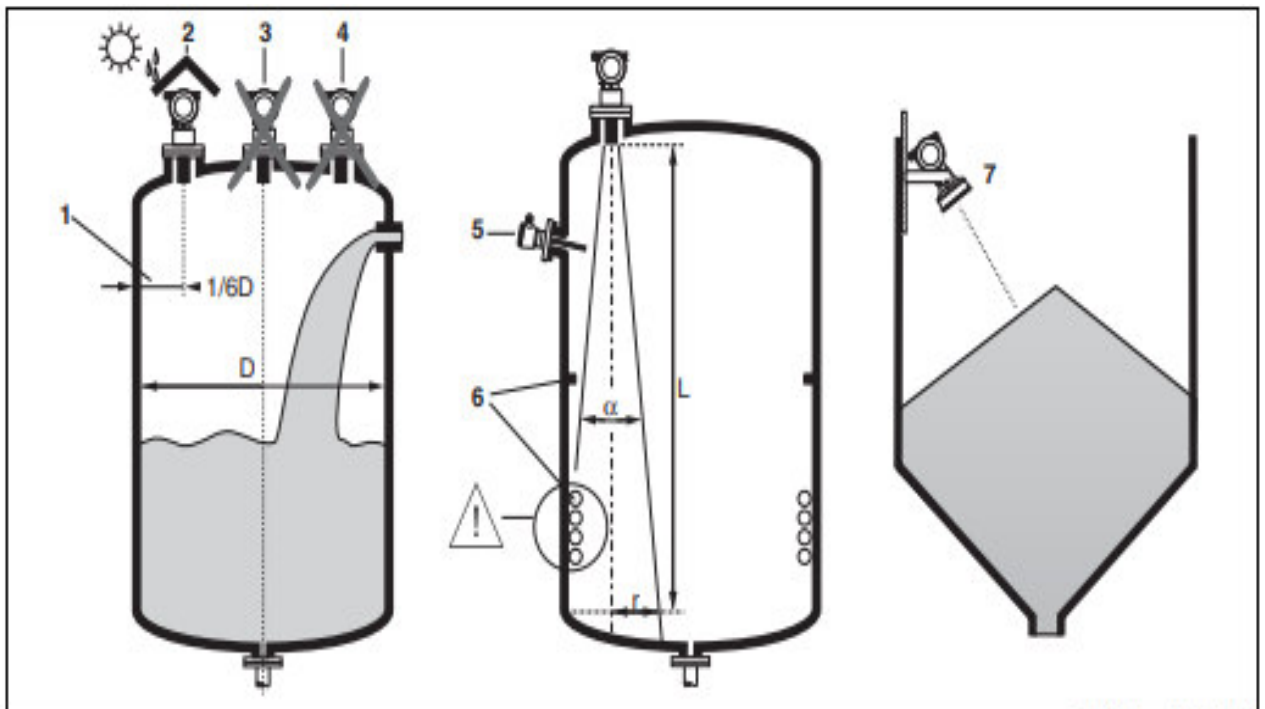


Рис. 4.2. Умови встановлення ультразвукового рівнеміра Prosonic M FMU42

Варіанти експлуатації вихід 4 ... 20 мА з протоколом HART

Прилад може експлуатуватися на місці за допомогою модуля дисплея VU 331 або програми ToF Tool. Крім того, прилад може працювати дистанційно за допомогою переносного терміналу HART DXR 275 або програми ToF Tool.[16]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

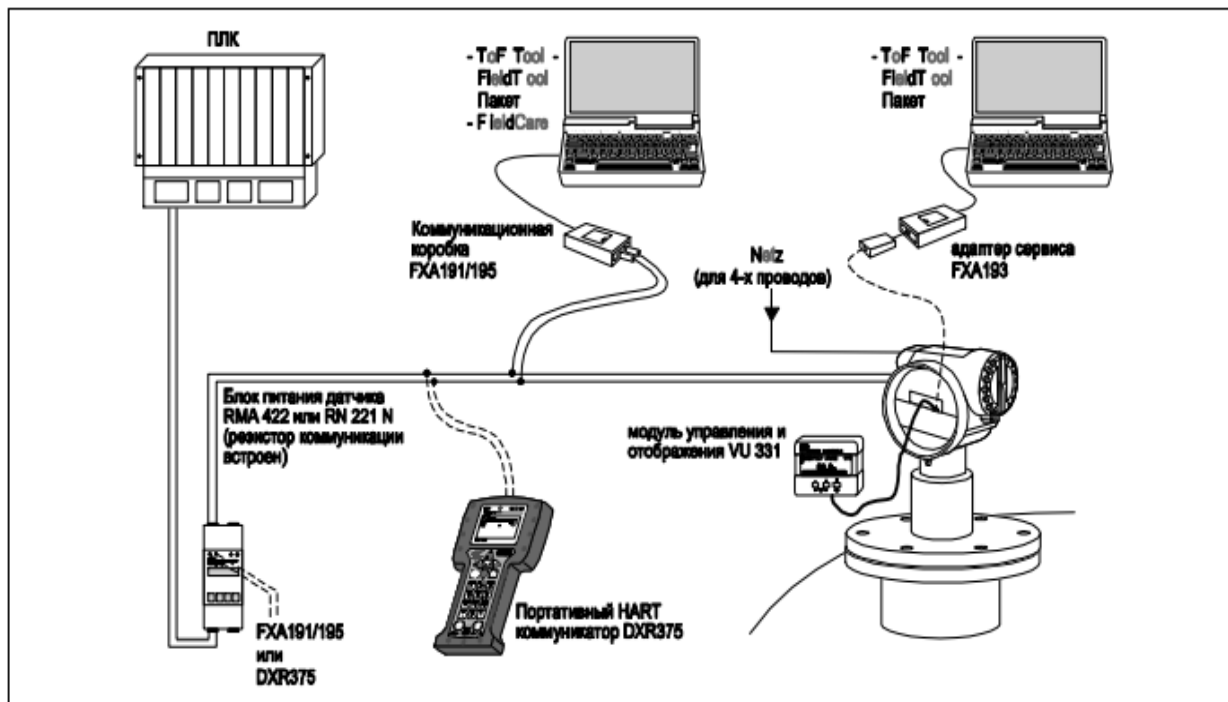


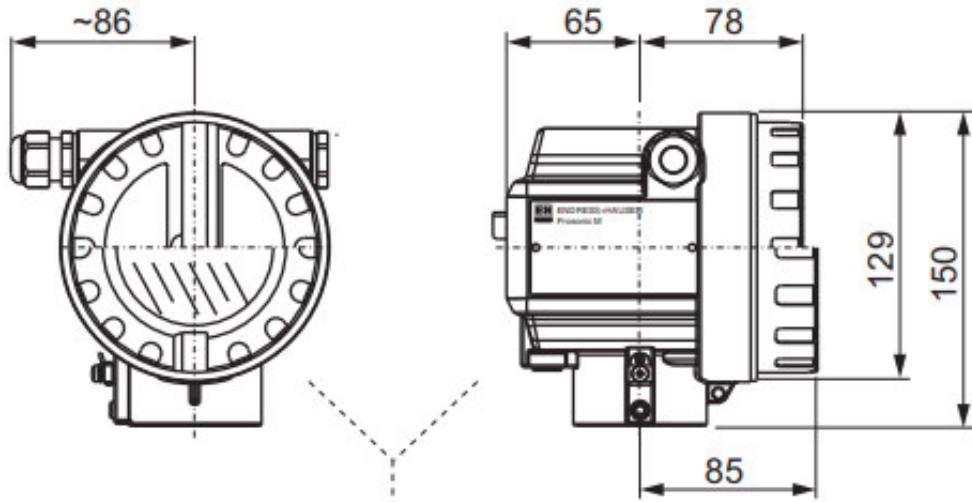
Рис. 4.3. Варіант експлуатації за варіантом HART

Габаритні розміри та варіант із монтажем з використанням фланцю та монтажної скоби показано на рис. 4.4 та рис. 4.5.

Розміри монтажного фланцю показано на рис. 4.6, а монтажної скоби – рис. 4.7.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

F12



FMU 42

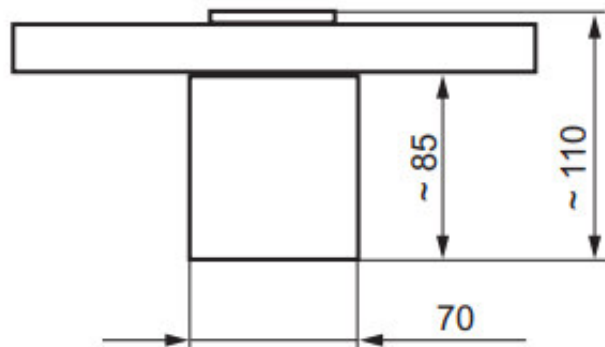


Рис. 4.4. Розміри та варіант монтажу із фланцем ультразвукового рівнеміра Prosonic M FMU42

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Кваліфікаційна робота

Арк.

FMU 42

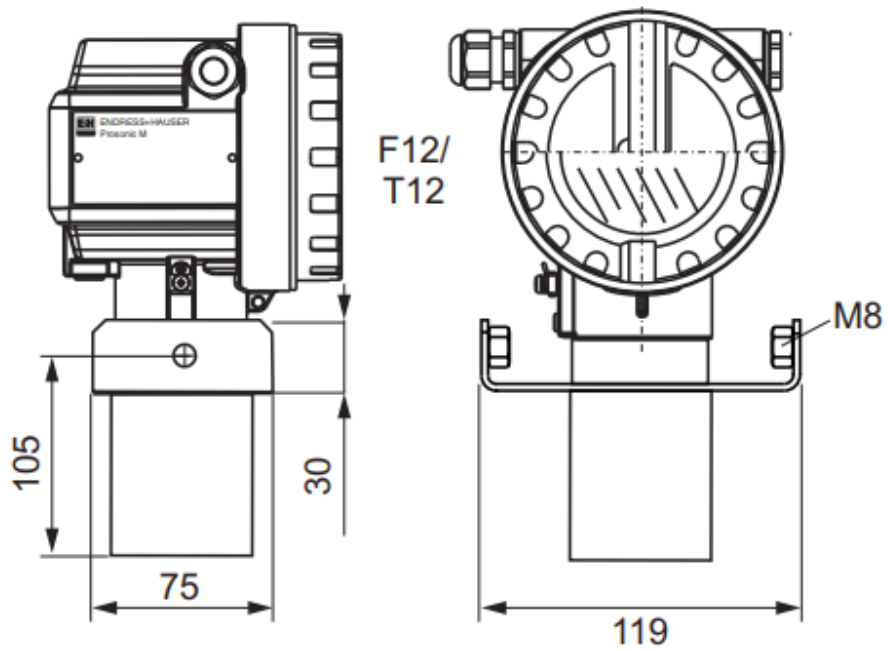
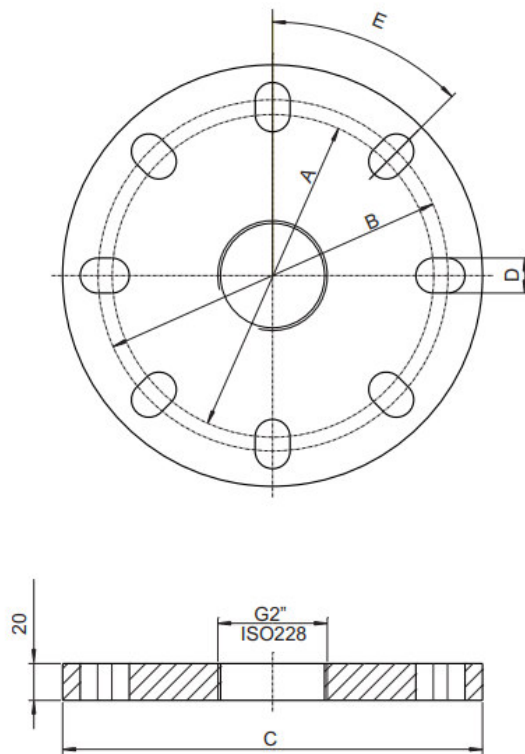


Рис. 4.5. Розміри та варіант монтажу із скобою ультразвукового рівнеміра
Prosonic M FMU42



					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ доцм.	Підпис	Дата		

Рис. 4.6. Розміри фланця для FMU42

Підходить для	A	B	C	D	E	Кількість отворів під гвинт
3" 150lbs / ДУ80 PN16 / 10К 80	150 мм	160 мм	200 мм	19 мм	45°	8
4" 150 lbs / ДУ100 PN16 / 10К 100	175 мм	190,5 мм	228,6 мм	19 мм	45°	8
6" 150 lbs / ДУ150 PN16 / 10 К 150	240 мм	241,3 мм	285 мм	23 мм	45°	8
8" 150 lbs	298,5 мм	298,5 мм	342,9 мм	22, 5 мм	45°	8
ДУ200 PN16 / 10 К 200	290 мм	295 мм	340 мм	23 мм	30°	12

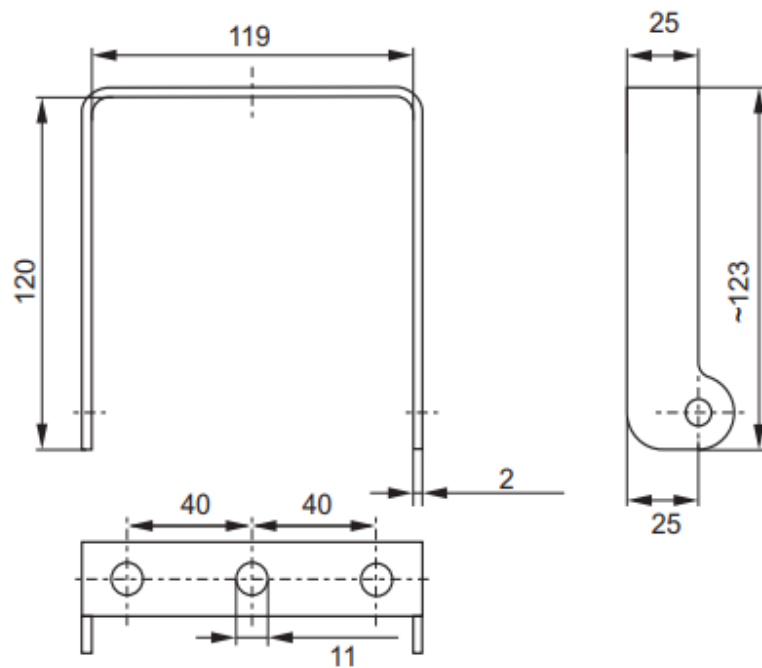


Рис. 4.7. Габаритні розміри монтажної скоби для FMU42

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ОПИС СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

5.1. Алгоритм та програма для контролера M340

Для програмування мікропроцесорного контролера Modicon M340 використовується програмне середовище Unity Pro. За допомогою даного програмного засобу можливо: створити апаратну конфігурацію контролера, програму користувача, створювати та використовувати графічні сторінки, автоматично створювати документи проекту тощо.

Програма користувача може бути визначена як однозначна (MAST) чи багатозначна. Сама програма складається із секцій, яка може бути написана однією із мов, таких як: IL, LD, FBD, ST, SFC. Кожна програма виконується у тій послідовності, в якій вони розташовані у межах секції.

Мова IL (Instruction list) використовує список інструкцій, які виконуються послідовно.

Мова LD (Ladder Diagram) являє собою графічну мову програмування у вигляді діаграм крокової логіки.

Мова FBD (Function Block Diagram) являє собою мову програмування у вигляді взаємопов'язаних інформаційними зв'язками функцій, блоків та процедур.

Мова ST (Structured Text) являє собою мову, що подібна до таких мов програмування, як PASCAL, C, BASIC тощо [17, 20].

Для процесу консервування кукурудзи визначено наступні етапи процесу:

1. Натиснути кнопку Start та ввімкнути двигун подачі кукурудзи до збірника.
2. Коли рівень у збірнику досягне 50 %, подати кукурудзу до сита і

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Брошан А.М.			Розробка системи автоматизації процесу консервування кукурудзи	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Гончаренко Б.М.						
Зав. каф.		Ельперін І.В.			ЗАК-2-2ск, НУХТ			
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

- ввімкнути двигун М3, подати кукурудзу до мийки
3. Забезпечити вимірювання рівня у миючій машині на межі 50 %, ввімкнути регулятор подачі води.
 4. Ввімкнути регулятор підтримки тиску подачі води до флотаційної машини за рахунок двигуна М2.
 5. Ввімкнути двигун М4.
 6. Ввімкнути регулятор температури бланшування, за рахунок подачі пари на рівні 90 °С.
 7. Ввімкнути двигун М5.
 8. Ввімкнути регулятор температури заливки на рівні 85 °С.
 9. Ввімкнути регулятор витрати заливки до банок.
 10. Якщо натиснута кнопка Stop вискнуті всі двигуни та регулятори, закрити клапани подачі речовин.

Після того, як був повністю скомпонований наш контролер, необхідно описати змінні проекту у розділі Elementary Variables, які показані на рис. 5.1 – 5.4. Для кожної змінної присвоєно адресу, відповідно до місця встановлення модуля.

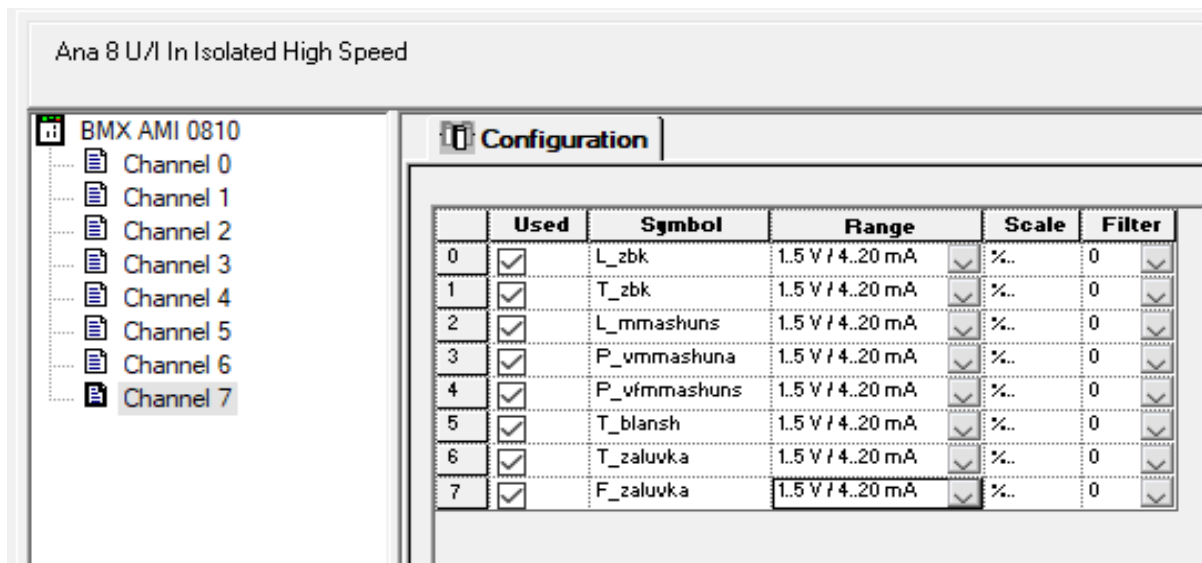


Рис. 5.1. Конфігурація аналогового модуля BMX AMI 0810

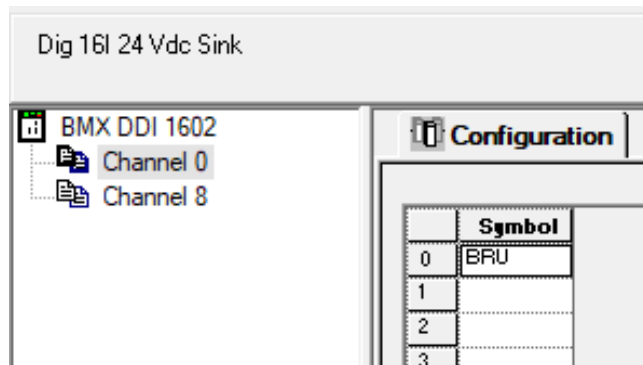


Рис. 5.2. Конфігурація дискретного модуля BMX DDI 1602

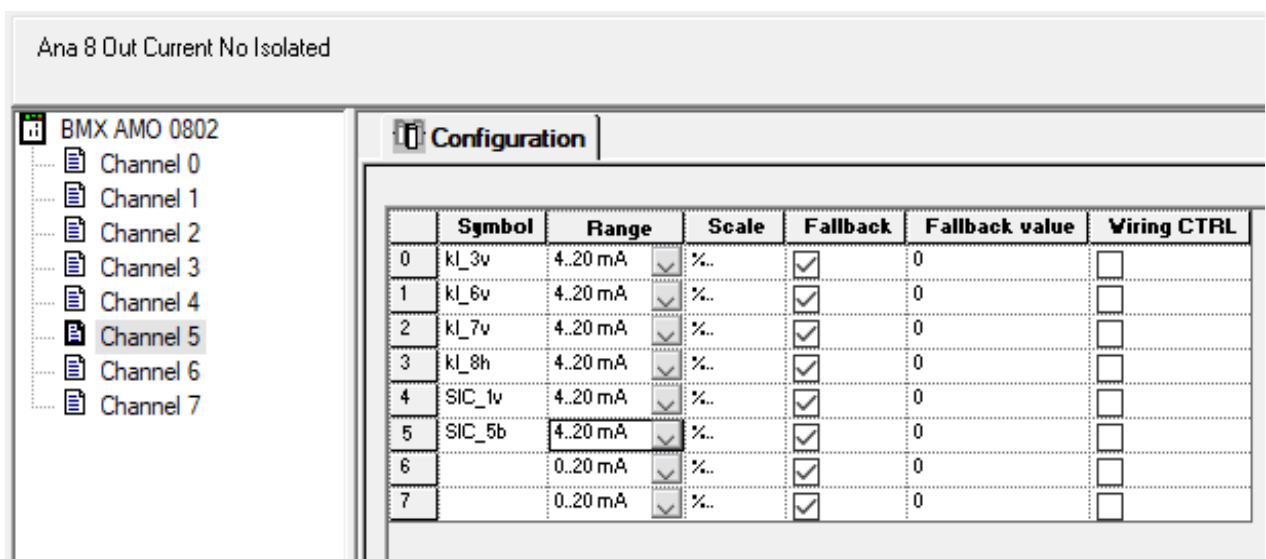


Рис. 5.3. Конфігурація аналогового модуля BMX AMO 0802

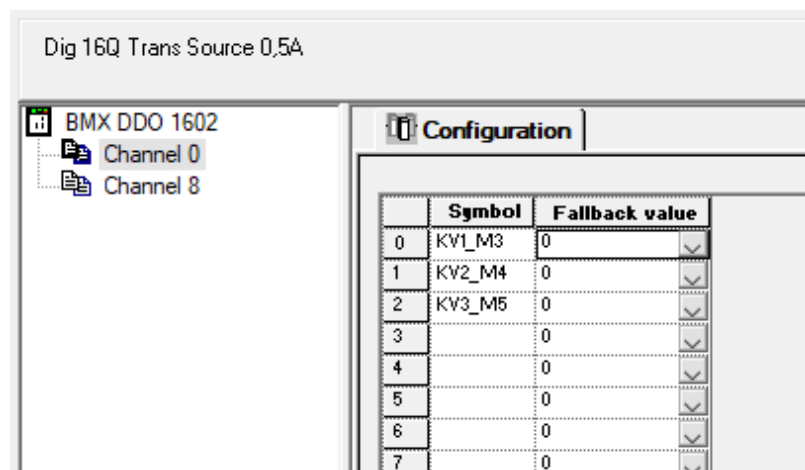


Рис. 5.4. Конфігурація дискретного модуля BMX DDO 1602

Розроблення програми процесу консервування кукурудзи здійснюється із використанням мови програмування FBD, яка створюється у вкладці MAST/Section/Main.

Перелік змінних проекту та функціональних блоків показано на рис. 5.5 та рис. 5.6.

Name	Type	Address
BRU	EBOOL	%I0.2.0
F_zaluvka	REAL	%IW0.1.7
F_zaluvka_PARA	Para_PI_B	
F_zaluvka_SP	REAL	
kl_3v	REAL	%QW0.3.0
kl_6v	REAL	%QW0.3.1
kl_7v	REAL	%QW0.3.2
kl_8h	REAL	%QW0.3.3
KV1_M3	BOOL	%Q0.4.0
KV2_M4	BOOL	%Q0.4.1
KV3_M5	BOOL	%Q0.4.2
L_mmashuns	REAL	%IW0.1.2
L_mmashuns_PARA	Para_PI_B	
L_mmashuns_SP	REAL	
L_zbk	REAL	%IW0.1.0
L_zbk_PARA	Para_PI_B	
L_zbk_SP	REAL	
P_vfmmashuns	REAL	%IW0.1.4
P_vfmmashuns_PARA	Para_PI_B	
P_vfmmashuns_SP	REAL	
P_vmmashuna	REAL	%IW0.1.3
SIC_1v	REAL	%QW0.3.4
SIC_1v_SP	REAL	
SIC_5b	REAL	%QW0.3.5
Start	EBOOL	%M1
Stop	EBOOL	%M2
T_blansh	REAL	%IW0.1.5
T_blansh_PARA	Para_PI_B	
T_blansh_SP	REAL	
T_zaluvka	REAL	%IW0.1.6
T_zaluvka_PARA	Para_PI_B	
T_zaluvka_SP	REAL	
T_zbk	REAL	%IW0.1.1

Рис. 5.5. Перелік змінних процесу консервування кукурудзи

Variables		DDT Types		Function Blocks		DFB Types	
Filter							
		Name =					
Name		no.		Type			
+	L_zb_r			PI_B			
+	L_mm_r			PI_B			
+	P_fm_r			PI_B			
+	T_bl_r			PI_B			
+	T_z_r			PI_B			
+	F_z_r			PI_B			
...							

Рис. 5.6. Перелік функціональних блоків процесу консервування кукурудзи
 Основна програма реалізовує заданий алгоритм роботи. Вона показана на
 рис. 5.7.

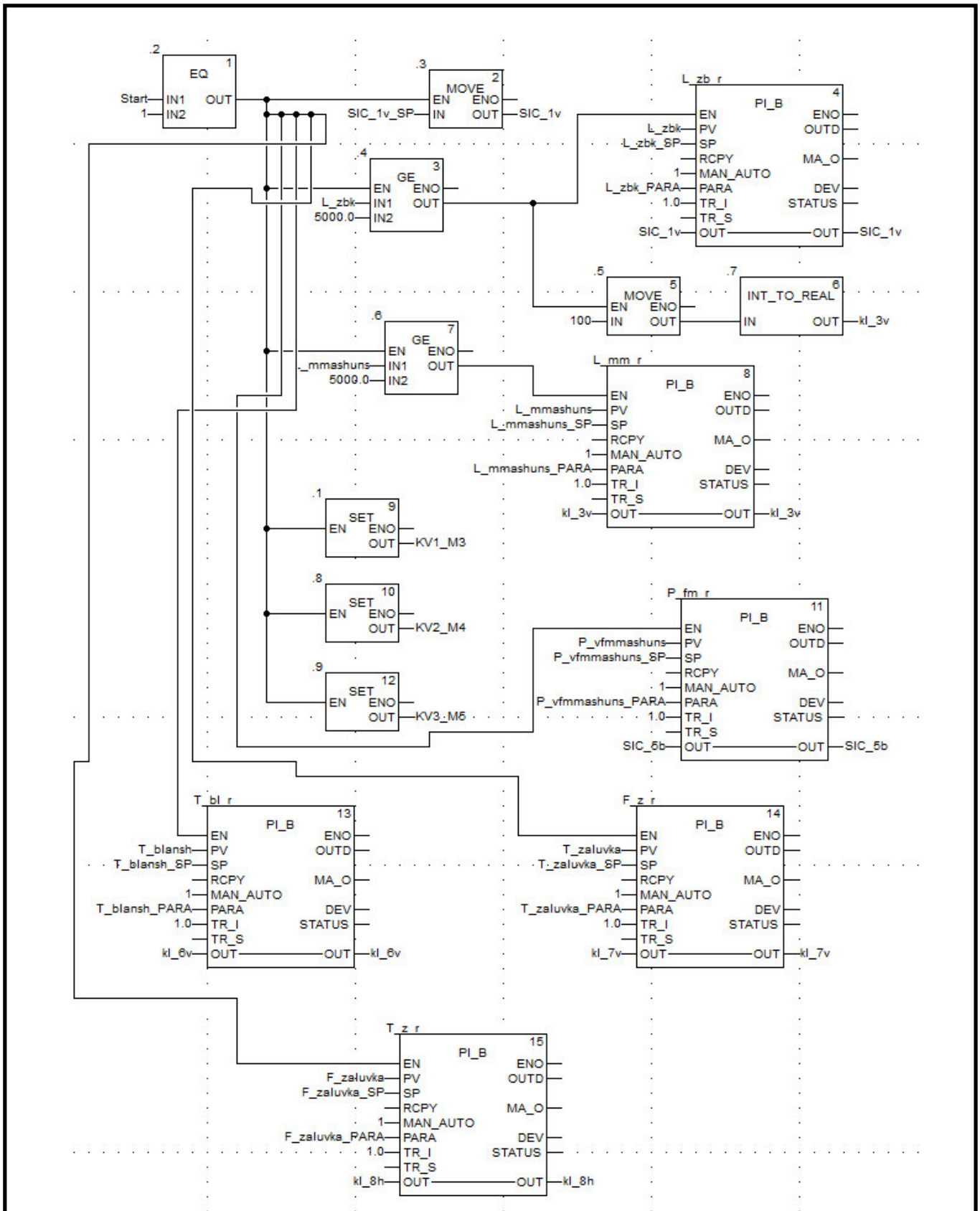


Рис.5.7. Програма Main для процесу консервування кукурудзи

5.2. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора

В автоматизованих системах керування для збору та візуалізації інформації щодо проходження технологічного процесу використовується SCADA системи. При виборі певної SCADA керуються наявністю відповідного драйвера для зв'язку із певним апаратним забезпеченням, простота і зручність розробки інтерфейсу, функціональні можливості тощо.

Розроблена SCADA система повинна забезпечувати збір відповідної інформації, здійснювати візуалізацію і архівування даних тощо.

Для візуалізації процесу консервування кукурудзи використовується програмне забезпечення – CitectSCADA від компанії Schneider Electric. Citect SCADA - надійне, гнучке і масштабується програмне забезпечення для побудови систем диспетчеризації будь-якого масштабу. Володіє потужними можливостями візуалізації та багатим функціоналом, забезпечує зручність роботи операторів і підвищує її ефективність. Є компонентом EcoStruxure Plant.

Функціональні можливості:

- Повне резервування для самих надійних рішень. На важливих виробничих ділянках апаратний збій може призвести до вкрай небезпечних ситуацій. Завдяки функції повного резервування збій в будь-якій частині вашої системи не призведе до втрати її функціональності і продуктивності;

- Потужний графічний редактор і зручний призначений для користувача інтерфейс: графічні можливості вашої SCADA системи визначають зручність її використання. Citect SCADA дозволяє розробляти повноколірний, витриманий в одному стилі, легкий у використанні і інтуїтивно зрозумілий графічний інтерфейс користувача, який відповідає вимогам концепції ситуаційної обізнаності;

- Просте конфігурація: гнучкість і великий набір інструментів Citect SCADA прискорюють процес конфігурації системи управління. Так істотно знижується час і вартість розробки, а також мінімізуються проектні ризики. [18-19]

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

У таблиці 5.1 представлено опис змінних та їхніх параметрів, що були використані для розробки дисплейної мнемосхеми оператора процесу консервування кукурудзи.

Таблиця 6.1. Перелік змінних процесу

Ім'я змінної	Адреса	Настроювання		
		Період опитування	Перетворення	
			Контрольні одиниці	Фізичні одиниці
L_zbk	%IW0.1.0	2 с	0- 10000	0-20 м
T_zbk	%IW0.1.1	2 с	0- 10000	-50 +250 ° С
L_mmashuns	%IW0.1.2	2 с	0- 10000	0-15 м
P_vmmashuns	%IW0.1.3	2 с	0- 10000	0,03- 400 бар
P_vfmmashuns	%IW0.1.4	2 с	0- 10000	0,03- 400 бар
T_blansh	%IW0.1.5	2 с	0- 10000	-50 +250 ° С
T_zaluvka	%IW0.1.6	2 с	0- 10000	-50 +250 ° С
F_zaluvka	%IW0.1.7	2 с	0- 10000	0-450 кг/год.
kl_3v	%QW0.3.0	2 с	0- 10000	0-100 %
kl_6v	%QW0.3.1	2 с	0- 10000	0-100 %
kl_7v	%QW0.3.2	2 с	0- 10000	0-100 %
kl_8h	%QW0.3.3	2 с	0- 10000	0-100 %
SIC_1v	%QW0.3.4	2 с	0- 10000	
SIC_5b	%QW0.3.5	2 с	0- 10000	
KV1_M3	%Q0.4.0	2 с	0-1	Ввімкнено/вимкнено
KV2_M4	%Q0.4.1	2 с	0-1	Ввімкнено/вимкнено
KV3_M5	%Q0.4.2	2 с	0-1	Ввімкнено/вимкнено
BRU	%I0.2.0	1 с	0-1	Ввімкнено/вимкнено

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Модуль візуалізації та управління безпосередньо використовується для відображення технічних параметрів і контролю планування роботи верхнього шару системи автоматичного управління. Технологічний процес виражається у вигляді динамічного екрана (мнемосхеми). Мнемосхема - це умовне графічне зображення технічного рішення функціональної групи.

Людино-машинний інтерфейс частини процесу консервування кукурудзи, а саме бланшування та наповнення банок кукурудзою та заливкою показано на рис. 5.8.

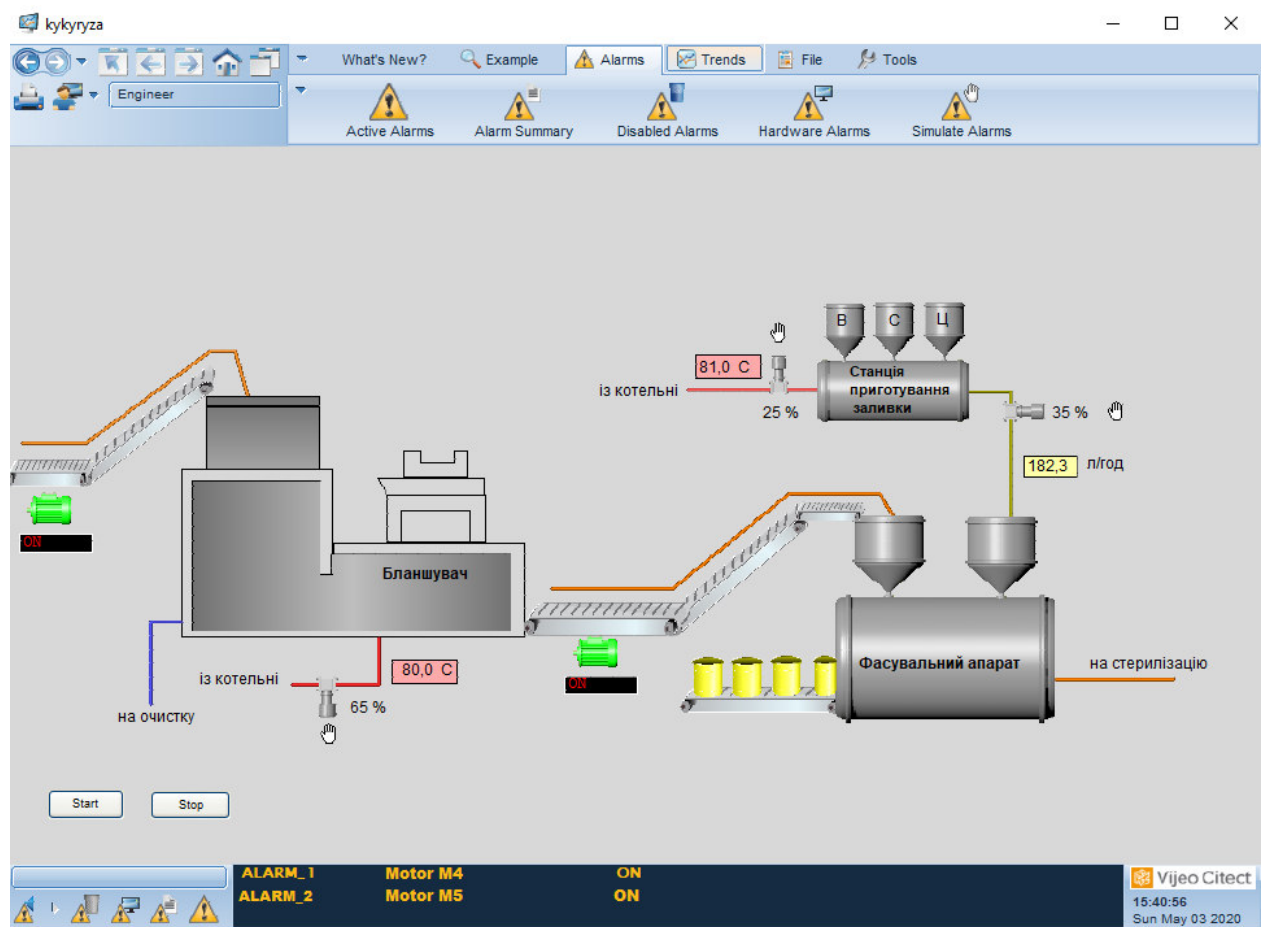


Рис. 5.8. Людино- машинний інтерфейс SCADA системи процесу консервування кукурудзи

Для виведення аналогових параметрів використовуються різні цифрові, комутаційні та лінійні індикатори. Для вказівки стану та режиму роботи технологічного обладнання використовуються растрові та текстові та символні

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 6
КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО
КЕРУВАННЯ

6.1. Дослідження стійкості АСР за допомогою критерії стійкості

Під стійкістю автоматичної системи розуміють здатність повертатися у початковий стан після нанесення будь-якої дії. Ознакою стійкості системи виступають збіжні перехідні процеси. Лінійна автоматична система керування може знаходитися у трьох станах: бути стійкою, нестійкою та на межі стійкості.

Критерії стійкості систем поділяються на алгебраїчні та частотні. Алгебраїчні критерії встановлюють необхідні та достатні умови стійкості на основі визначників, складених з коефіцієнтів характеристичного рівняння системи. До алгебраїчного критерію відноситься критерій Рауса-Гурвіца [21,22].

На основі характеристичного полінома:

$$D(\lambda) = a_n \lambda^n + a_{n-1} \lambda^{n-1} + \dots + a_1 \lambda + a_0 \quad (6.1)$$

складається визначник:

$$\Delta_n = \begin{vmatrix} a_{n-1} & a_{n-3} & a_{n-5} & a_{n-7} & \dots & 0 & 0 \\ a_n & a_{n-2} & a_{n-4} & a_{n-6} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & a_{n-1} & a_{n-3} & a_{n-5} & \dots & 0 & 0 \\ 0 & a_n & a_{n-2} & a_{n-4} & \dots & 0 & 0 \\ \vdots & & & & & & \\ 0 & 0 & \dots & a_3 & a_1 & 0 & \\ 0 & 0 & \dots & a_4 & a_2 & a_0 & \end{vmatrix}$$

Даний вираз має назву визначника Гурвіца і при його складанні виконуються такі правила:

					<i>Кваліфікаційна робота</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Брошан А.М.			Розробка системи автоматизації процесу консервування кукурудзи	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Гончаренко Б.М.						
Зав. каф.		Ельперін І.В.			ЗАК-2-2ск, НУХТ			
Секр. ЕК.		Проскурка Є.С.						

- визначник має n рядків та n стовпців, в першому рядку
- розташовуються “непарні” коефіцієнти, після чого рядок доповнюється до числа n нулями;
- другий рядок включає всі “парні” коефіцієнти і також доповнюється нулями до числа n ;
- третій та четвертий рядки отримують зсувом вправо відповідно першого та другого рядків на один елемент, а зліва проставляється нуль. Аналогічно отримують і наступні рядки;
- в головній діагоналі визначника розташовуються всі коефіцієнти, крім a_n .

Критерій стійкості Рауса-Гурвиця формулюється наступним чином: автоматична система, яка описується характеристичним поліномом (6.1) стійка, якщо при $a_n > 0$ визначник Δ_n та всі його діагональні мінори додатні. (Мінор – визначник, складений з елементів, розташованих на перетині будь-яких k рядків та k стовпців визначника). У виразі мінори виділені пунктиром [21,22].

Частотний критерій Найквіста використовує амплітудно-фазову характеристику розімкненої системи $W_{роз}(j\omega) = W_{рег}(j\omega) \cdot W_{ок}(j\omega)$, яка характеризується послідовним з’єднанням (добутком) відповідних характеристик та передаточних функцій автоматичного регулятора та об’єкта за каналом керування. Даний критерій зручний для одноконтурних систем, які представляються у вигляді типових ланок.

Критерій Найквіста використовується для розімкнутих систем та формулюється так: автоматична система керування стійка, якщо амплітудно-фазова характеристика розімкненої системи $W_{роз}(j\omega)$ не охоплює точку з координатами $(-1; j0)$ (рис.6.1).

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

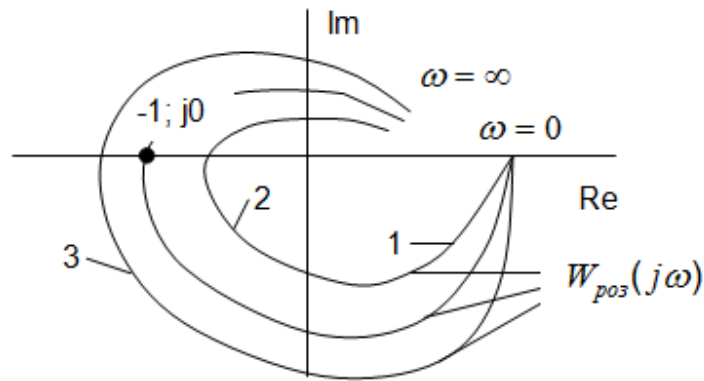


Рис. 6.1. Амплітудно-фазові характеристики розімкненої системи (статичної)
 Годограф 1 відповідає стійкій системі, 3 – нестійкій, 2 – на межі стійкості.
 Цей випадок справедливий для статичних систем.

Частотний критерій стійкості А.В.Михайлова заснований на аналізі характеристичного полінома системи, в який підставляється $\lambda = j\omega$:

$$D(j\omega) = a_n(j\omega)^n + a_{n-1}(j\omega)^{n-1} + \dots + a_1(j\omega) + a_0 \quad (6.2)$$

Вираз (6.2) можна подати у вигляді суми дійсної і уявної частини:

$$D(j\omega) = U_D(\omega) + jV_D(\omega), \quad (6.3)$$

де: $U_D(\omega)$ - дійсна частина, складена з членів з парними степенями ω ;

$V_D(\omega)$ - уявна частина, яка утримує члени з непарними степенями ω .

Критерій стійкості Михайлова формулюється так: автоматична система керування, якій відповідає рівняння (6.3), стійка, якщо при змінюванні ω від 0 до ∞ годограф $D(j\omega)$ огинає проти годинникової стрілки початок координат та проходить n квадрантів (n – порядок системи). Якщо система знаходиться на межі стійкості, то годограф проходить через початок координат (це відповідає наявності пари спряжених коренів). [21,22]

					Кваліфікаційна робота	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

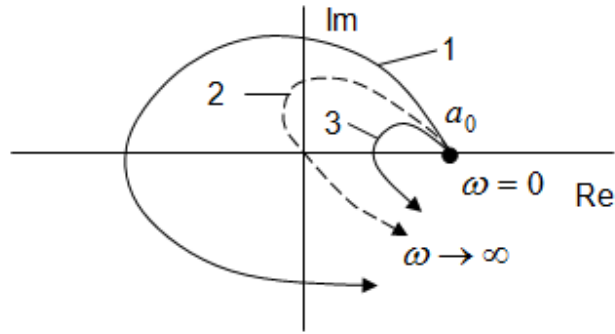


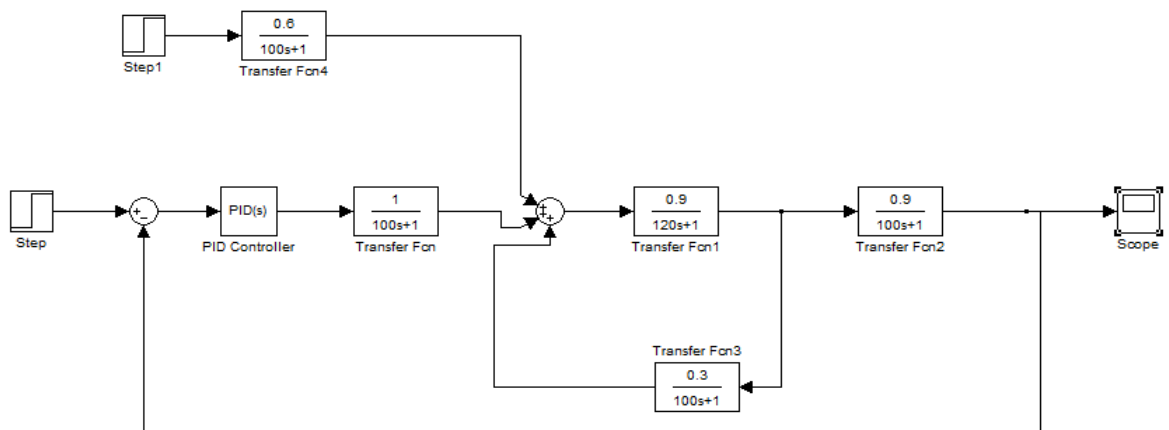
Рис.4.2 Годограф Михайлова:

1 відповідає стійкій системі ($n=4$), 2 – на межі стійкості, 3 – нестійкій.

При практичному використанні годографа Михайлова спочатку знаходять точки перетину його з координатними осями: при $U_D(\omega) = 0$ знаходять частоту, коли $D(j\omega)$ пересікається з уявною віссю і підставляють її значення у вираз для $V_D(\omega)$. Коли знайдено умови, за яких $D(j\omega)$ перетинає осі координат, тобто знайдено нулі $U_D(\omega)$ і $V_D(\omega)$, то повністю годограф будувати не потрібно: стійкість має місце, якщо нулі $U_D(\omega)$ та $V_D(\omega)$ чергуються з ростом ω , починаючи з $\omega = 0$, тобто $V_D(\omega) = 0$, а $U_D(\omega) > 0$. [21,22]

Виконання індивідуального завдання

Дано структурну схему системи автоматичного керування:



				Арк.	
<i>Кваліфікаційна робота</i>					
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	

Нехай дано еквівалентну передаточну функція за каналом управління:

$$W_{екв}^U(p) = \frac{0.81}{1200000p^3 + 34000p^2 + 293p + 0.73}$$

Для визначення алгебраїчного критерію стійкості Рауса-Гурвіца використовується передаточна функція замкненої системи автоматичного керування за каналом управління з використанням П-регулятора.

Передаточна функція замкненої САР має наступний вигляд:

$$W_{зам}(p) = \frac{W_{екв}^U}{1 + W_{рег}(p) \cdot W_{екв}^U}$$

$$W_{зам}(p) = \frac{0.81}{1200000p^3 + 34000p^2 + 293p + 0.73} =$$

$$1 + \frac{0.81}{1200000p^3 + 34000p^2 + 293p + 0.73} \cdot k_{рег}$$

$$= \frac{0.81}{1200000p^3 + 34000p^2 + 293p + 0.73 + 0.81 \cdot k_{рег}}$$

Складаємо визначник другого порядку по характеристичному поліному для визначення крег критичного, при якому система знаходиться на межі стійкості:

$$Q = 1200000p^3 + 34000p^2 + 293p + 0.73 + 0.81 \cdot k_{рег}$$

$$\Delta_2 = \begin{vmatrix} 34000 & 0.73 + 0.81 \cdot k_{рег} \\ 1200000 & 293 \end{vmatrix} = 34000 \cdot 293 - 1200000 \cdot (0.73 + 0.81 \cdot k_{рег}) =$$

$$= 9086000 - 972000 \cdot k_{рег}$$

Прирівнюємо $9086000 - 972000 \cdot k_{рег}$ до нуля:

$$9086000 - 972000 \cdot k_{рег} = 0$$

$$k_{рег}^{кр} = 9.347$$

Підставимо розраховане значення у структурну схему та знімемо перехідний процес у системі (рис. 6.3):

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

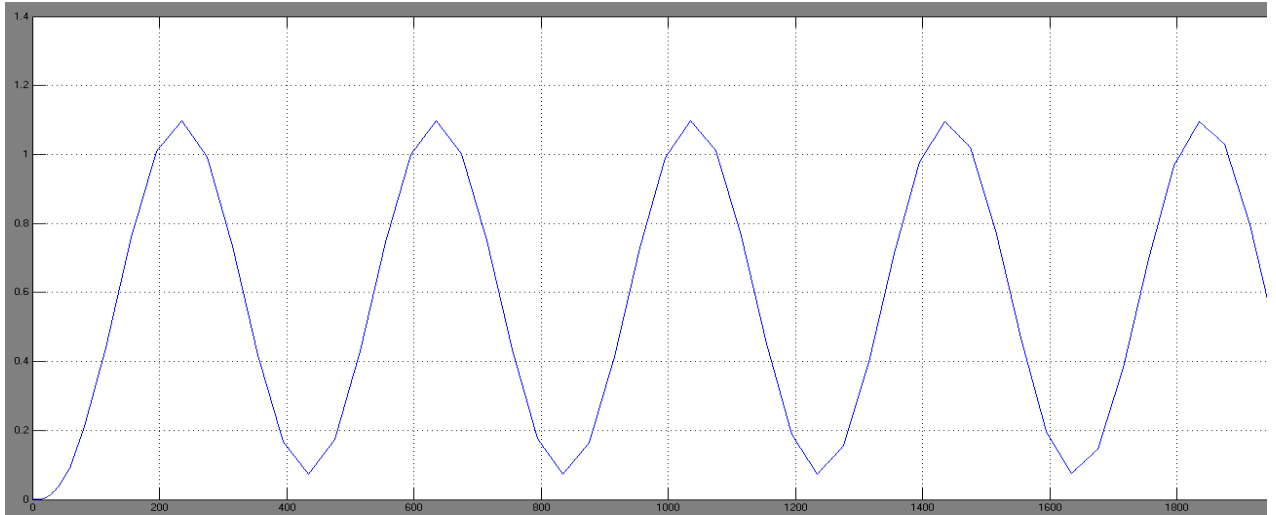


Рис. 6.3. Автоколивання у системі при $k_{рез}^{kp} = 9.347$

Зменшимо у 2 рази (рис. 4.4) та збільшимо у 2 рази (рис. 4.5) значення $k_{рез}^{kp}$ та дослідимо зміну перехідного процесу у системі.

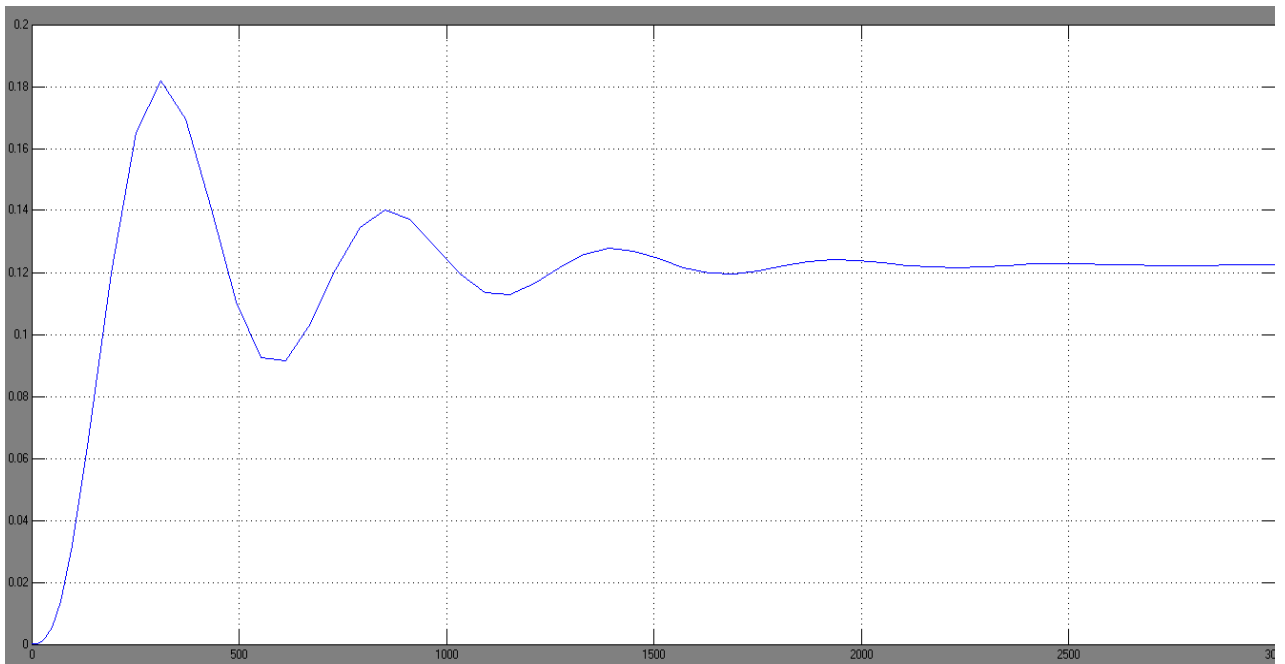


Рис. 6.4. Перехідний процес у системі при $k_{рез} = 4$

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

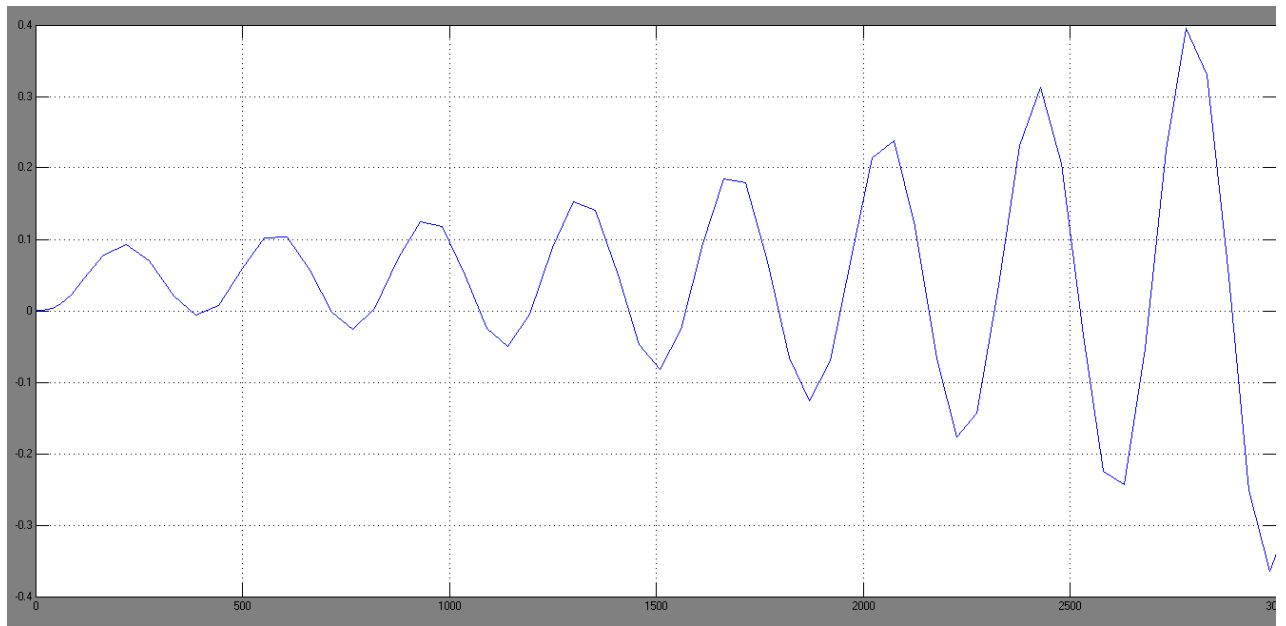


Рис. 6.5. Перехідний процес у системі при $k_{рез} = 12$

Як видно із рис. 6.4 перехідний процес збіжний, отже система стійка. Як видно із рис. 6.5 перехідний процес розбіжний, отже система не стійка.

Дослідимо на стійкість замкнену систему за допомогою критерію стійкості Михайлова. Для побудови даного критерію використовується характеристичне рівняння замкненої системи Q , в яке підставляється замість $k_{рез}^{кр}$ числові значення, які використовувались при дослідженні перехідних процесів.

В командному рядку Matlab/Simulink записується вираз для представлення передаточної функції замкненої системи при $k_{рез}^{кр} = 9.347$.

```
>> W=tf([1200000 34000 293 8.3],[0 7.57])
```

Transfer function:

$$1.2e006 s^3 + 34000 s^2 + 293 s + 8.3$$

$$7.57$$

Будуємо амплітудно-фазову характеристику за допомогою функції:

```
>> nyquist(W, {0.0001 0.05})
```

Отримуємо графік (рис. 6.6), коли система проходить через початок координат і знаходиться на межі стійкості.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

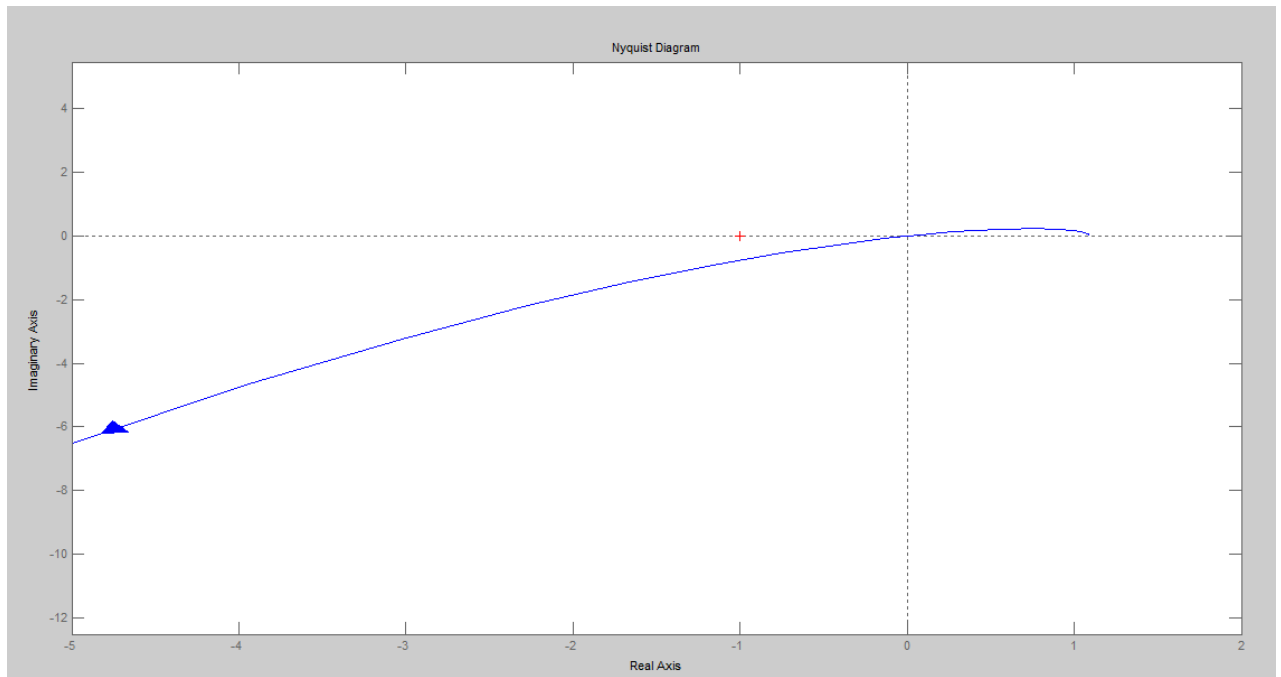


Рис. 6.6. Годограф при $k_{рег}^{kp} = 9.347$, коли система знаходиться на межі стійкості

Зменшимо у 2 рази (рис. 6.7) та збільшимо у 2 рази (рис. 6.8) значення $k_{рег}^{kp}$ та дослідимо вигляд годографа.

$$k_{рег} = 4$$

$$W = \text{tf}([1200000 \ 34000 \ 293 \ 3.97], [0 \ 3.24])$$

Transfer function:

$$\frac{1.2e006 s^3 + 34000 s^2 + 293 s + 3.97}{3.24}$$

$$\gg \text{nyquist}(W, \{0.0001 \ 0.03\})$$

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

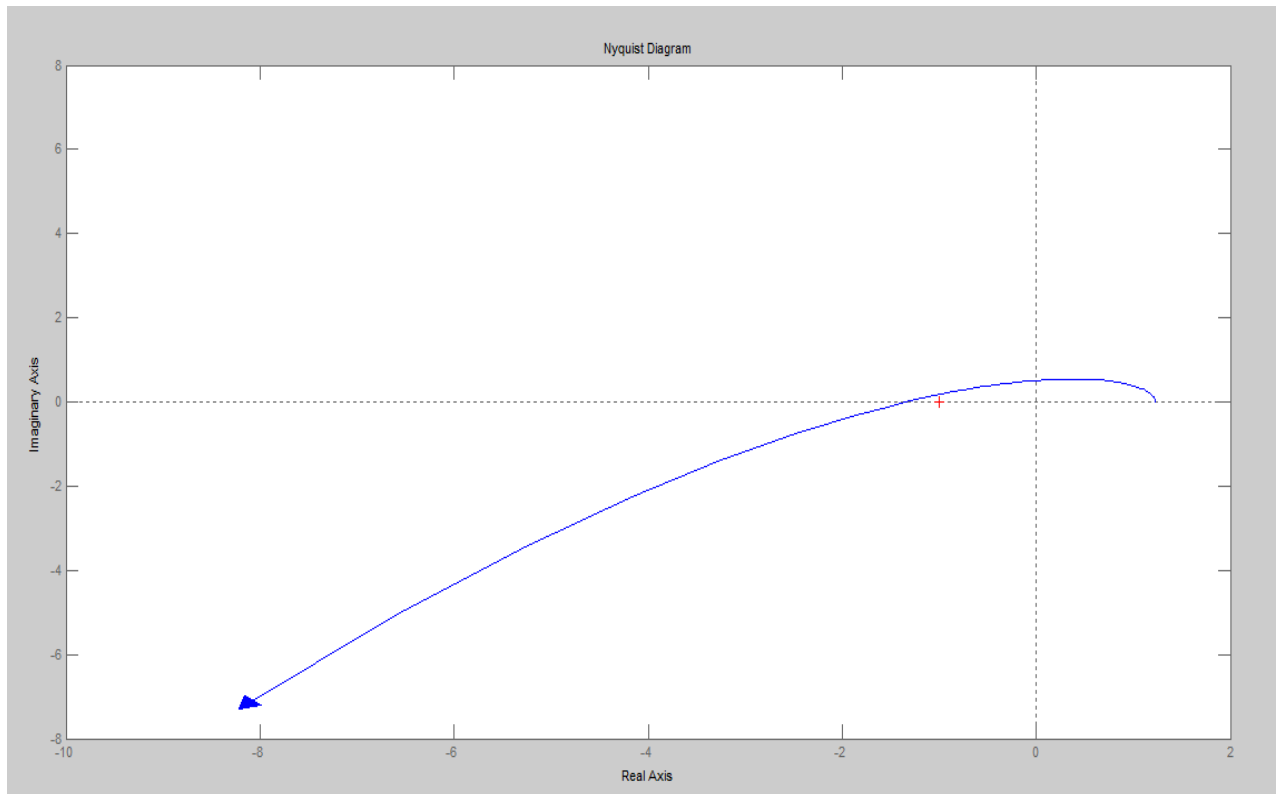


Рис. 6.7. Годограф при $k_{pez} = 4$, коли система стійка

Як видно із рис. 6.7 система стійка. Оскільки вона огинає початок координат та проходить 3 квадранти, що відповідає порядку системи.

$$k_{pez} = 12$$

$$W = \text{tf}([1200000 \ 34000 \ 293 \ 10.45], [0 \ 9.72])$$

Transfer function:

$$1.2e006 s^3 + 34000 s^2 + 293 s + 10.45$$

$$9.72$$

```
>> nyquist(W, {0.0001 0.03})
```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

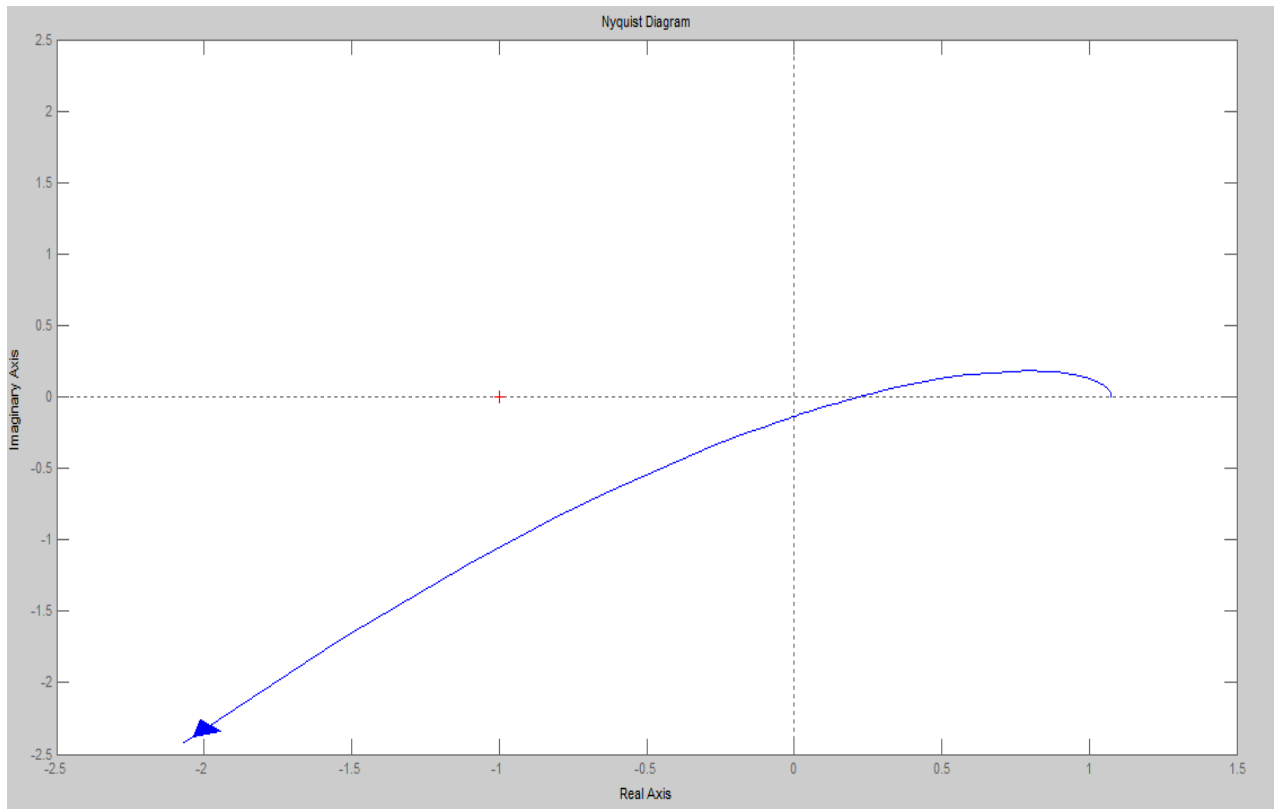


Рис. 6.8. Годограф при $k_{pez} = 12$, коли система не стійка

Як видно із рис. 6.8 система не стійка, оскільки вона не доходить до початку координат.

Для визначення критерію стійкості Найквіста використовується передаточна функція розімкненої системи з пропорційним регулятором. Будується годограф розімкненої системи за допомогою Matlab/Simulink, з використанням попередніх значень k_{pez} .

В командному рядку Matlab/Simulink записується вираз для представлення передаточної функції розімкненої системи при $k_{pez}^{kp} = 9.347$ (рис. 6.9).

$$W=tf([0 \ 7.57],[1200000 \ 34000 \ 293 \ 0.73])$$

Transfer function:

$$7.57$$

$$1.2e006 \ s^3 + 34000 \ s^2 + 293 \ s + 0.73$$

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

```
>> nyquist(W, {0.0001 0.05})
```

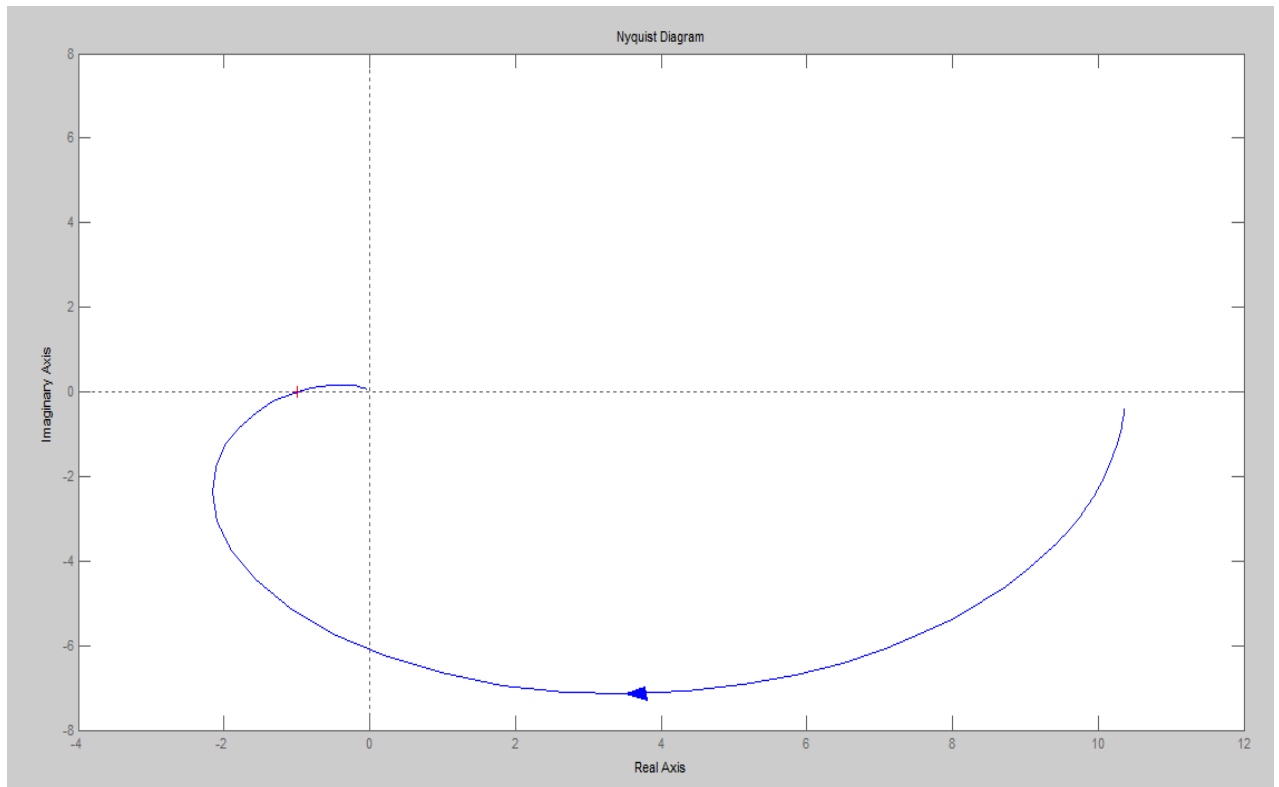


Рис. 6.9. Годограф при $k_{pez}^{kp} = 9.347$, коли система знаходиться на межі стійкості

Як видно із рис. 6.9 система знаходиться на межі стійкості, оскільки проходить через точку $(-1; j0)$.

В командному рядку Matlab/Simulink записується вираз для представлення передаточної функції розімкненої системи при $k_{pez} = 4$ (рис. 6.10).

```
W=tf([0 3.24],[1200000 34000 293 0.73])
```

Transfer function:

3.24

 $1.2e006 s^3 + 34000 s^2 + 293 s + 0.73$

```
>> nyquist(W, {0.0001 0.05})
```

									Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата	<i>Кваліфікаційна робота</i>				

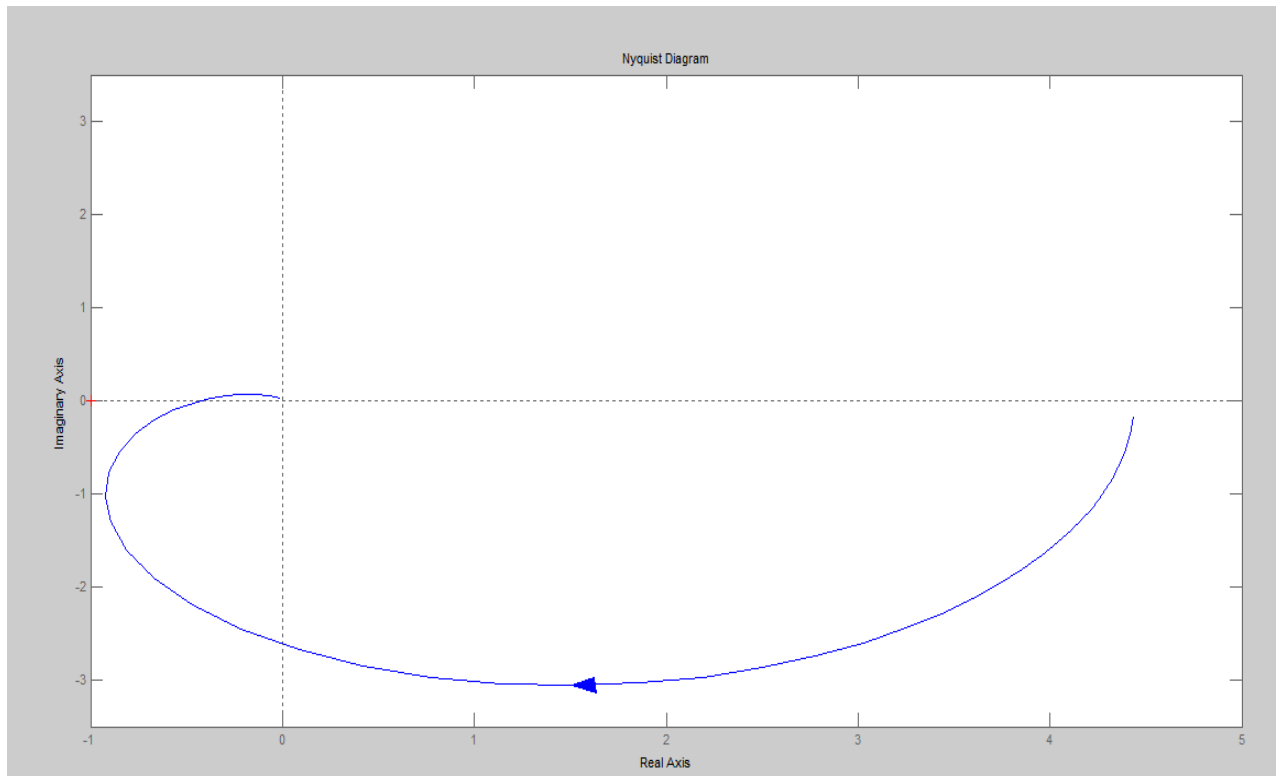


Рис. 6.10. Годограф при $k_{рег} = 4$, коли система стійка

Як видно із рис. 6.10 система стійка, оскільки не проходить через точку $(-1; j0)$.

В командному рядку Matlab/Simulink записується вираз для представлення передаточної функції розімкненої системи при $k_{рег} = 12$ (рис. 6.11).

```
W=tf([0 9.72],[1200000 34000 293 0.73])
```

Transfer function:

$$9.72$$

$$1.2e006 s^3 + 34000 s^2 + 293 s + 0.73$$

```
>> nyquist(W, {0.0001 0.05})
```

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

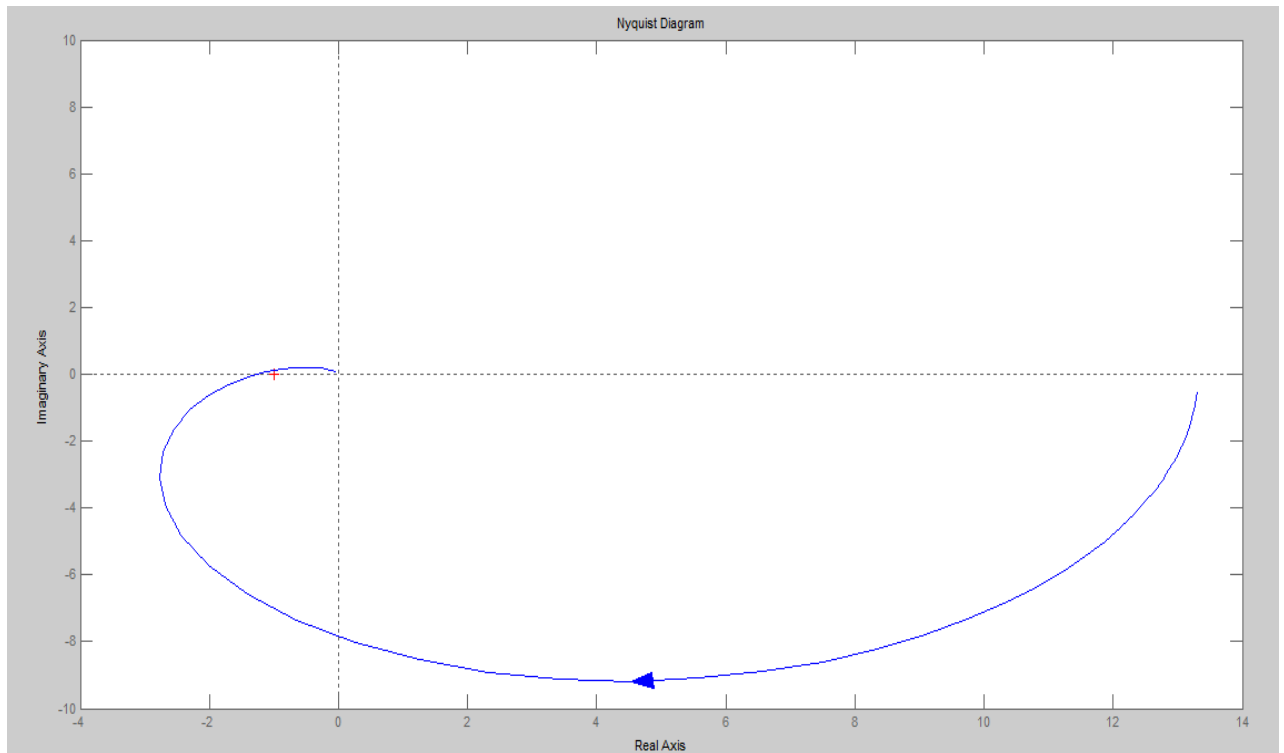


Рис. 6.11. Годограф при $k_{рег}^{kp} = 12$, коли система стійка

Як видно із рис. 6.11 система не стійка, оскільки проходить за точкою $(-1; j0)$.

Отже, для даного об'єкта були застосовані алгебраїчні та частотні критерії стійкості. Були визначені умови та значення регулятора, при яких система стійка, нестійка та знаходиться на межі стійкості.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

В дипломному проекті було проаналізовано технологію консервування кукурудзи. Відповідно до завдання було розроблено:

1. схему автоматизації процесу консервування кукурудзи, підключення датчиків та виконавчих механізмів до контролера;
2. розширену схемі підключення ультразвукового рівнеміра Prosonic M FMU42 до частотного перетворювача Lenze 8200 через БРУ 107;
3. показано монтаж ультразвукового рівнеміра Prosonic M FMU42;
4. розроблено програмне забезпечення процесом на базі Unity Pro з використанням мови програмування FBD;
5. розроблено SCADA-програми з використанням програмного забезпечення Viject Citect для процесу бланшування та та наповнення банок кукурудзою і заливкою із моніторингом всіх технологічних параметрів;
6. проведено моделювання системи автоматичного керування із заданою структурою на стійкість за критеріями стійкості Рауса-Гурвиця, Найквіста та Михайлова.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Скалецька Л.Ф. Біохімічні зміни продукції рослинництва при її зберіганні та переробці: навч. посібник / Л.Ф. Скалецька, Г.І. Подпрятюв. – К.: Видавничий центр НАУ – 2007. – 288 с.
2. Подпрятюв Г.І. Зберігання і переробка продукції рослинництва: Навч. посібник / Г.І. Подпрятюв, Л.Ф. Скалецька, А.М. Сеньков, В.С. Хилевич. – К.: Мета, 2002. – 495 с.
3. Найченко В.М. Технологія зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / В.М.Найченко, О.С.Осадчий. – К. : Школяр, 2007. – 502 с.
4. Найченко В.М. Практикум з технології зберігання і переробки плодів та овочів з основами товарознавства: [для студ. вищ. навч. закл.] / В.М. Найченко, І.Л. Заморська. – Умань, 2010. – 211 с.
5. Осокіна Н.М. Технологія зберігання і переробки продукції рослинництва : підруч. /Н.Г. Осокіна, Г.С. Гайдай. – Умань, 2005. – 614 с.
6. Технологія консервування плодів, овочів, м'яса і риби: підруч. [для студ. вищ. навч. закл.] / [Б.Л. Флауменбаум, Є.Г. Кротов, О.Ф. Загібалов та ін.]; за ред. Б.Л. Флауменбаума. – К. : Вища шк., 1995. – 301 с.
7. Технология консервирования плодов и овощей и контроль качества продукции: [учебн. для уч-ся техникумов] / [Загибалов А.Ф., Зверькова А.С., Титова А.А., Флауменбаум Б.Л.]. – М. : Агропромиздат, 1992. – 352 с.
8. Флауменбаум Б.Л. Основы консервирования пищевых продуктов: учебн. [для студ. высш. учебн. завед.] / Б.Л. Флауменбаум, С.С.Танчев, М.А. Гришин.– М. : Агропромиздат, 1986. – 494 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		

9. Щеглов Н.Г. Технология консервирования плодов и овощей: учебнопрактическое пособие / Н.Г. Щеглов.– М. : Издат.-торг. корп. «Дашков и «К», 2002.– 380 с.

10. Сахарная кукуруза консервированная. - Режим доступа: <http://www.comodity.ru/fruitvegetable/naturalovosh/5.html>

11. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник [Текст]/ В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.

12. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 [Текст]/ А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.

13. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 [Текст]/ А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.

14. Ельперін І.В. Промислові контролери. Частина 2 [Текст]/ І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2012. – 106 с.

15. Ладанюк А.П. Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник [Текст]/ Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.

16. Ультразвуковий рівнемір Prosonic M FMU42. – Режим доступа: <http://www.pkimpex.ru/files/prosonic-m-fmu40-41-42-43-rpe.pdf>

17. Пупена О.М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro. [Текст]/ О.М. Пупена, І.В. Ельперін //Навч. посібник. – К.: Видавництво Ліра-К. – 2013. – 340с.

18. SCADA. – Режим доступа: [www. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/SCADA](http://www.URL:https://uk.wikipedia.org/wiki/SCADA)

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докцм.	Підпис	Дата		

19. Citect SCADA - ПО для построения систем диспетчеризации. - Режим доступа: <https://www.se.com/ru/ru/product-range-presentation/1500-citect-scada/>

20. Пупена О.М.. Контролери та їх програмне забезпечення. Курс лекцій для студ. Напр. 6.50202 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" денної та заочної форм навчання. Частина 3. / О.М. Пупена, І.В. Ельперін – К.: НУХТ, 2011. – 48 с.

21. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування: курс лекцій, ч.1./ А.П.Ладанюк – Вінниця.: Нова книга, 2004. – 184 с.

22. Ладанюк А.П. Теорія автоматичного керування: курс лекцій, ч.2/ А.П.Ладанюк – К.: НУХТ, 2005. – 115 с.

					<i>Кваліфікаційна робота</i>	Арк.
Змін.	Арк.	№ докum.	Підпис	Дата		