МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Форсюк А.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)
«___» червня 2020 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Ельперін І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)
«___» червня 2020 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
на тему: Розробка системи автоматизації процесу виготовлення ковбасного фаршу

Виконав: здобувач 4 курсу, групи АК-4-2
Завєдєєв Максим Андрійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

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

Консультанти _____ _____
(прізвище та ініціали) (підпис)
_____ _____
(прізвище та ініціали) (підпис)
_____ _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

Рецензент Горлова Тетяна Михайлівна _____
(прізвище та ініціали) (підпис)

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

Здобувач_____
(підпис)

Київ - 2020 р.

Національний університет харчових технологій

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *«Бакалавр»*

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Зав. кафедри АКТСУ

_____І.В. Ельперін

« 27 » квітня 2020 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Завєдєєву Максиму Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи автоматизації процесу виготовлення ковбасного фаршу

керівник роботи доцент Сідлецький Віктор Михайлович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 27 » квітня 2020 р. №269-кс

2. Строк подання здобувачем роботи « 9 » 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. Проєктне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проєктне 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 2020р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	*Видача та затвердження завдання*	*Перед переддипло-мною практикою*	
2	*Розділ 1*	*Захист переддип-ломної 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 Завєдєєв М.А. _____
(підпис)

Керівник роботи Сідлецький В.М. _____
(підпис)

Анотація

В кваліфікаційній роботі розглядається розробка системи автоматизації процесу виготовлення ковбасного фаршу.

В роботі представлено опис технологічного процесу виготовлення ковбасного фаршу, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – датчика рівня ДРУ-2, схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічних засобів.

Розроблено алгоритм та програму для управління. Програма розроблена для ПЛК Schneider Electric Modicon M340. Інтерфейс дисплейної мнемосхеми процесом виготовлення ковбасного фаршу, розроблено в програмному забезпечені SCADA-ZENON від фірми Schneider Electric та її вигляд представлено в записці.

Ключові слова: ПЛК, SCADA, виробництво фаршу, система керування.

Annotation

The qualification work considers the development of the automation system of process of manufacturing of sausage forcemeat is considered.

The paper presents a description of the technological process process of making sausage, tasks for the automation system, automation scheme, specification of technical means of automation, assembly diagram of technical means of automation - level sensor DRU-2, connection diagram of sensors and actuators to the PLC and extended connection schemes.

An algorithm and control program have been developed. The program is designed for Schneider Electric Modicon M340 PLC. The interface of the display mnemonic in the process of milk reception was developed in the SCADA-ZENON software from Schneider Electric and its form is presented in the note.

Keywords: PLC, SCADA, minced meat production, control system.

Зміст

Вступ.....7

Розділ 1. Опис об'єкта автоматизації..... 9

1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації..... 9

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації.....18

Розділ 2. Система автоматизації..... 19

2.1. Схема автоматизації..... 17

2.2. Специфікація засобів автоматизації.....19

2.3. Обгрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО).....23

Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК..... 27

3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера.....27

3.2. Загальні схеми підключення 38

3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів…….44

Розділ 4. Креслення встановлення технічних засобів 48

Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)… 52

Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога..... 61

6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI 61

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора..... 64

Розділ 7 . Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання.67

7.1. Постановка задачі дослідження…… 67

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі……..68

7.3. Моделювання САР……70

Висновок 72

Список використаної літератури 73

Вступ

Станом на сьогодні автоматизація технологічних процесів є одною з найважливіших засобів підвищення продуктивності праці, зменшення витрат матеріалів і енергії, покращення якості продукції, впровадження прогресивних методів управління. На початку XXI століття вона набула нових рис та особливостей у зв'язку з бурхливим розвитком технічних засобів – мікропроцесорної техніки і персональних електронно-обчислювальних машин, функціональні можливості яких дають змогу використовувати найдосконаліші методи в рамках сучасних складних систем управління. Мікропроцесорні пристрої та електронно-обчислювальні машини пов'язані між собою обчислювальними і керуючими мережами, дозволяють впроваджувати комп'ютерні технології у нетрадиційні сфери діяльності підприємства, що проявляється в інтеграції виробничих процесів та управління ними. Застосування мікропроцесорної техніки в харчовій промисловості дозволяє підвищити точність регулювання технологічними параметрами, зменшити виробничі втрати компонентів продукції.

Основними задачами автоматизації є інтенсифікація промисловості на основі впровадження нових досягнень науки і техніки, зменшення числа технологічних переходів; впровадження неперервних схем промисловості; кількісний та якісний ріст потужностей обладнання.

Масштабність задач, які вирішує харчова промисловість потребує створення заводів, цехів, ділянок з високим ступенем механізації і автоматизації виробництва, технологічними процесами і виробництвом на базі використання ЕОМ, створення приладів і систем автоматизації на базі традиційних технічних засобів та мікропроцесорної техніки, розробки і впровадження промислових роботів і маніпуляторів.

Метою автоматизації є підвищення ефективності праці, покращення якості продукції, яка випускається, створення умов для оптимального використання всіх ресурсів промисловості.

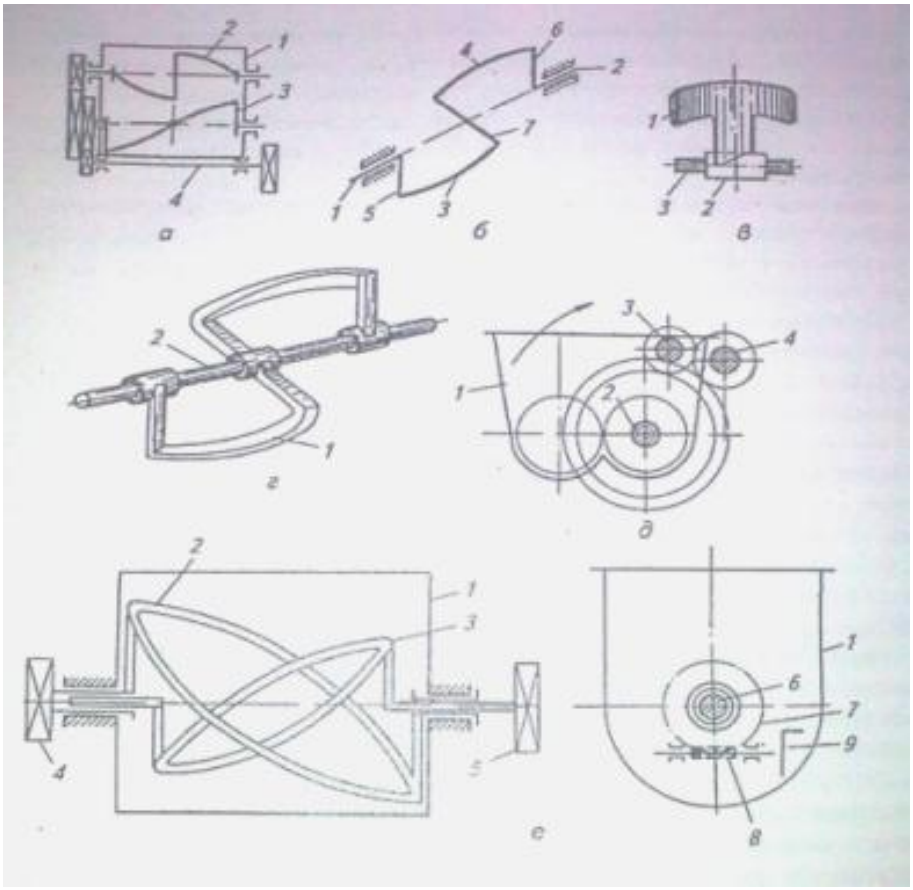
Розділ 1. Опис об’єкта автоматизації.

1.1. Технологічний опис об’єкта автоматизації.

Для перемішування застосовують механічні мішалки, фаршемішалки, фаршезмішувачі та інші. Дві перші групи машин відносять до обладнання періодичної дії. Змішувачі можуть бути як безперервної, так і періодичної дії. Особливості застосовуваних фаршемішалок пов'язані з конструкцією та розташуванням виконавчих органів (лопастей) мішалки, вузлів вивантаження продукту та матеріалів, з яких вони виготовлені. Вони бувають горизонтального (корито) і вертикального (чашкові) типів. У горизонтальних фаршемішалках виконавчий (перемішуючий) орган закріплений на горизонтальному валу, а в вертикальних - на вертикальному. В останніх перемішуючий орган опускається в чашу, а в горизонтальних фаршемішалках є один або два горизонтальних вали, на яких розташовані перемішуючі органи. Ці органи можуть являти собою шнеки, лопасті або лопатки, закріплені на обертовому валу. Переважною формою перемішувального органу фаршемішалок, як показала практика, є Z-образні лопаті. Фаршемішалки можуть бути зі стаціонарними та відокремленими баняками (чашами). З фаршемішалок зі стаціонарними баняками фарш вивантажують через люки, розташовані в нижній торцевій частині корита, або його перекиданням, а з окремою хащами - тільки її перекиданням. Деталі всіх фаршемішалок, що контактують з продуктом, виконані з нержавіючої сталі. Лопасті мішалок можуть бути цільними (з нержавіючої сталі) і складовими, тобто з нержавіючої сталі і полімерних матеріалів (фторопласт та інші), з'єднаних між собою. Лопасті можуть бути виготовлені також із сталі і покриті харчовим оловом.

Приводний механізм фаршемішалок електричний, з реверсом, що забезпечує обертання перемішуючих лопастей як в одну, так і в іншу сторону, або без реверсу.. Лопасті обертаються тільки в одну сторону. Завантаження фаршемішалок в основному механізована - за допомогою різних підйомників.

На малюнку 1 наведена схема мішалок і виконавчих органів монтованих для перемішування.



Малюнок 1. Схема фаршемішалок періодичної дії і виконавчих органів (лопастей): а - мішалка з гвинтовими лопастями: 1 - корито; 2, 3 - лопасті; 4 вал; б - гвинтова лопасть: 1,2 цапфи; 3, 4-лопасті; 5,6,7 - важелі; в - лита лопасть: / - лопасть; 2 - втулка; 3 вал; г - z-образна лопасть: 1 - лопасть; 2 - вал; д - схема перекидання корита: 7 - корито; 2, 3, 4 - осі; е - мішалки з еліпсоподібними лопастями: 1 - корито; 2, 3 - лопасті: 4, 5 - шестерні; 6 вісь; 7,8- червячная пара; 9 рукоятка.

Кожна фаршемішалка складається з корита (рис. 1, а) в якому встановлено дві зустрічно обертові гвинтові лопасті, що приводяться в рух валом. Гвинтові або інші лопасті підбирають так, щоб при їх обертанні фарш подавався від краю в центр, а внизу потік був зворотним (імітується ручна виміска). Частота обертання лопасті 3 з боку обслуговування менше (в 1,3 ^ 2,0 рази) частоти обертання лопасті 2. Гвинтові лопасті (рис. 1, б) виготовляють з суцільно литої сталі, з цапфами 7 і 2, які ведуть важелями 5 і б з'єднані з вигнутими по гвинтовий лінії лопастями 3 і 4. Важіль 7 (діаметральний) закріплює вільні кінці гвинтових лопастей. Така конструкція лопастей досить складна для лиття і обробки. Для спрощення запропоновані складові косопоставлених литих лопастей (рис. 1, в), забезпечені розрізною втулкою, що монтується на валу, або складові Z-образні лопасті (рис. 1, г) зі вставним валом. У мішалках періодичної дії корито приймає і видає перемішану продукцію. При завантаженні корито 1 (рис. 1, д) займає крайнє нижнє положення, його завантажують самопливом з розташованого вище поверху, вручну або механізовано з підлоги того ж поверху. При вивантаженні в пересувні візки або бункер корито перекидають, причому рівень розвантаження повинен бути розташований на висоті 0,8-0,9 м. Перекидання може відбуватися шляхом повороту корита навколо осі 2 коли вона є віссю, прилеглою до розвантажувального фронту мішалки (при перекиданні вручну); навколо осі 3 при гідро- і пневмоперекидачах, коли приводний механізм розташований з одного боку корита, вісь 3 є поздовжньою віссю ведучого валу; навколо осі 4 при механічних способах перекидання (гвинтові і ланцюгові пристрої, черв'ячна пара та інші).

Конструкцію перекидувальних механізмів вибирають таким чином, щоб при повороті корита не порушувалось зчеплення в передачах. Найбільш раціонально для механізованого розвантаження перекидання навколо осі 4, коли рівні завантаження і вивантаження однакові. Мішалки з еліпсоподібними лопастями для вимішки фаршу складаються з поворотного корита (рис. 1, е), в якому змонтовані зустрічно обертові лопасті. Лопасть 2 має більший розмір, лопасть 3 обертається усередині неї. Їх зустрічний рух дає різкий зріз маси і забезпечує швидке змішування компонентів. Лопасті приводяться в обертання шестернями. При перекиданні корито обертається навколо осі 6 за допомогою черв'ячної пари і рукоятки. Фаршемішалки відкриті періодичної дії з перекиданням корита мають робочу місткість 0,15 і 0,34 м3. Фаршемішалки можуть бути з відкритою і герметичною ємностями. Останні оснащуються вакуумними насосами. У таких фаршемішалках якість одержуваної продукції вище I оброблювана в них сировина має необхідні колір і консистенцію, а також низький рівень мікробного обсіменіння. Для рівномірного змішування декількох компонентів застосовують три паралельних гвинта, які дозують подачу різних продуктів до четвертого змішувальному гвинта. У гвинтових змішувачах крок гвинтової поверхні може бути постійним і змінним. Горизонтальні змішувальні пристрої фаршемішалок мають два вали, що обертаються з різними кутовими швидкостями назустріч один одному. На валах розміщені різні лопасті (гвинтові, Z-образні, спіральні і т.д.). Положення і конструкцію лопастей підбирають таким чином, щоб при підйомі лопасті вгору, фарш подавався від краю до центру, а при опусканні - навпаки. З двох обертових лопастей ведуча має кутову швидкість в 1,3 ... 2 рази менше, ніж відома. Обслуговування фаршемішалки ведеться з боку тихохідної лопасті. Лопастеві змішувачі складом нагадують гвинтові, де гвинтова поверхня замінена на косопоставлені лопасті.

Ці лопасті на валу утворюють переривчасту поверхню, яка не тільки перемішує масу, але і зрушує її уздовж осі валу. Косо-поставлені лопасті можуть мати форму прямокутника або трапеції, що розширюється від центру вала. У поперечному перерізі лопасті розташовані під кутом 120 ° відносно один одного. Спіральні змішувачі застосовують для перемішування різних компонентів фаршу. Спіраль - це гвинтова смуга прямокутного перетину, яка консольно встановлюється на валу або має опорні осі на протилежному кінці. Кріплення до валу - жорстке за допомогою клемного з'єднання. Спіралі розміщені в жолобах діжі, яких може бути від одного до трьох. Змішувачі з Z-образними і гвинтовими лопастями найчастіше використовують в фаршемішалках. Практика показала доцільність їх застосування, ними досягається найбільш повний змішувальний ефект при відносній простоті конструкції. Лопасть може бути виконана у вигляді ділянки зігнутої Z-образної смуги або у вигляді вітрила. У деяких випадках вона може мати вставний вал. Необхідний технологічний ефект операції перемішування м'ясної сировини в першу чергу залежить від конструктивних особливостей і типу фаршемішалок. Залежно від розташування робочих органів їх ділять на вертикальні і горизонтальні.

У фаршемішалок першого типу перемішуючий пристрій закріплено на вертикальному валу, що опускається в чашу; у фаршемішалок другого типу - один або два горизонтальних вали, на яких закріплені перемішуючі робочі органи. Останні можуть являти собою шнеки, лопасті або лопатки. При двохвальній системі перемішування вали обертаються назустріч один одному з однаковою або різною швидкістю.

Залежно від способу вивантаження фаршемішалки ділять на машини з поворотною, перекидної і нерухомо закріпленої ємністю. Завантажують їх ручним або механізованим способом.

Пристрій і принцип дії змішувача фаршу

У пропонованому змішувачі, з метою інтенсифікації процесу перемішування, ємність має розташоване по поздовжній осі днища поглиблення; гвинтовий шнек розташований в цьому поглибленні і встановлений з можливістю виконання обертання по черзі в двох протилежних напрямках. Крім того, розвантажувальний патрубок пропонованого змішувача примикає до поглиблення.

Привід змішувача має трьохпозиційний перемикач, положеннями якого відповідає «вимкнено», «перемішування», «вивантаження». У положенні «перемішування» два верхніх шнека обертаються в протилежні сторони, відкидаючи фарш до стінок мішалки. При цьому шнек 3 обертається проти годинникової стрілки, а шнек 4-за годинниковою. Оскільки лопасті обох шнеків мають однакові напрямки, то переміщення фаршу відбувається так, як показано стрілками на малюнку. Гвинтовий шнек 5 в цей час обертається за годинниковою стрілкою, забезпечуючи переміщення продукту в сторону від розвантажувального патрубка. Для більш інтенсивного перемішування шнеки 3 і 4 мають різну швидкість обертання.

У положенні перемикача «вивантаження» всі три шнека обертаються в протилежну сторону, відповідно напрямок переміщення продукту змінюється на протилежний. Гвинтовий шнек починає подавати фарш в розвантажувальний патрубок, а два верхніх шнека 3 і 4, продовжуючи перемішувати фарш, подають його на гвинтовий шнек. Змішувач продовжує працювати, поки весь фарш не буде вивантажено.

Технічна характеристика

Продуктивність, кг / год 1000

Місткість корита (геометрична), м3 0,15

Коефіцієнт завантаження 0,5-0,8

Тривалість циклу, хв 3-4

Фаршемішалка з об'ємом діжі 150 літрів призначена для перемішування компонентів ковбасного фаршу в лініях виробництва варених і напівкопчених ковбас. Мішалка може застосовуватися на підприємствах малої та середньої потужності з переробки м'яса для виробництва ковбасних виробів.
Склад.
Фаршемішалка складається з наступних основних частин: станини корита місильного, приводу шнеків і електроустаткування.

Станина являє собою зварену металеву конструкцію. Станина фаршемішалки закрита металевими облицювальними листами з гумовими прокладками. Місильне корито виготовлено з нержавіючої сталі, всередині якого розташовані два місильних шнека. Обертання шнеків здійснюється від електродвигуна через редуктор спеціальної конструкції і ремінну передачу.

Продуктивність технічна (не менше) 1100 кг / год

Встановлена потужність (не більше) 4.5 кВт

Місткість ємності 150 літрів

Визначимо продуктивність фаршемішалки. Для мішалок періодичної дії продуктивність визначається за такою формулою, кг / год:

$$Q = 60 \cdot \varphi \frac{V \cdot \rho}{t_ç + t_ì + t_ð} = 60 \cdot 0,5 \frac{0,155 \cdot 760}{2} = 1767 \hat{e}\tilde{a} / \div$$

де φ - коефіцієнт заповнення або використання корисної ємності (середнє практичне значення для перемішування в'язких продуктів в горизонтальній мішалці становить 0,5 ... 0,7);

V- геометрична ємність резервуара (діжі) мішалки, м3;

р- щільність перемішуємо продукту, кг / м3;

tз, to, tp - повна тривалість перемішування, включаючи завантаження і вивантаження, хв.

$$V \approx \left(\pi \cdot R^2 + (H - R) \cdot (2R + h)\right) \cdot L = \left(3,14 \cdot 0,9^2 + (1,1 - 0,9) \cdot (2 \cdot 0,9 + 0,6)\right) \cdot 1,08 = 0,155$$

де R - зовнішній радіус обертання лопасті, м;

H - висота діжі, м;

h - відстань між осями обертання валів з лопастями, м;

L - довжина діжі, м.

Потужність двигуна приводу фаршемішалки визначається за формулою, кВт:

$$N = \frac{z_1 \cdot P_1 \cdot \vartheta_1 + z_2 \cdot P_2 \cdot \vartheta_2}{1000 \cdot \eta} = \frac{9 \cdot 57 \cdot 1,15 + 8 \cdot 38 \cdot 0,46}{1000 \cdot 0,9} = 0,810 \hat{e}\hat{A}ò$$

де z1, z2 - відповідно число лопатей на провідному і відомому валах;

Р1, Р2 - опір, що випробовується однієї лопастю відповідно ведучого і веденого валів;

v1, v2 - швидкість обертання відповідно ведучого і веденого валів;

η - коефіцієнт корисної дії передавального механізму

Опір, що випробовується однією лопастю ведучого і веденого валів, визначається за формулою, Н

$P = \sigma \cdot F$

де а- питомий опір перемішуємо середовища, Н / м;

F - площа лобовій поверхні лопаті, м2.

Питомий опір визначається за формулою, Н:

$\sigma = \sigma_0 + a \cdot \vartheta = 4000 + 4000 \cdot 1{,}15 = 8600 Í$

де σ_0 = 4000 ... 8000-умовне початковий опір, Н / м;

а = 4000 ... 5000 - постійний параметр, що залежить від виду фаршу;

v - швидкість обертання лопатей, м / с.

$\vartheta = \omega \cdot R = 6{,}98 \cdot 0{,}9 = 1{,}15 ì / ñ$

Площа поверхні лопатсі в напрямку обертання валу може бути визначена за формулою, м:

$F = (R - r) \cdot l \cos\alpha = (0{,}9 - 0{,}07) \cdot 0{,}1 \cdot \cos 25^\circ = 0{,}075 ì^2$

де r - внутрішній радіус обертання лопаті, м;

l - ширина лопаті, м;

а - кут нахилу лопаті, град.

1.2. Розробка завдання на систему автоматизації

№	Машина, агрегат, установка	Параметр, місце відбору сигналу	Припустиме значення параметра	Вид автоматизації	Характер контролю чи управління	Засоби управління та контролю, реалізації управляючої дії
1	Бункер для зважування фаршу	Вага сировини	1-250,кг	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора
2	Ємність для дозування молока і води	Тиск	0.3кПа	Контроль	Відображення, реєстрація, сигналізація	АРМ оператора
		Рівень	60%	Регулювання	Стабілізація	Вплив на клапан подачі рідини
3	Фаршемішалка	Змішувач	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на двигун М3
		Насос	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на двигун М4
4	Насос для фаршу з яловичини	Насос	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на двигун М1
5	Насос для фаршу зі свинини	Насос	Вкл/Викл	Управління	Стан	Вплив на двигун М2

Розділ 2. Опис системи автоматизації

2.1. Схема автоматизації

Функціональна схема автоматизації призначена для визначення основних контурів контролю і регулювання основних технологічних параметрів. Схема автоматизації виробництва ковбасного фаршу складається з контурів вимірювання, сигналізації та регулювання таких параметрів: тиск, вага, рівень.

Контур вимірювання тиску:

Вимірювання тиску відбувається в ємності для дозування молока і води. Вимірюємо за допомогою монометрів МЕД 22364(12-1, 13-1), сигнал із датчиків надходить на модуль аналогових входів МПК, сигнал опрацьовується в програмі.

Контур вимірювання ваги:

Вимірювання ваги відбувається в бункері для зважування фаршу. Вимірюємо за допомогою пристрою вимірювання рівня і регулювання маси РКПЖ-1 (6-2), сигнал із якого подається на модуль аналогових входів МПК, сигнал із датчика надходить на модуль аналогових входів МПК, сигнал опрацьовується в програмі, і служить допоміжною інформацією для виробництва ковбасного фаршу.

Контур вимірювання рівня:

Вимірювання і регулювання рівню відбувається в ємності для дозування молока і води. Вимірюємо за допомогою рівнеміра ДРУ-2 (11-2), сигнал з якого подається на модуль аналогових входів МПК. Сигнал із датчика надходить на модуль аналогових входів МПК, де потім опрацьовується в програмі. Якщо є розбіжності із заданим значенням, то на виході з МПК подаються управляючі сигнали 4-20 мА, які надходять на перетворювач сигналу ПИНТ-1 (11-4, 11-5), який в свою чергу надходить на виконавчі механізми (11-7, 11-8).

Двигуни запускаються за допомогою магнітних пускачів ПМРТ-69(2-2, 3-2, 8-3, 9-3).

2.2. Специфікація засобів автоматизації

№ п. п.	№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
1	2-2, 3-2, 8-2, 9-2	Магнітний пускач: Номінальна потужність керуючого електродвигуна кВт– 0.4; 1.0. Керуюча напруга втягування котушок – 24В/ 220В. Величина ємкості тормоза, мкф – 120. Номінальна величина напруги на кінцевих контактах, В – 220/380	ПМРТ-69-2		4шт	
2	6-1	Деформація чутливого пружного елемента передається на електричний перетворювач, а звідти у вигляді струмового сигналу - 4 - 20мА 0 - 5мА 5 - 0мА 20 - 4мА 0 - 20мА 20 - 0мА	Сапфір 22-ДІ		1	
3	6-2	Пристрій вимірювання і регулювання ваги Тиск робочого середовища- 0.05-0.60МПа Границі температур робочого середовища – +5 - +50 С	РКПЖ-1		1шт	м.Рязань Теплоприлад
4	HL1-HL5	Сигнальні лампи			5	
5	6-3, 6-4, 11-3, 11-4, 11-5	Перетворювач сигналу	ПИНТ-1		5	Aplisens, Польща

№ п. п.	№ Позиції за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Одиниця вимірювання	Кількість, шт.	Примітка
6	*11-2*	Рівнемір з задатчиком Робочий тиск – 0.054 – 0.2МПа, Погрішність не більше 12,5 мм від номінального рівня. Температура рідин: -50… +160С	ДРУ-2		1	
7	6-5,6-6 11-6, 11-7, 11-8	Виконавчий механізм			5	
8	11-9	Задатчик об’єму молока і води			1	
9	12-1, 13-1	Монометр Межі: 0.1; 0.16; 0.25; 0.4; 0.6; 1; 1.6. Клас точності 1і 1,5. Частота струму живлення 50, або 60Гц.	МЕД - 22364		1	

2.3. Обґрунтування вибору технічних засобів

Тиск:

Для вимірювання тиску був вибраний перетворювач тиску, манометр МЕД 22364. Даний манометр призначений для перетворення надлишкового або вакуумметричного тиску в уніфікований вихідний сигнал змінного струму, заснований на зміні взаємної індуктивності. Манометр МЕД 22364 застосовуються на нерухомих об’єктах (в стаціонарних умовах) для роботи в комплекті зі вторинними приймачами інформації. Вимірюваними середовищами можуть служити рідини та гази, неагресивні у відношенні до матеріалу приладу.

Межі виміру тиску - залежно від виконання: 0.1; 0.16; 0.25; 0.4; 0.6; 1; 1.6.

Клас точності - 1 і 1,5;

Вихідний сигнал - зміна взаємної індуктивності 0 ... 10 мГн;

Час встановлення вихідного сигналу - не більше 1с;

Живлення первинної обмотки диференційно-

трансформаторного перетворювача приладу

- 125-18,75 +12,5 мА змінного струму;

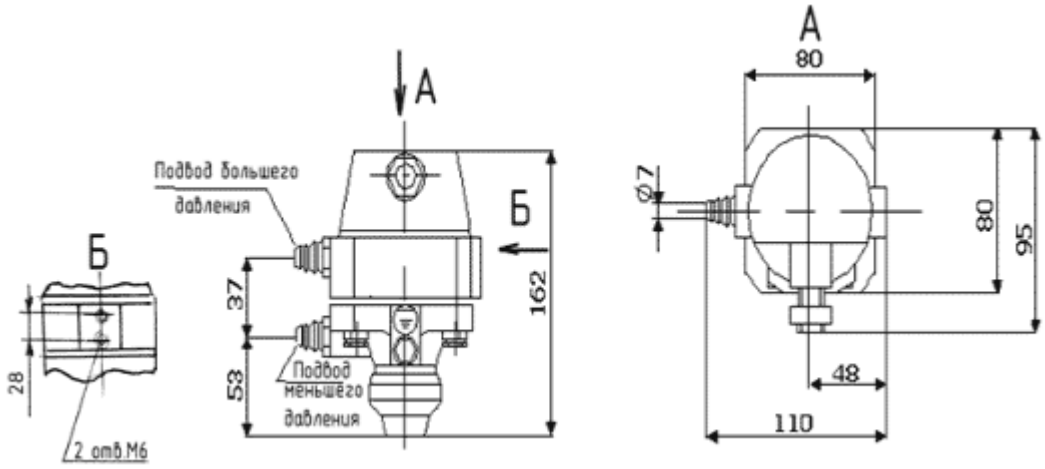
Частота струму живлення - 50 або 60 Гц;

Габаритні розміри - 205 х 160 х 185 мм;

Маса - не більше 2 кг.

Вага:

Реле РКПЖ-1:



Даний пристрій призначений для комутації електричних ланцюгів при перевищенні заданого значення перепаду тисків.

Кліматичні умови роботи: температура від +5 до +50°С, відносна вологість 80% при температурі 35С.

Технічні характеристики:

Робоче середовище: рідина в’язкістю до 70 мм2/с в робочому діапазоні температур; газ (неагресивний у відношенні до сталі).

Температура робочого середовища +5 до +50°С.

Тиск робочого середовища: від 0.05 до 0.60 МПа (від 0.5 до 6.0 кгс/см2)

Межі налаштування (уставки) перепаду тисків робочого середовища, при яких спрацьовує реле:

- нижня межа: 0.01 МПа, (0.1 ксг/см2)

-верхня межа: 0.20 МПа, (2.0 ксг/см2).

Параметри комутаційного ланцюга:

Напруга постійного струму від 0.2 до 30.0 В

Напруга змінного струму від 0.2 до 250.0 В

Струм постійний і змінний від 2х10-4до 3А

Максимальна потужність 70 Вт. 300 ВА

Зона нечуттєвості (диференціал), не більше 0.005 МПа (0.05 кгс/см2)

Зона спрацьовування: не більше 0.002 МПа (0.020 ксг/см2)

Рівень:

Датчик рівня в даному дипломному проєкті був вибраний ДРУ-2:

Датчик реле рі ю верхнього чи нижнього рівня рідини. Також допускається використання датчика для вимірювання рівня води, дизельного палива, бензину та інших рідин, що застосовуються в автоматизованих системах виробничих механізмів. Вимірювальний пристрій-реле застосовується в широкому спектрі виробничих об’єктів.

Принцип роботи датчика полягає у відслідковуванні зануреної частини – поплавка. Таким чином, сам пристрій складається з двох частин, одна з яких занурюється в рідину, а інша – ні.Корпус пристрою має захист ступеню IP54, що гарантує захист від пилу і вологості.

Технічні характеристики:

Робочий тиск: від 0.054 до 0.2МПа

Диференціал спрацьовування: не більше 40мм

Похибка: не більше 12.5 мм відносно номінального значення спрацьовування.

Параметри контрольованого середовища:

-температура для води, води з хромпіком від 1.1 до 1.6% від ваги води - +6…105°С; для других рідин - -50…+160°С.

-динамічна в’язкість Па.с 2.4.

-густина г/см3: 0.8…1.2.

Максимальна комутаційна потужність: при постійному струмі 70 ВА, при змінному – 300ВА.

Вібростійкість: вібрація з прискоренням до 5м/с2 в діапазоні частот від 5 до 30 Гц і з прискоренням від 5 до 15 м/с2, в діапазоні частот від 30 до 80Гц.

Програмне забезпечення:

Системи э аналоговими пристроями і не містять мікропроцесорів з вбудованим програмним забезпеченням.

Розділ 3. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК

3.1. Проектне компонування мікропроцесорного контролера

Програмований логічний контролер Modicon M340 є спадкоємцем традицій і ноу-хау фірми Modicon, винахідника першого промислового програмованого контролера. Компактність Modicon M340 є сплавом потужності та інноваційності рішень, що пропонують оптимальні відповіді на потреби машинобудівників. Молодший брат в родині Modicon Premium і Quantum, він допоможе вирішити завдання автоматизації в промисловості і інфраструктури. У комбінації з потужністю і гнучкістю програмного інструменту Unity він реалізує переваги на всьому життєвому циклі ваших додатків.

Незважаючи на свій малий розмір, цей апарат здатний "оживити" Ваші машини завдяки своїй дивній продуктивності і ємності пам'яті. Процесор нового покоління Незалежно від особливостей Вашого застосування і його обмежень, а також Вашого стилю програмування, Modicon M340 завжди готовий до роботи. Висока швидкість обробки двійкових інструкцій поєднується в ньому зі здатністю швидко виконувати чисельні обчислення і операції з плаваючою комою. Універсальність і спеціалізація, - правильний баланс між двома цими характеристиками - це те, що Ви дуже скоро зможете оцінити по достоїнству. Ви хотіли б використовувати потужні і розвинені можливості мов по стандартам МЕК, але боїтеся, що постраждає продуктивність? Забудьте про упередженнях, Modicon M340 не допустить уповільнення циклу, якою б мовою Ви не використали. Мілісекундна реакція? - Без проблем, з багатозадачною операційною системою Modicon M340: Основне завдання, швидка завдання і 64 завдання обробки переривань. Використовуючи їх, "Ви зможете адаптувати контролер до вашого додатком, а не навпаки.

Потужність пам'яті. Відпадає необхідність в оптимізації розробок, завдяки величезній пам'яті надходить у Ваше розпорядження. Процесор має на борту 4Мб вбудованої RAM, де може зберігатися до 70К інструкцій. З процесором поставляється флеш-пам'ять типу SD, готова до зберігання архіву додатки (виконуваний код, вихідний код і коментарі). Так що нічого не потрібно додавати і немає необхідності йти на компроміси, коли мова йде про гнучкість розробки пристрою.

Експертні прикладні функції. Оскільки саме технологічні функції є відмінними рисами Вашого застосування, Modicon M340 дозволяє реалізувати ваше ноу-хау, завжди пропонуючи конкретну спеціальне рішення. Функції рахунку імпульсів реалізуються за допомогою 2-х модулів: 2 каналу по 60кГц і 8 каналів по 10кГц . 32 бітний рахунок, час циклу 1 мс, 2 регістра захоплення і рефлексні функції з реакцією до 200 мікросекунд; розширених конфігуруються функцій: фільтрація по кожному входу, широкий вибір рефлексних функцій, генератор імпульсів , Обмежувач вільного ходу; конфігуруються функцій рахунку і вимірювання Лічильник розроблений для таких додатків, як: попередження про спустошення розмотувальний пристрій, сортування дрібних об'єктів, простий електронний CAM, управління швидкістю. Modicon M340 пропонує інтегровані, гнучкі і економічні рішення щодо позиціювання, для незалежних і пов'язаних осей. Для цього не потрібен спеціальний модуль. Рішення базується на інтегрованої програмної бібліотеці позиціонування (MFB) відповідає стандарту PLCOpen. Управління сервоприводом або частотним приводом здійснюється за допомогою команд MFB, які видаються на приводу через шину CANOpen. MFB реалізують управління приводами Altivar для асинхронних електродвигунів або Lexium або IcIA для безщиткових або крокових синхронних електродвигунів для управління позиціонуванням. Розроблений спеціально для виробників компактних, модульних або складних машин, Modicon M340 особливо добре підходить для додатків, пов'язаних з переміщенням матеріалів, конвеєрної транспортуванням і вторинної упаковкою, а також для спеціальних і деревообробних машин.

Бібліотека функцій регулювання є стандартною в пакеті Unity. Мова функціональних блок-схем забезпечує гнучке програмування з просунутим графічним інтерфейсом. Є можливість оптимізації та контролю алгоритму управління Крім звичайних регуляторів типу PID або PI, бібліотека включає численні додаткові функції. Авто налаштування регуляторів. 2-х або 3-х позиційний регулятор, PI типу гарячий / холодний, PIP і каскадний регулятор. Генератор функцій зміни алгоритму управління; Перемикання структури PD / PI; Модуляція тривалості імпульсу; Масштабування величин ... Modicon M340 представляє новий підхід до управління пам'яттю. Карта формату SD підтримує сервіс "Plug & Load", який Ви поза сумнівом оціните. Карта "Plug & Load" Ви можете видалити або встановити іншу карту в будь-який час без впливу на виконання програми. При наступному включенні харчування програма автоматично завантажиться у внутрішню пам'ять. Так що не потрібно бути фахівцем, щоб "освіжити" алгоритм роботи машини Якщо у вас кілька ідентичних машин, то можна використовувати одну і ту ж карту, щоб завантажити всі встановлених контролерів.

Спрощене обслуговування. Карта SD забезпечує автоматичне збереження програми і усуває необхідність в резервної батареї.

Зручне зберігання даних. Можна організувати в самому Modicon M340, яке може зберігати дані обсягом до 16Мб: За допомогою функціональних блоків з бібліотеки Unity Pro: в режимі запису підтримуються функції відстеження та реєстрації даних. У режимі читання існує можливість завантажувати виробничі рецепти.

З свого персонального комп'ютера, підключеного до мережі Ethernet, Ви можете безпосередньо отримати дані за допомогою FTP сервера і отримати доступ до файлів в необхідному форматі (текст, таблиця, ...).

Modicon M340 має вбудований WEB-сервер, який допоможе спростити експлуатацію і обслуговування. Весь сервіс доступний як в локальному так і віддаленому режимах (через звичайний або ADSL-модем). Modicon M340 має стандартний, готовий до використання WEB-сервер для системної діагностики і настройки уставок процесу. Ви можете навіть інтегрувати в контролер людино-машинний інтерфейс який також буде доступний в локальному або віддаленому режимі за допомогою WEB-навігатора.

Не напружуючись, вибравши Modicon M340, Ви зможете скористатися винятковим сервісом програмного забезпечення Unity на всіх етапах розробки і підтримки Ваших додатків. Modicon M340 і Unity - 0% занепокоєння.

Єдина середовище програмування. Скористайтеся перевагами єдиного, простого і дружнього підходу до розробки додатків для Modicon M340, Premium, Quantum і Atrium Додатки можна переносити з однієї платформи на іншу.

Потужність доступна всім. Unity Pro підтримує всі 5 мов за стандартом МЕК, графічне програмування, розширені контекстні підказки і численні помічники (wizards) для введення даних. Вбудований симулятор дозволяє відразу ж тестувати створені додатки без безпосереднього підключення до реального ПЛК. На етапі експлуатації, готові до використання діагностичні засоби дозволяють відображати помилки і збої з автоматичним виявленням їх джерела. Високошвидкісне підключення - в стандартній комплектації. Для підключення до персонального комп'ютера Ви можете використовувати простий і високошвидкісний інтерфейс USB, який є на будь-якому процесорі. Можна також підключитися через Ethernet, в режимі "точка-точка" або через локальну мережу.

Повний сервіс, навіть у віддаленому режимі. Ваші об'єкти завжди в межах досяжності. За допомогою послідовного модему (RTC, GSM / GPRS, Radio) або ADSL Ви зможете підключитися до Ваших установок. Програмування в режимі онлайн; завантаження або вивантаження програм; дистанційна діагностика через WEB- сервер; запис / читання файлів даних.

Конфігурування МПК Modicon M340:

Для управління об’єктом необхідно сконфігурувати МПК який забезпечує підключення:

Вимоги	Кількість або наявність
Живлення ПЛК (24 VDC або 24 VAC)	24
Кількість аналогових входів 4-20 mA	7
Кількість аналогових виходів 4-20 mA	5
Кількість дискретних виходів 9-30В	5

Вибір процесорного модуля:

Враховуючи кількість каналів вводів/виводів, кількість пам’яті під програму користувача і наявність комунікацій обираємо процесорний модуль BMXP342020.

Вибір модулів вводу/виводу:

8 ВА 4-20 мА – BMX AMI 0800

8 АВ 4-20 мА – BMX AMO 0802

16 ДВ 9-30В – BMX DDO 0802

Таблиця 4. Вибір аксесуарів для модулів вводу/виводу:

Модулі вводу/виводу		Характеристики
Найменування	Кількість	
BMX XBP 0800 Шасі	1	Шассі для встановлення блоку живлення, процесора та модулів розширення
BMX CPS 2000 Блок живлення	1	Напруга живлення100…240 VAC Загальна корисна потужність (*PPS*) 20 Вт Потужність на виході 3V3_BAC монтажного шасі 8,3 Вт (2,5 А) Потужність на виході 24V_BAC монтажного шасі 16,5 Вт (0,7 А) Максимальна сумарна потужність на виходах 3V3_BAC та 24V_BAC (*P3V3_24V*) 16,5 Вт Сумарна корисна потужність на споживання зовнішніми датчиками 24V_SENOSRS 10,8 Вт (0,45 А)
BMX P34 2020 Центральний процесор	1	Макс. кількість шасі: 2 дискретних вх+вих. 512 аналогових вх+вих 128 лічильних каналів 20 Об'єм RAM загальний розмір 2048 Кб Макс. кількість об'єктів: локалізовані внутрішні біти %Mi 16250 локалізовані внутр. Слова %MWi 32464
BMX AMI 0800 Модуль аналогових входів	1	Діапазон сигналу ±10В,0…10В,0…5В, …20мА,4…20 мА Характеристики каналів16-бітні, ізоляція між каналами, час опитування модуля - 5 мс Підключення20-контактна з'ємна колодка
BMX AMO 0802 Модуль аналогових виходів	1	Діапазон сигналу±10В,0…20мА,4…20 мА Характеристики каналів16-бітні, ізоляція між каналами Підключення20-конт. з'ємна кол.

BMX DDO 1602 Модуль дискретних виходів	1	Дискретна вихідна напруга 24 В 19 ... 30 В постійного струму дискретний вихідний струм 0,5 А Підключення20-конт. з'ємна кол.
BMX FTB 2010	2	20 контактна з'ємна клемна колодка з гвинтовими зажимами
BMX AMI 810	1	28-конт. з'ємна кол. з'ємна клемна колодка BMX FTB 2820

Аналогові входи:

В даному проекті використовуються датчики та перетворювачі з вихідним уніфікованим струмовим сигналом 4-20 мА. Зовнішній аналоговий сигнал 4-20 мА послідовно проходить клемну колодку та потрапляє на аналогово-цифровий перетворювач модуля BMX AMI 0800.

За допомогою написаної програми виробляється сигнал управління в залежності від тих значень сигналу, що надійшли до модуля BMX AMI 0800.

Технічні характеристики:

Модуль аналогового введення:

- Електричне з'єднання;
- 1 роз'єм 28 позицій;
- Ізоляція між каналами без розв'язки;
- 8 аналогових входів;

Тип підключення:

- Струм +/- 20 mA
- Струм 0 ... 20 mA
- Струм 4 ... 20 mA
- Напруга +/- 10 V

- Напруга +/- 5 V
- Напруга 0 ... 10 V
- Напруга 0 ... 5 V
- Напруга 1 ... 5 V

Допустиме перевантаження на входах:

+/- 30 mA 0 ... 20 mA

+/- 30 mA 4 ... 20 mA

+/- 30 V +/- 10 V

+/- 30 V +/- 5 V

+/- 30 V 0 ... 10 V

Аналогові виходи:

Сигнал з виходу модуля BMX AMO 0802 подається на клемну колодку. Модуль BMX AMO 0802 перетворює сигнал з цифрової форми в аналогову у вигляді струму від 4 до 20 мА. Цей сигнал йде на електропневматичні перетворювачі, де перетворюється в пневматичний, та управляє пневматичними клапанами.

Технічні характеристики:

Похибка вимірювання:

- <= 0,25% повної шкали 0 ... 60 ° C;
- 0,1% повної шкали 25 ° C;

Придушення несиметричної перешкоди між каналами:

- > = 80 дБ;

Тип помилки:

- Розімкнутий ланцюг 4 ... 20 mA;
- Коротке замикання 0 ... 20 mA;

Активний опір навантаження:

- <= 350 Ом 0 ... 20 mA
- <= 350 Ом 4 ... 20 mA

8 аналогових входів:

- Струм 0 ... 20 mA;
- Струм 4 ... 20 mA.

Дискретні виходи:

Модуль BMX DDO 1602 перетворює сигнал з цифрової форми в дискретний що йде на дискретний клапан та керує його положенням.

Технічні характеристики:

- Дискретна вихідна напруга 24 В 19 ... 30 В постійного струму;
- Дискретний вихідний струм 0,5 А;
- Сумісність з виходом IEC 61131-2 тип 3 вхід DC;
- Не вхідний сигнал IEC 61131-2 DC;
- Струм на канал 0.625 А;
- Струм на модуль <= 10 А;
- Струм витоку <= 0,5 мА при стані 0;
- [Ures] залишкової напруги 1,2 В при стані 1;
- Опір ізоляції> 10 МОм 500 В постійного струму;
- Розсіювання потужності в W <= 4 Вт;
- Час відгуку на виході 1,2 мс.
- Паралельні виходи Так: 2 максимум

3.2. Загальні схеми підключення

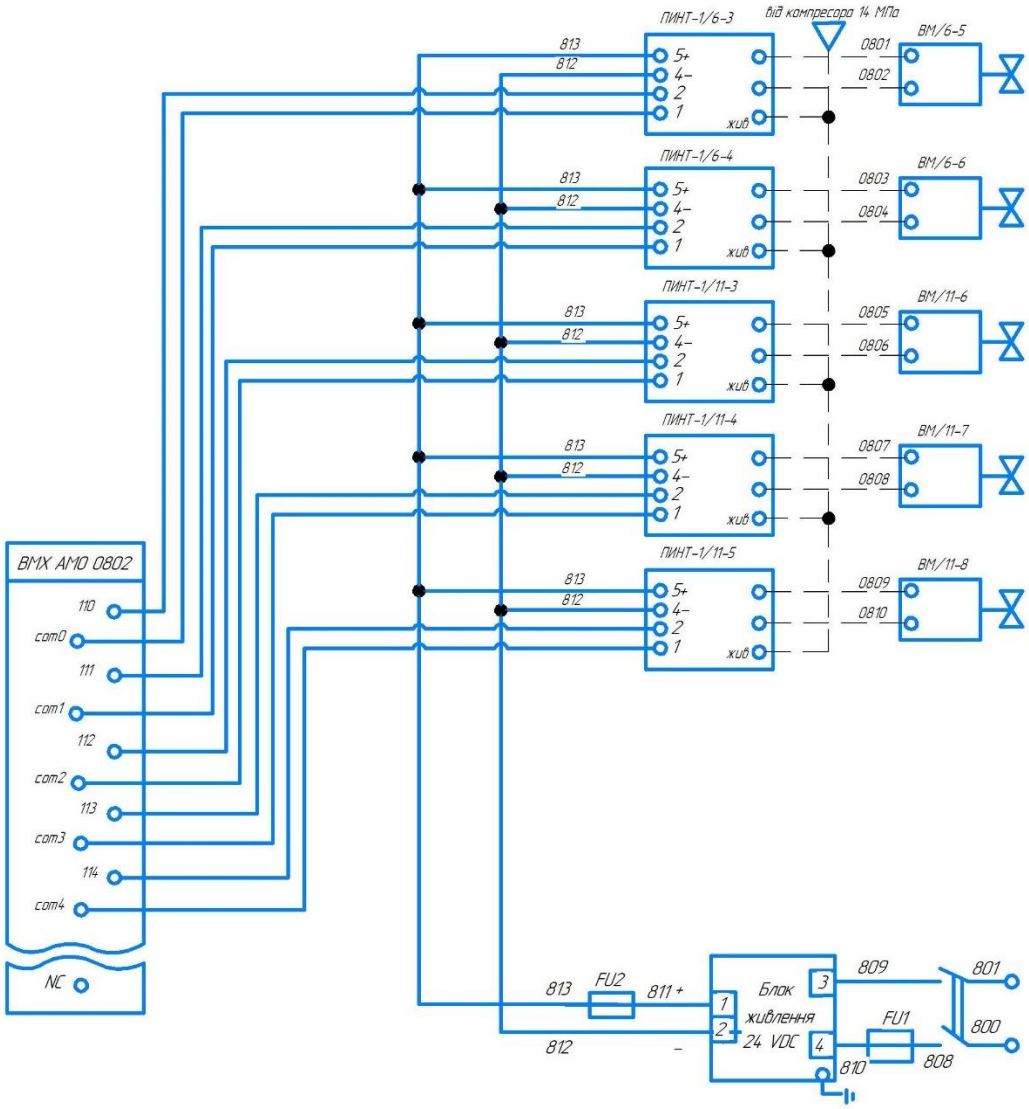
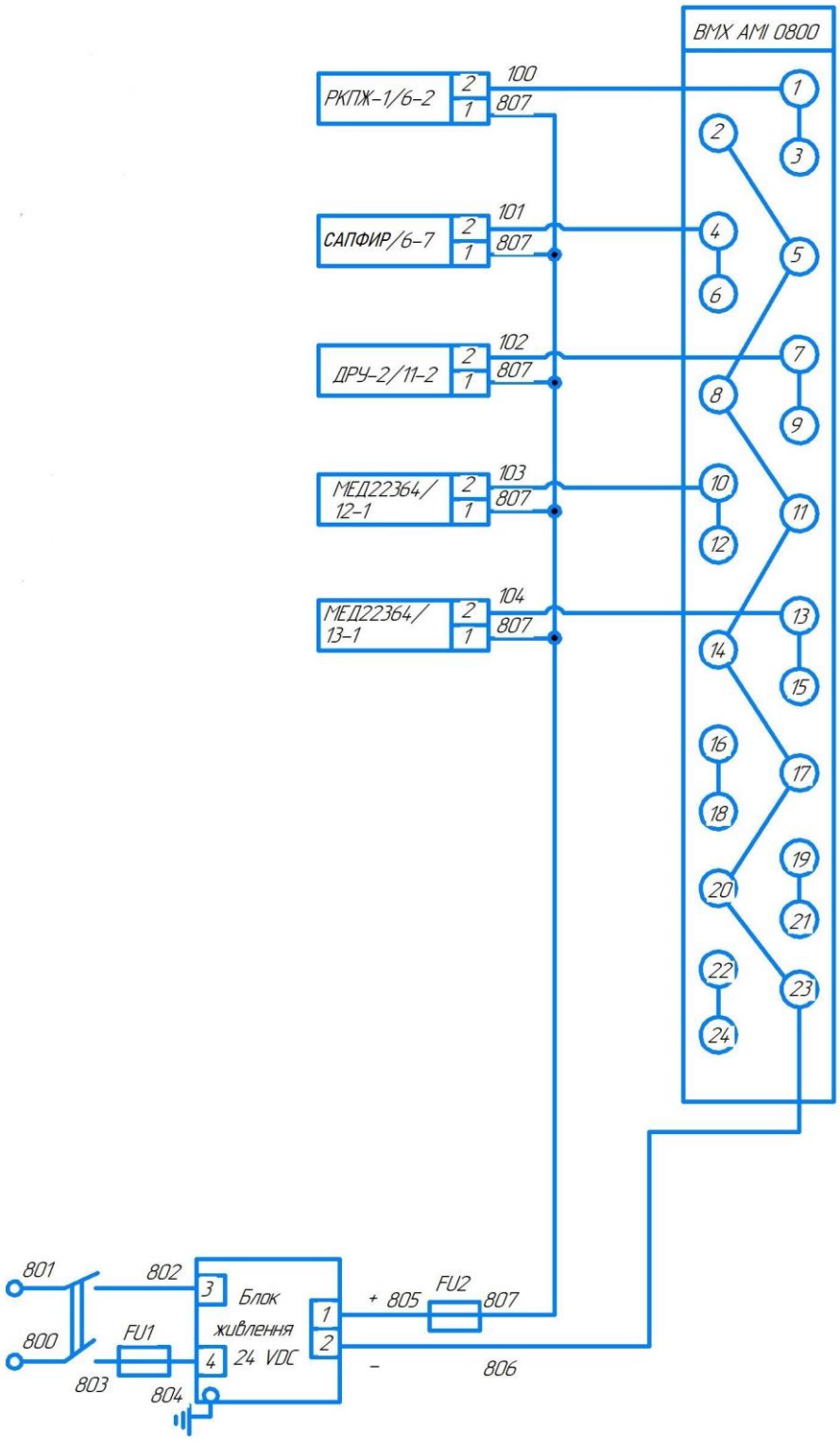
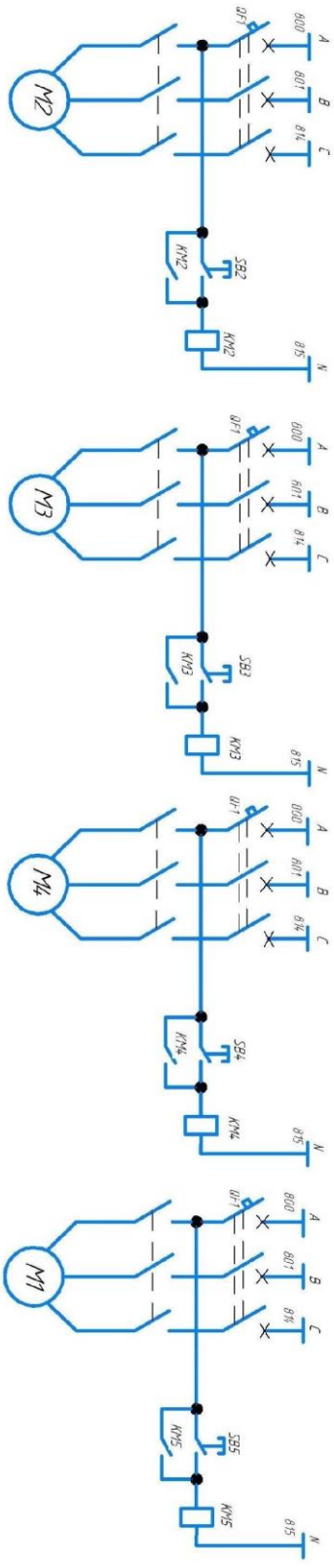


Схема підключення датчиків до модуля аналогових входів

Схема підключення датчиків до модуля аналогових виходів



Двигуни:



Датчик ваги WIRC (6-2) під’єднаний до модуля аналогових входів BMX AMI 0800 на 1 та 2 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX AMI 0800 від датчика ваги, інформація передається в контролер BMX P34 2010 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на модуль аналогових виходів BMX AMO 0802. Де до нього на 110 та COM0 клеми під’єднаний перетворювач сигналу (6-3), який регулює подачу продукту виконавчим механізмом (6-5).

Датчик ваги WT (6-7) під’єднаний до модуля аналогових входів BMX AMI 0800 на 4 та 5 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX AMI 0800 від датчика ваги, інформація передається в контролер BMX P34 2010 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на модуль аналогових виходів BMX AMO 0802. Де до нього на 111 та COM1 клеми під’єднаний перетворювач сигналу (6-4), який регулює подачу продукту виконавчим механізмом (6-6).

Датчик рівню LCA (11-2) під’єднаний до модуля аналогових входів BMX AMI 0800 на 7 та 8 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX AMI 0800 від датчика рівня, інформація передається в контролер BMX P34 2010 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на модуль аналогових виходів BMX AMO 0802. Де до нього на 110 та COM0 клеми під’єднаний перетворювач сигналу (11-3), який регулює подачу продукту виконавчим механізмом (11-6).

Датчик рівню LCA (11-2) під’єднаний до модуля аналогових входів BMX AMI 0800 на 7 та 8 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX AMI 0800 від датчика рівня, інформація передається в контролер BMX P34 2010 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на модуль аналогових виходів BMX AMO 0802. Де до нього на 113 та COM3 клеми під’єднаний перетворювач сигналу (11-4), який регулює подачу продукту виконавчим механізмом (11-7).

Датчик рівню LCA (11-2) під’єднаний до модуля аналогових входів BMX AMI 0800 на 7 та 8 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX AMI 0800 від датчика рівня, інформація передається в контролер BMX P34 2010 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на модуль аналогових виходів BMX AMO 0802. Де до нього на 114 та COM4 клеми під’єднаний перетворювач сигналу (11-5), який регулює подачу продукту виконавчим механізмом (11-8).

Манометр PI (12-1) під’єднаний до модуля аналогових входів BMX AMI 0800 на 10 та 11 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX AMI 0800 від датчика тиску, інформація передається в контролер BMX P34 2010 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і служить додатковою інформацією для функціонування системи автоматизації.

.

Манометр PI (13-1) під’єднаний до модуля аналогових входів BMX AMI 0800 на 13 та 14 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX AMI 0800 від датчика тиску, інформація передається в контролер BMX P34 2010 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і служить додатковою інформацією для функціонування системи автоматизації.

Магнітний пускач (2-2) під’єднаний до блоку живлення та керує двигуном M1 (2-3).

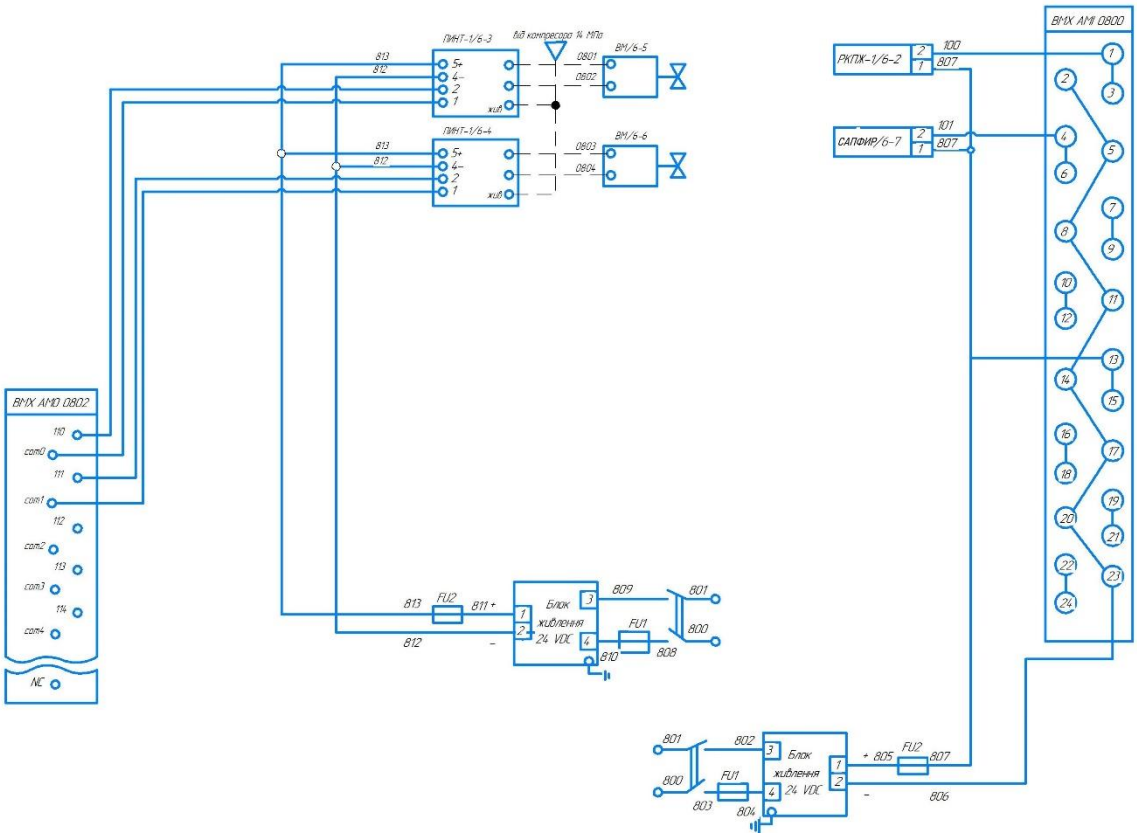
Магнітний пускач (3-2) під’єднаний до блоку живлення та керує двигуном M2 (3-3).

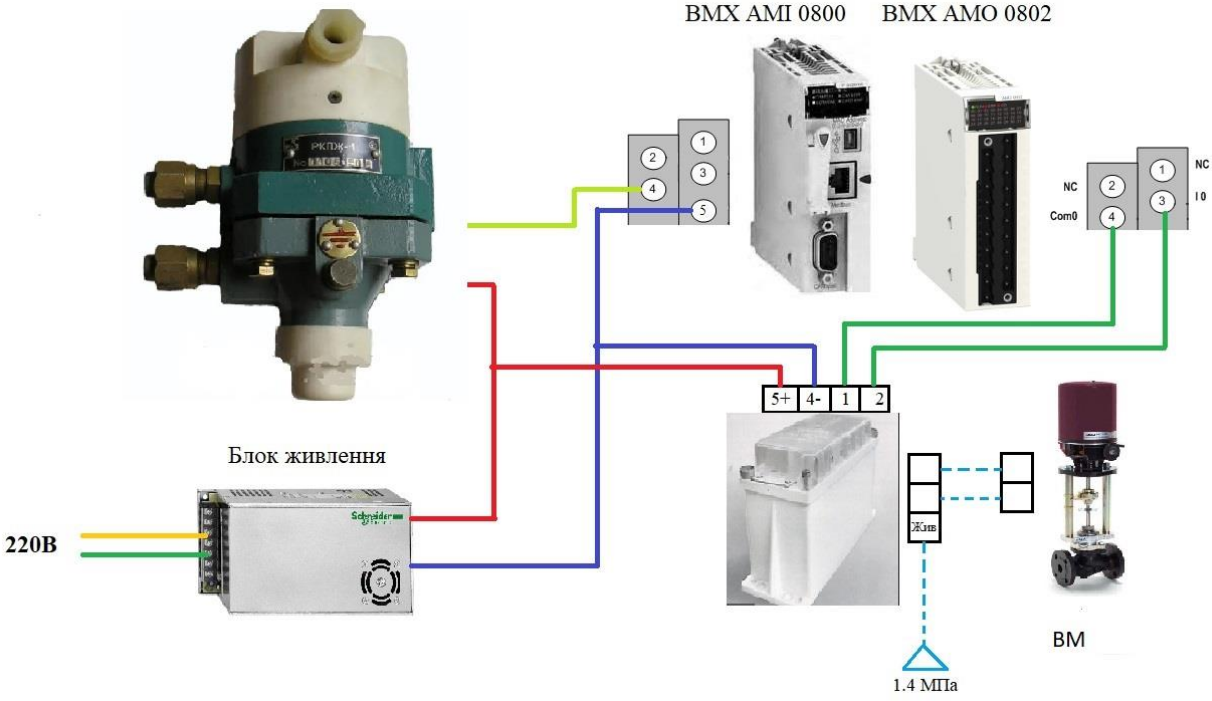
Магнітний пускач (8-2) під’єднаний до блоку живлення та керує двигуном M3 (8-3).

Магнітний пускач (9-2) під’єднаний до блоку живлення та керує двигуном M4 (9-3).

3.3. Розширені схеми підключення для окремих контурів

Розширений контур контролю та регулювання ваги:



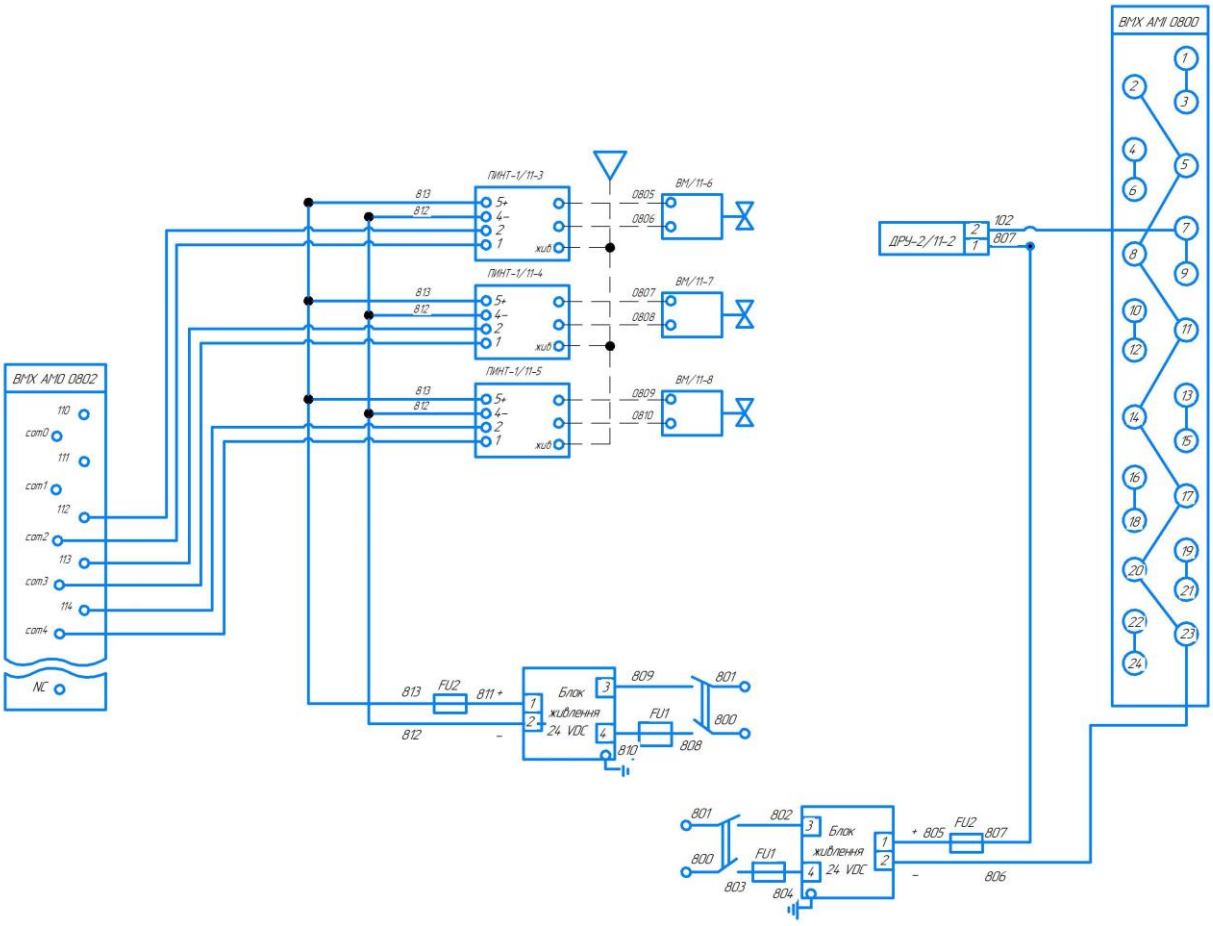


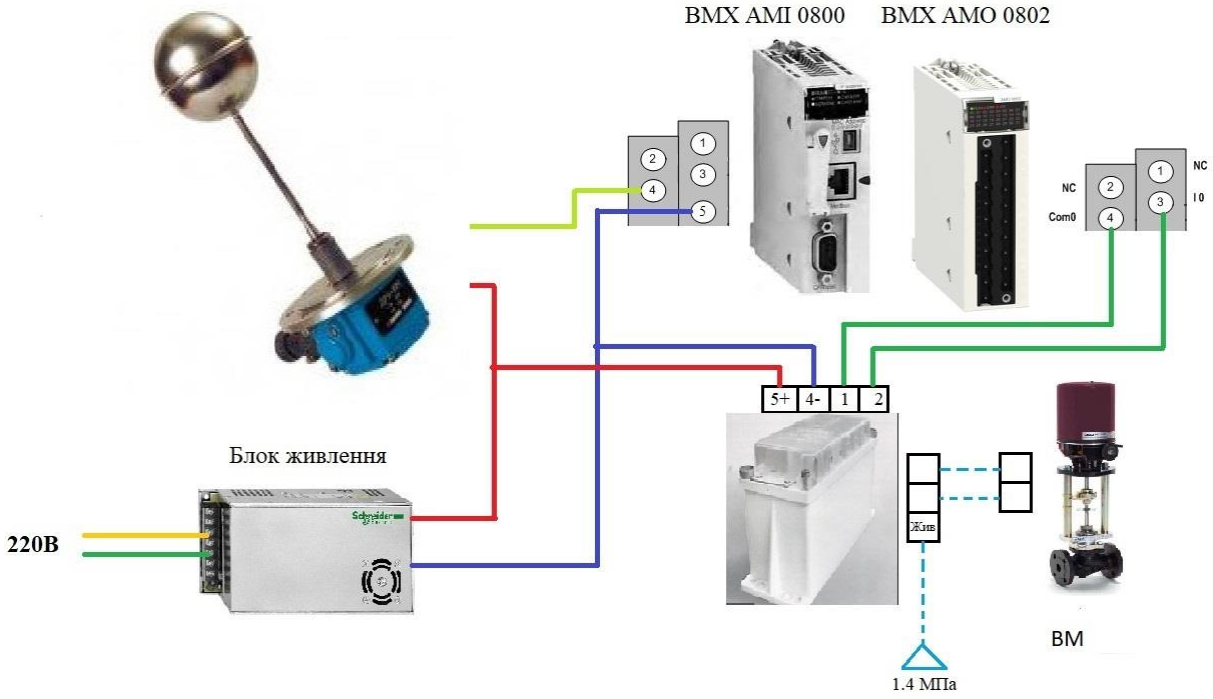
Опис схеми підключення:

Датчик ваги WIRC (6-2) під’єднаний до модуля аналогових входів BMX AMI 0800 на 1 та 2 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX AMI 0800 від датчика ваги, інформація передається в контролер BMX P34 2010 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на модуль аналогових виходів BMX AMO 0802. Де до нього на 110 та COM0 клеми під’єднаний перетворювач сигналу (6-3), який регулює подачу продукту виконавчим механізмом (6-5).

Датчик ваги WT (6-7) під’єднаний до модуля аналогових входів BMX AMI 0800 на 4 та 5 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX AMI 0800 від датчика ваги, інформація передається в контролер BMX P34 2010 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на модуль аналогових виходів BMX AMO 0802. Де до нього на 111 та COM1 клеми під’єднаний перетворювач сигналу (6-4), який регулює подачу продукту виконавчим механізмом (6-6).

Розширена схема підключення контуру вимірювання та регулювання рівню:





Опис схеми підключення:

Датчик рівню LCA (11-2) під'єднаний до модуля аналогових входів BMX AMI 0800 на 7 та 8 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX AMI 0800 від датчика рівня, інформація передається в контролер BMX P34 2010 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на модуль аналогових виходів BMX AMO 0802. Де до нього на 110 та COM0 клеми під'єднаний перетворювач сигналу (11-3), який регулює подачу продукту виконавчим механізмом (11-6).

Датчик рівню LCA (11-2) під'єднаний до модуля аналогових входів BMX AMI 0800 на 7 та 8 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX AMI 0800 від датчика рівня, інформація передається в контролер BMX P34 2010 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на модуль аналогових виходів BMX AMO 0802. Де до нього на 113 та COM3 клеми під'єднаний перетворювач сигналу (11-4), який регулює подачу продукту виконавчим механізмом (11-7).

Датчик рівню LCA (11-2) під'єднаний до модуля аналогових входів BMX AMI 0800 на 7 та 8 клеми. Після отримання інформації аналоговим входом модуля BMX AMI 0800 від датчика рівня, інформація передається в контролер BMX P34 2010 , де в залежності від отриманої інформації та написаної програми , опрацьовується, реєструється і формується керуючий вихідний сигнал та передається на модуль аналогових виходів BMX AMO 0802. Де до нього на 114 та COM4 клеми під'єднаний перетворювач сигналу (11-5), який регулює подачу продукту виконавчим механізмом (11-8).

Розділ 4. Опис встановлення технічних засобів

Датчик-реле рівня рідини ДРУ-2 (далі - датчик-реле) призначений для контролю рівня води, дизельного палива, авіаційного масла, а також других рідин з динамічною в'язкістю 2.4 Па · с, щільністю від 0,8 до 1,2 г / см3 і не агресивних по відношенню до сталі 12Х18Н10Т і гумі в різних установках.

За пожежною безпекою датчик-реле рівня не має здатності до самозаймання і викликати горіння.

Нестабільність спрацьовування мм, не більше +-8

За нестабільність спрацювання приймається максимальна різниця рівнів, відповідних триразового переключенню електричних контактів при підвищенні або зниженні рівня.

Диференціал мм, не більше 25.

Комутаційна здатність електричних контактів датчика-реле:

1) від 0,5 до 4,0 А постійного струму з активним навантаженням при напрузі від 3 до 30 В;

2) від 0,5 до 2 А постійного струму з індуктивним навантаженням (t <0,015 с) при на- напруги від 3 до 30 В;

3) до 3 А змінного струму з активним навантаженням при напрузі до 250 В; 50Гц;

4) до 2 А змінного струму з індуктивним навантаженням (cos> 0,5) при напрузі до 250 В; 50 Гц.

Максимальна потужність комутації:

- при постійному струмі - 70 В · А;

- при змінному струмі - 300 В · А.

Конструкція датчика-реле наведена нижче

У корпусі на двох кронштейнах 3 кріпиться мікроперемикач 2. Поплавок 1 виконує роль чутливого елемента. Гвинтом 6, укрученим в важіль 4 здійснюється настройка датчика-реле на рівень спрацьовування. Сильфон 7 з'єднується з фланцем 11 і важелем 4. Корпус закривається кришкою 9, ущільнення здійснюється прокладками 12 і 13. Гвинт 5 служить для фіксації положення поплавця 1 при транспортування датчика-реле. Заземлення датчика-реле здійснюється гвинтом 8.

Принцип роботи датчика-реле заснований на зміні положення поплавця 1 під впливом сили, що виштовхує контрольованої рідини. Поплавок 1 при своєму переміщенні важелем 4 впливає на мікроперевимикачів 2, включений в електричні ланцюги сигнальних і пускових пристроїв.

ВКАЗІВКА ЗАХОДІВ БЕЗПЕКИ

При профілактичних оглядах і регламентних роботах перед зняттям кришки необхідно вимкнути живлення.

У разі установки датчика-реле на незаземленій конструкціях корпус датчика-реле підлягає обов'язковому заземлення.

Якість електричного з'єднання на корпус (заземлення) слід провіряти щорічно в період регламентних робіт.

РОЗМІЩЕННЯ І МОНТАЖ

Для уникнення зминання сильфона звертатися з приладом при монтажі слід обережно.

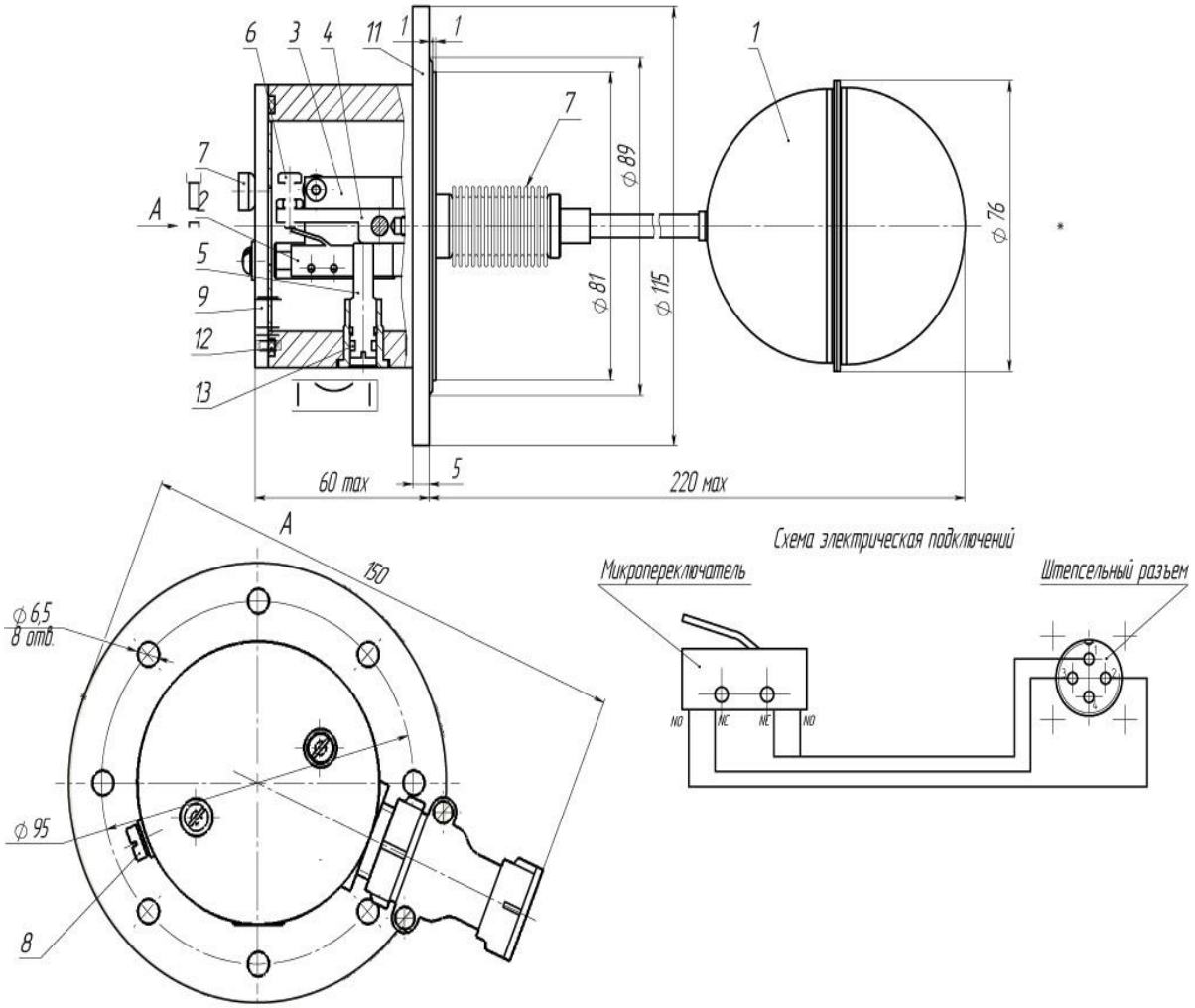
Датчик-реле встановлюється на резервуарі з контрольованим середовищем так, щоб фланець корпусу був у вертикальному положенні (відхилення від вертикалі не більше 1º), а відхилення осі, що проходять через верхнє і нижнє кріпильні отвори, від вертикалі не перевищує 1,5º.

При контролі верхнього рівня гвинт 5 повинен бути внизу, а при контролі нижнього рівня - вгорі.

Перед монтажем датчика-реле гвинт 5 перевести з положення для транспортування в положення для експлуатації, для чого необхідно:

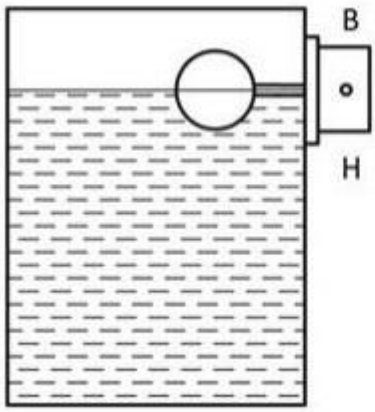
зняти кришку 9; повернути гвинт 5 проти годинникової стрілки на 2-3 обороту; перевірити спрацьовування мікроперемикача шляхом повільного відпускання або підйому поплавка (момент перемикання визначається по "кліку" мікроперемикача). Порушувати пломбу в пломбувальній чашці 7 забороняється. Підключення жил кабелю до гнізда 10 повинно проводитися відповідно до схеми електричної підключення, представленої в додатку А.

Конструкція, габаритні і настановні розміри ДРУ-2



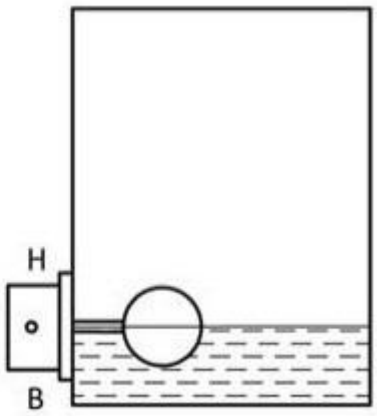
Варіанти монтажу датчика в ємності

Контроль верхнього рівня



Буква "В" на фланці знаходиться зверху

Контроль нижнього рівня



Буква "Н" на фланці знаходиться зверху

Розділ 5. Опис спеціального програмного забезпечення для мікропроцесорного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)

Програма для дипломного проекту була розроблена у програмному забезпеченні Unity Pro від компанії Schneider Electric.

Система Unity Pro - багатофункціональне програмне забезпечення для програмування, налагодження і оперативного управління ПЛК Modicon M340, Premium і Quantum, а також Atrium.

Система Unity Pro, що відповідає стандарту МЕК 61131-3, має визнаними перевагами пакетів PL7 і Concept, і в її основу покладені відомі стандарти PL7 і Concept.

Вона пропонує повний набір готових функцій для поліпшення продуктивності:

- сучасна функціональність;
- оптимальна стандартизація, що дозволяє повторно використовувати розробки;
- численні засоби тестування програми і поліпшення роботи системи;
- нові вбудовані засоби діагностики.

При розробці програми були враховані питання міграції існуючих додатків. Це дозволить істотно збільшити вигоду від використання програмного забезпечення з одночасним зменшенням витрат на навчання і величезним потенціалом для розробки та сумісності. Каталог Unity включає в себе спеціальне програмне забезпечення для підвищення продуктивності:

- відкритість для розробок на мові С або VBA (Visual Basic для додатків);

- розробка і створення додатків з інтеграцією ПЛК / людино-машинного інтерфейсу.

- природна комунікабельність.

Платформи автоматизації Modicon з підтримкою технології "прозорого виробництва" Transparent Ready на базі Ethernet TCP / IP і web-технологій пропонують відмінне рішення для оптимізації продуктивності. Служби web-сервера, відправки електронних поштових повідомлень, прямий доступ до баз даних, синхронізація пристроїв, розподілений введення-виведення сигналів і багато іншого - ПЛК Modicon пропонує всі кращі можливості Ethernet.

Замість розробки закритих систем компанія Schneider Electric адаптувала такі ринкові стандарти як мови програмування МЕК, Ethernet TCP / IP, Modbus IDA, XML, OPC, IT-стандарти та ін.

Партнерство з загальновизнаними світовими лідерами в області розробки програмного забезпечення та виробництва апаратних засобів в рамках партнерської програми з спільної автоматизації Collaborative Automation Partner Program призвело до більш ефективному обміну технологіями.

Вам буде гарантовано краще рішення без компромісу з простотою інтеграції.

Проста в обігу і багатофункціональна інструментальна система "все в одному"

Інструментальна система Unity Pro дозволяє розкрити і по достоїнству оцінити переваги, пропоновані сучасним графічним інтерфейсом при роботі під управлінням операційної системи Windows XP або Windows 2000:

- прямий доступ до інструментів та інформації;
- стовідсоткова графічна настройка конфігурації;
- настроюється панель інструментів і піктограми;
- функції drag & drop і масштабування;
- вбудоване вікно діагностики.

Всі переваги стандартизації:

Інструментальна система Unity Pro пропонує повний набір інструментів і функцій, необхідних для структурування додатки відповідно до особливостей процесу або агрегату.

Програма розбита на ієрархічно впорядковані функціональні блоки, що містять:

- область програми;
- таблиці анімації;
- екрани оператора;
- гіперпосилання.

Основні часто використовувані функції можна запрограмувати в призначених для користувача функціональних блоках (DFB) на мовах МЕК 61131.

Економія часу завдяки можливості багаторазового використання модулів:

Всі модулі оптимізовані і в точності відповідають вашим вимогам, зменшуючи час, необхідний на розробку і налагодження на місці одночасно оптимізуючи якість:

- функціональні модулі можна багаторазово використовувати в додатку і застосовувати XML для імпорту / експорту між проектами;
- функціональні блоки легко "перетягуються" в проект з бібліотеки за допомогою "миші" - технологія drag & drop;
- автоматичне оновлення примірників блоків в телепрограми при змінах в бібліотеці (опціонально).

Гарантія високої якості:

Вбудована функція емулятора ПЛК дозволяє в точності відтворити поведінку програми ПЛК на комп'ютері. Емулятор підтримує всі необхідні засоби налагодження, що дозволяють домогтися максимальної якості перед установкою:

- покрокове виконання програми;
- контрольні точки зупинки програми і точки перевірки зміни змінних;
- анімація в реальному часі для перевірки змінних і логіки під час роботи.
- Зниження часу вимушеного простою

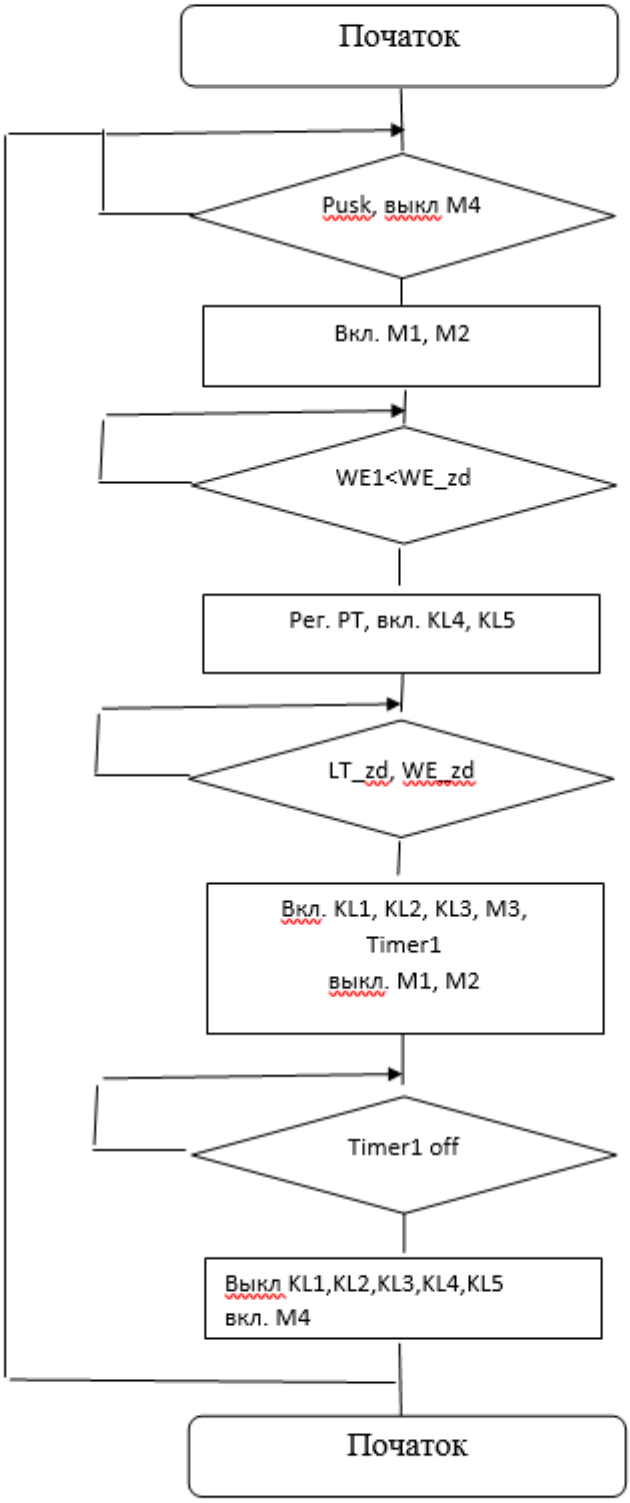
Інструментальна система Unity Pro підтримує бібліотеку DFB для діагностики роботи програми. Інтегровані в програму функціональні блоки використовуються (в залежності від їх призначення) для моніторингу умов безпечної роботи і розвитку процесу в часі.

У вікні програми в хронологічному порядку виводяться всі повідомлення про несправності системи і про помилки додатки з міткою часу, коли вони відбулися. З цього вікна можна одним клацанням "мишки" запустити редактор для усунення помилок в програмі (пошук помилок в початковому тексті). Зміни, зроблені в режимі он-лайн, можна згрупувати в автономному режимі на комп'ютері і відразу все їх завантажити безпосередньо в ПЛК, щоб всі зміни враховувалися в одному циклі сканування.

Розширений діапазон функцій забезпечує точне управління вашими операціями і економить час:

- журнал історії дій оператора в системі Unity Pro, що зберігається в захищеному файлі;
- профайл користувача та захист паролем;
- інтегровані робочі екрани оператора.

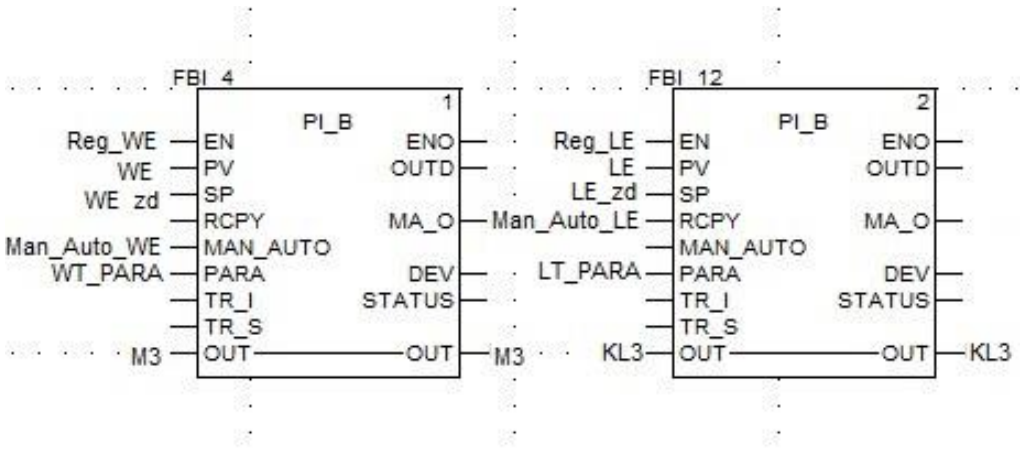
Алгоритм програми:



Фрагмент програми

```
IF PUSK AND M4:=0.0 THEN
M1:=100.0;
M2:=100.0;
END_IF;

IF WE1< WE_zd THEN
REG_PT1:=TRUE;
REG_PT2:=TRUE;
KL4:=100.0;
KL5:=100.0;
END_IF;

IF LE_zd AND WE_zd THEN
KL1:=100.0;
KL2:=100.0;
KL3:=100.0;
M3: =100.0;
TIMER1:=TRUE;
M1:=0.0;
M2:=0.0;
END_IF;

IF TIMER1:=FALSE THEN
KL1:=0.0;
KL2:=0.0;
KL3:=0.0;
KL4:=0.0;
KL5:=0.0;
M4:=100.0;
END_IF;

IF Stop THEN
M4:=100.0;
END_IF;
```

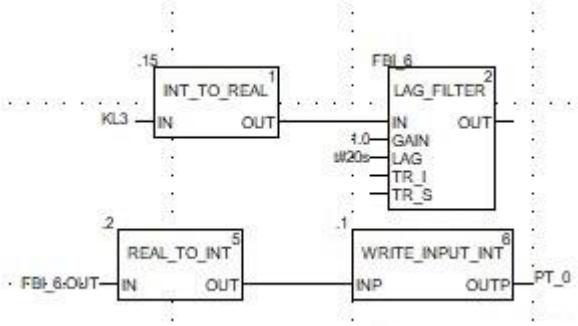
Регулятори рівня та ваги:



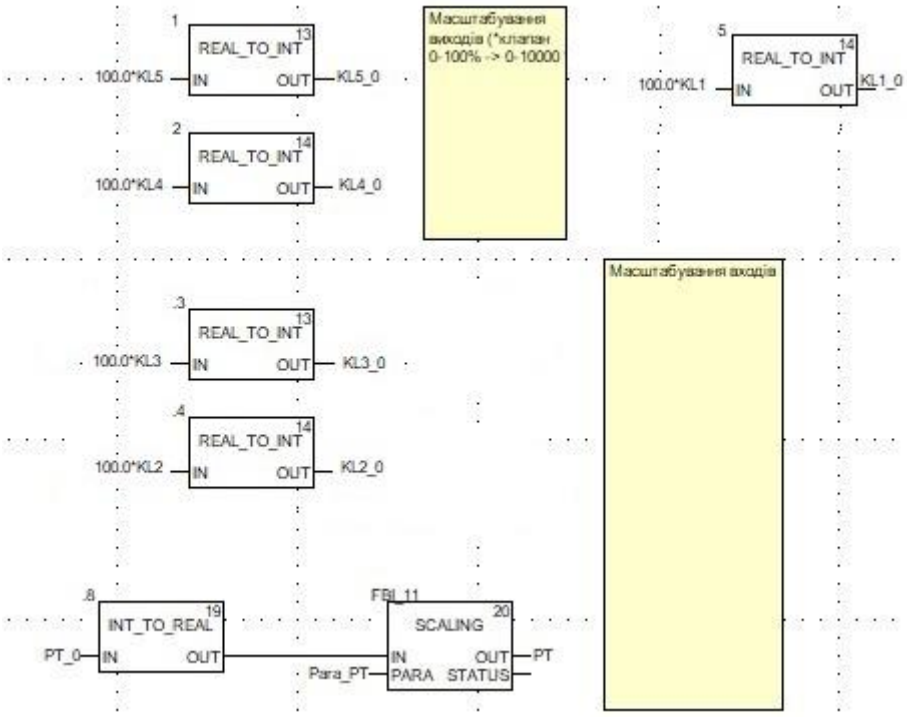
Змінні, що використовуються у програмі:

Name	Type	..	Value	Comment
WE_zd	REAL			Задане значення ваги
WE1	REAL			Датчик ваги
LE_zd	REAL			Задане значення рівня
LE	REAL			Датчик рівня
Timer1	BOOL			Внутрішня змінна - крок
Stop	BOOL			Внутрішня змінна - крок
Reg_WE	BOOL			Регулятор ваги
Reg_LE	BOOL			Регулятор рівня
PUSK	BOOL			Кнопка "Пуск"
PT_0	INT			Датчик тиску (значення) не масштабоване
PT	REAL			Датчик тиску (значення)
Man_Auto_WE	BOOL			Руч./автомат. режим роботи регулятора ваги
Man_Auto_LE	BOOL			Руч./автомат. режим роботи регулятора рівня
M4	REAL			Двигун М4
M3	REAL			Двигун М3
M2	REAL			Двигун М2
M1	REAL			Двигун М1
KL5_0	INT			Клапан 5 (не масштабоване значення)
KL5	REAL			Клапан 5
KL4_0	INT			Клапан 4 (не масштабоване значення)
KL4	REAL			Клапан 4
KL3_0	INT			Клапан 3 (не масштабоване значення)

Name	Type	..	Value	Comment
KL3	REAL			Клапан 3
KL2_0	INT			Клапан 2 (не масштабоване значення)
KL2	REAL			Клапан 2
KL1_0	INT			Клапан 1 (не масштабоване значення)
KL1	REAL			Клапан 1



Шкалювання змінних для зручності використання у програмі:



Розділ 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

6.1 Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI

Таблиця аналогових входів:

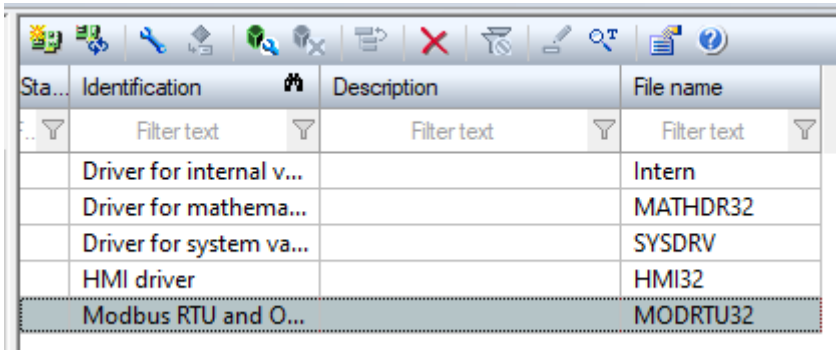
Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Вага у фаршемішалці	WE 6-2	%MW0
Рівень у ємності для рідини	LE 11-2	%MD30
Тиск у ємності для рідин	PT 12-1	%MW26

Таблиця аналогових виходів:

Назва сигналу	Позначення на СА	Адреса
Клапан керування подачею фаршу1	6-3	%MW20
Клапан керування подачею фаршу2	6-4	%MW10
Клапан керування подачі суміші	11-3	%MW12
Клапан керування подачі води	11-4	%MW14
Клапан керування подачі молока	11-5	%MW16
Керування двигуном за допомогою пускача	M1	%MW22
Керування двигуном за допомогою пускача	M2	%MW22
Керування двигуном за допомогою пускача	M3	%MW22
Керування двигуном за допомогою пускача	M4	%MW6

Таблиця даних SCADA/HMI:

Name	Measur...
Filter text	Filter...
PT 12-1	Па
LE 11-2	%
WE 6-2	кг
Клапан 6-3	%
Клапан 6-3 AP	
Клапан 6-4	%
Клапан 6-4 AP	
Клапан 11-3	%
Клапан 11-3 AP	
Клапан 11-4	%
Клапан 11-4 AP	
Клапан 11-5	%
Клапан 11-5 AP	
M1	%
M1 AP	
M2	%
M2 AP	
M3	%
M3 AP	
M4	%
M4 AP	



Sta...	Identification	Description	File name
	Filter text	Filter text	Filter text
	Driver for internal v...		Intern
	Driver for mathema...		MATHDR32
	Driver for system va...		SYSDRV
	HMI driver		HMI32
	Modbus RTU and O...		MODRTU32

Рис.6.2. Перелік використовуваних драйверів з програмного середовища Zenon

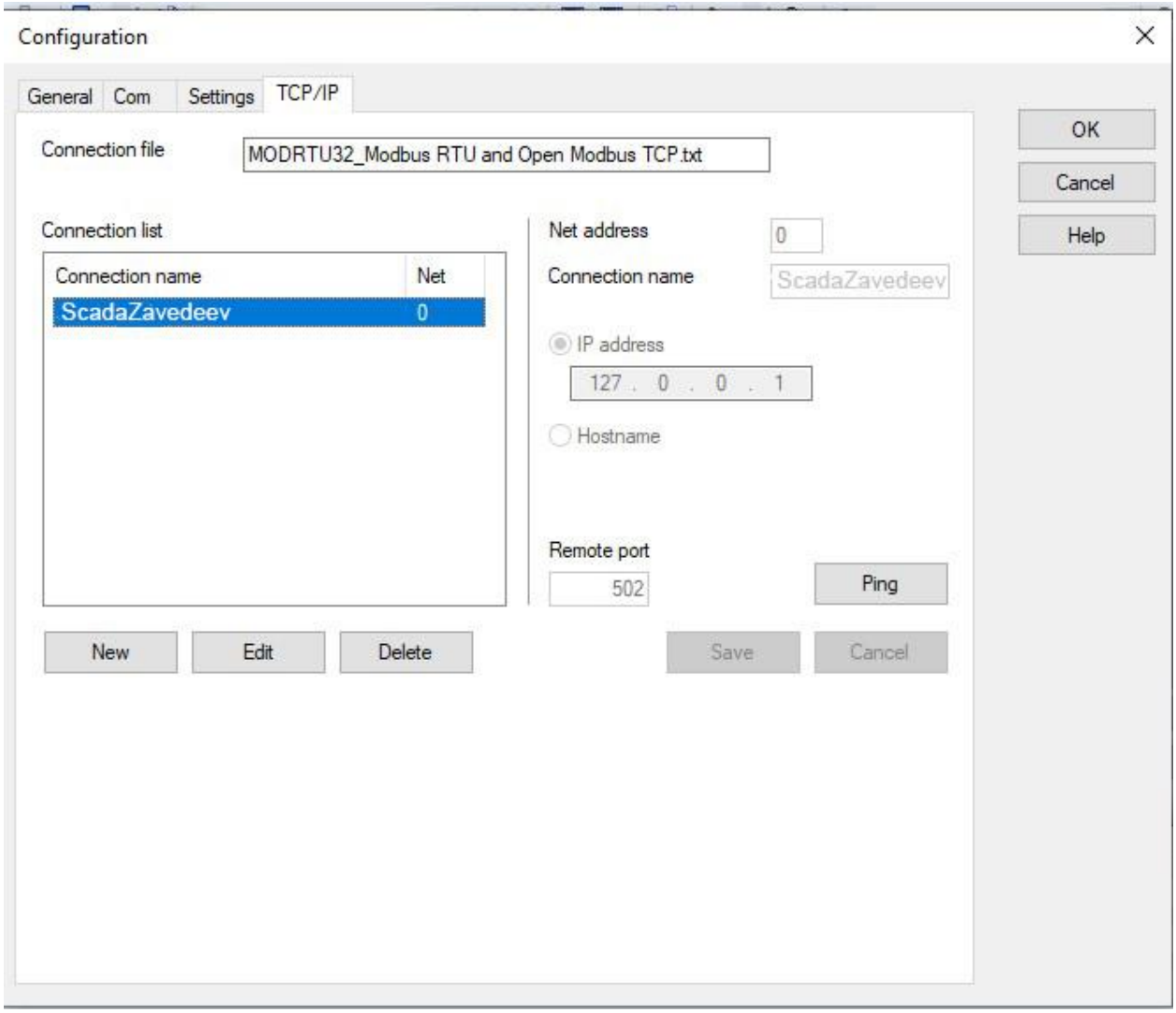


Рис.6.3. Налаштування вкладки «TCP\IP» драйверу з'єднання з Unity Pro

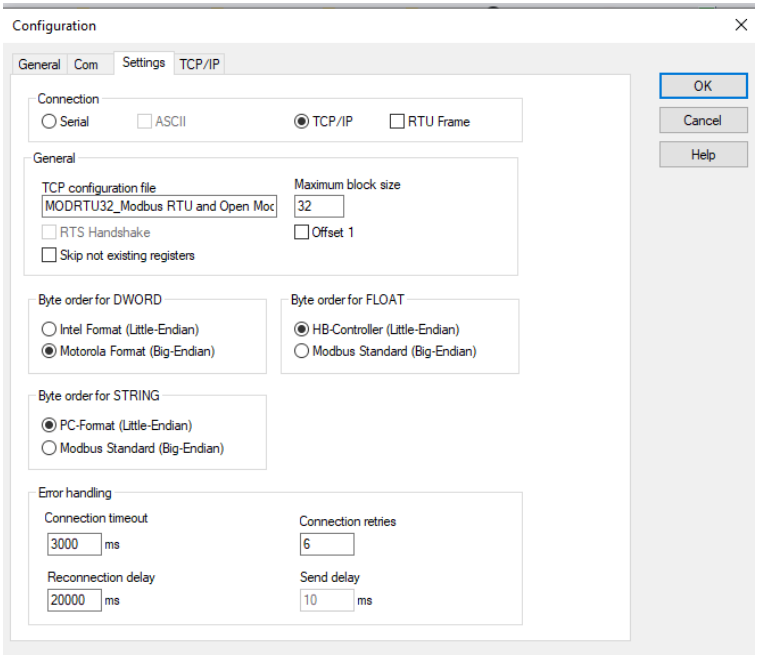


Рис.6.4. Налаштування вкладки «Settings» драйверу з'єднання з Unity Pro

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора:

Нормальний стан системи автоматизації. Всі параметри в межах норми.

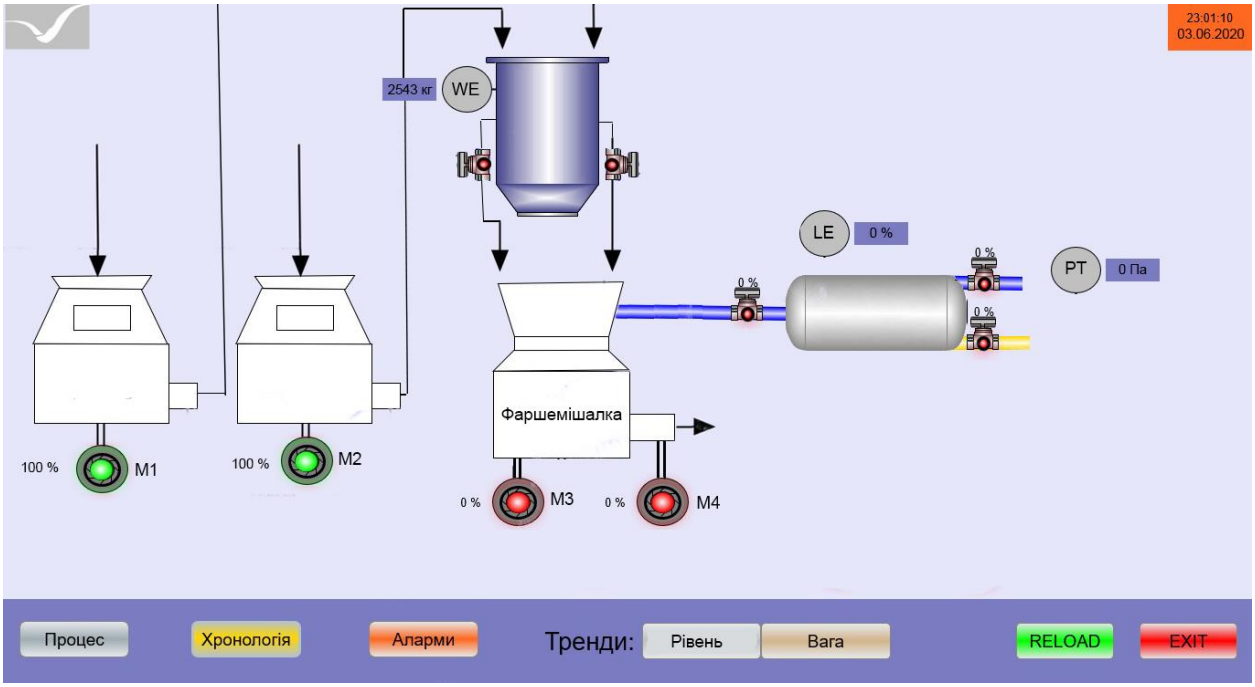


Рис.6.5. Робочий вид для оператора

У системі автоматизації виникло відхилення від норми, SCADA показує повідомлення про відхилення в верхні частині екрану оператора, та вказує який саме параметр вийшов з норми

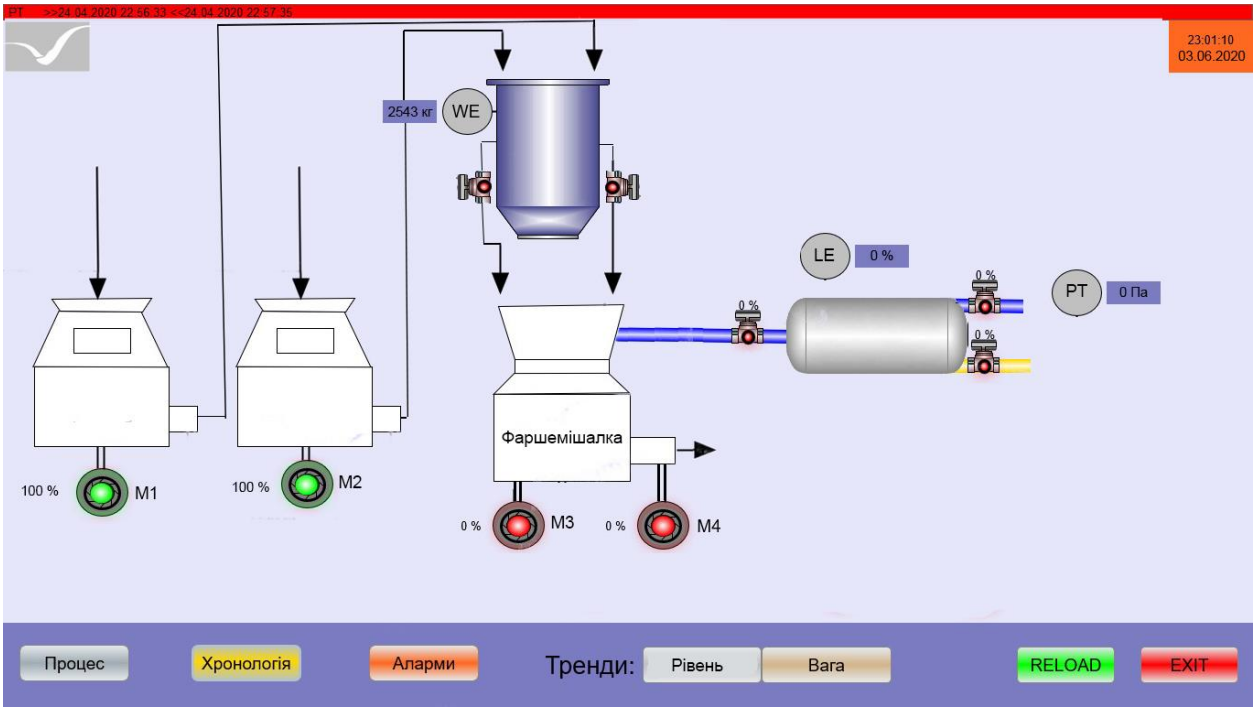
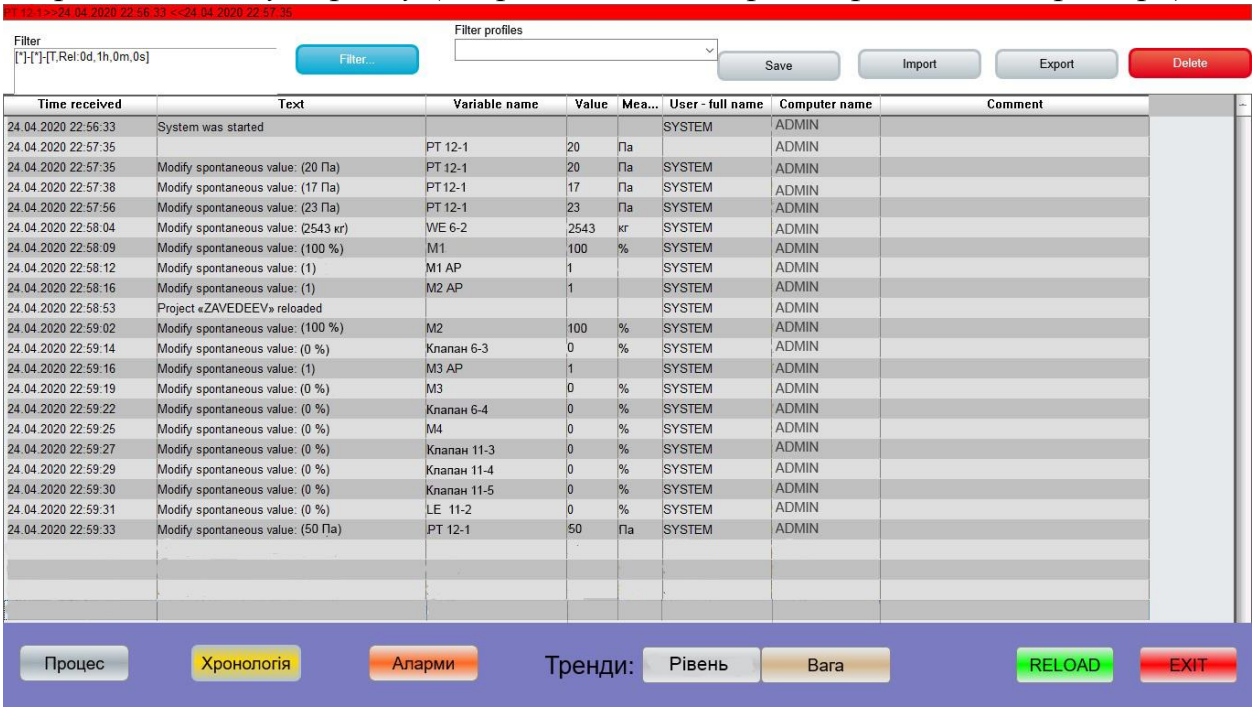


Рис.6.6. Робочий вид для оператора (виникла помилка)

Вікно вкладки хронологія системи автоматизації. Тут відображаються всі події в хронологічному порядку (наприклад зміни параметрів чи дії оператора)



Вікно вкладки тривоги системи автоматизації(ALARM). Тут відображаються всі тривоги які виникли, який параметр, коли усунутий чи є дійсним.

Рис.6.8. Вкладка алармів

Вікно вкладки тренди , де можна подивитися графіки зміни параметрів у час. Інтервал оновлення даних становить 5 секунд.

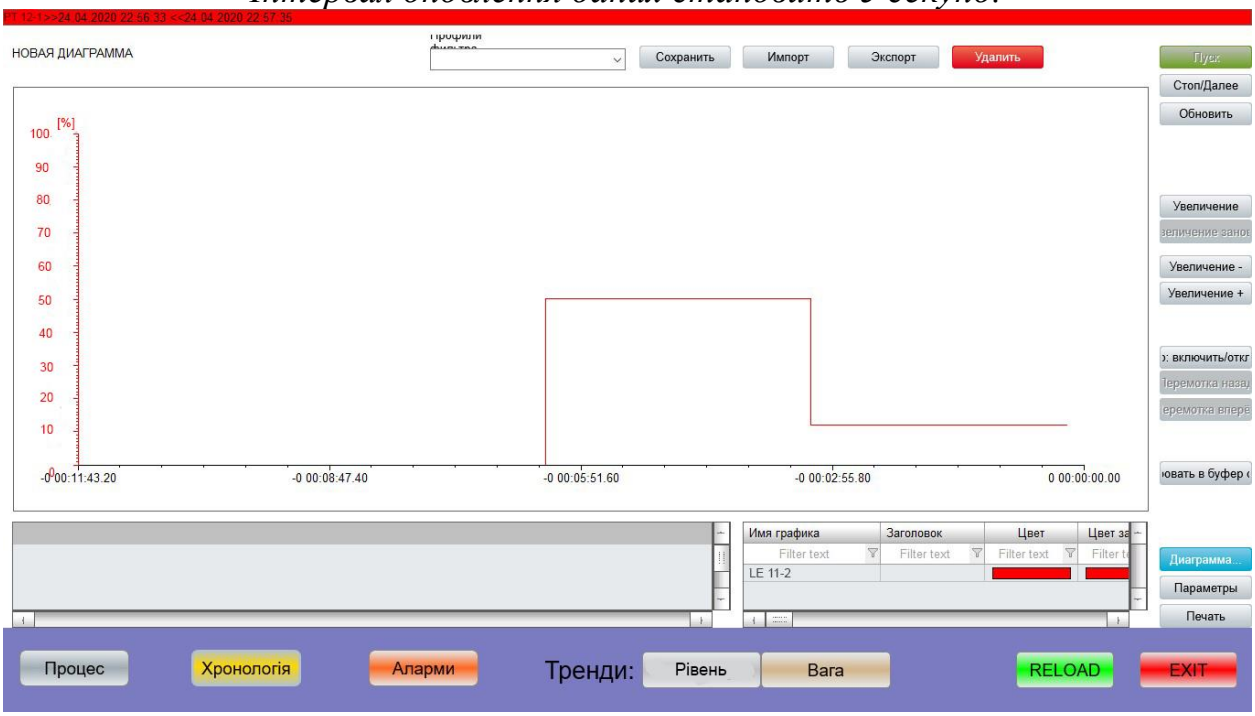


Рис.6.9. Вкладка трендів рівня

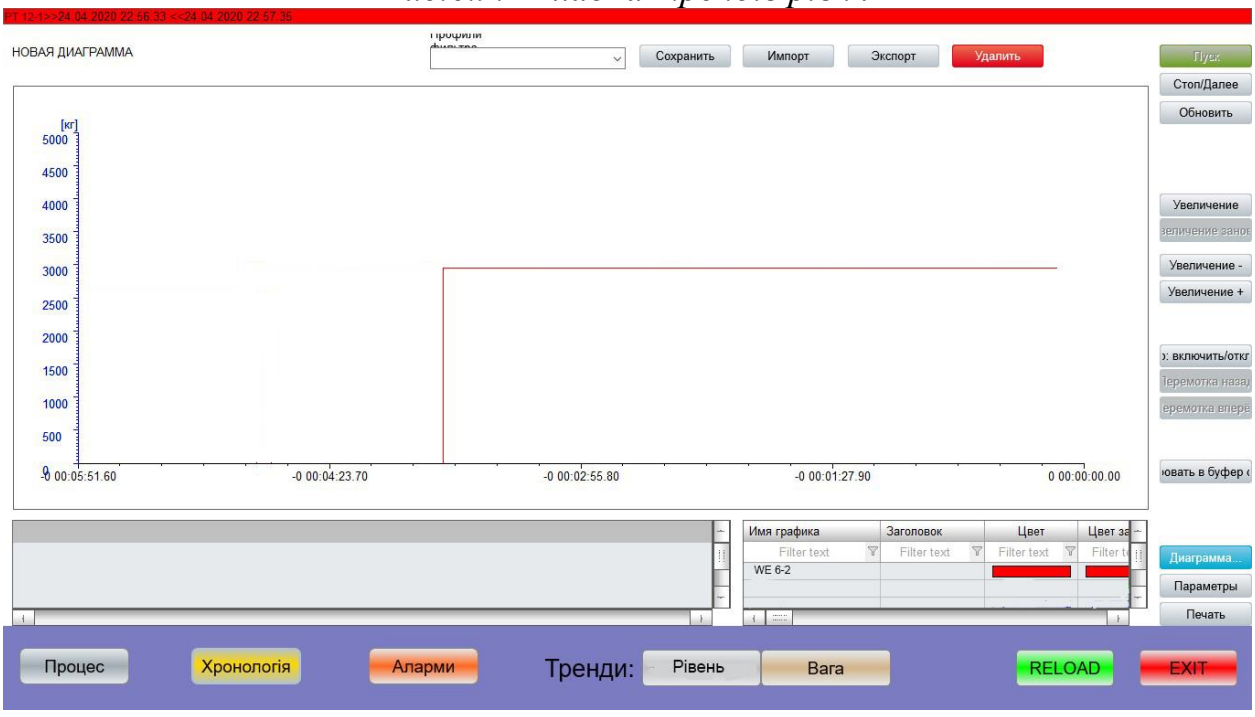


Рис.6.10. Вкладка трендів ваги

Розділ 7. Комп’ютерне моделювання системи автоматичного регулювання.

7.1. Постановка задачі дослідження.

Комп’ютерне моделювання – це інструмент математичного моделювання, який застосовується для вивчення складних систем. Комп’ютерні моделі використовуються для отримання нових знань про об'єкт або для наближеної оцінки поведінки систем, занадто складних для аналітичного чи натурного дослідження.

В дипломному проекті комп’ютерне моделювання виконується для підсистеми регулювання технологічної змінної для наступних задач:

- визначення оптимальної структури та/або параметрів САР;
- дослідження властивостей САР (стійкість, якість, енерговитрати);
- дослідження САР технологічними об’єктами, що функціонують в умовах не-стаціонарності/нелінійності/невизначеності і т.п.

Комп’ютерне моделювання проводиться в програмному середовищі Matlab, з використанням зовнішніх функцій Toolbox та Simulink.

Постановка задачі: Для системи автоматизації приготування ковбасного фаршу провести розрахунки перевірки системи на стійкість за допомогою методу Рауса-Гурвіца.

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

В даному дипломному проекті за систему регулювання було взято АСР системи автоматизації виробництва ковбасного фаршу.

Для проведення зазначеного вище аналізу потрібно вивести передаточні функції для об’єкту за каналами різних діянь, скласти структурну схему об’єкта. За потреби виконати структурні перетворення (перенесення суматорів, точок), в результаті чого структурна схема зводиться до еквівалентної однолінійної.

Запишемо систему рівнянь в операторному вигляді, враховуючи нульові початкові умови та підстановивши числові значення коефіцієнтів та сталих часу.

Система набуває вигляду:

$$\begin{cases} (10p+1)*X1(p) = 0.35*U1(p) + 0.3*Z1(p) + 3.5*X2(p); \\ (40p+1)*X2(p) = 0{,}25*X1(p); \\ (8p+1)*X3(p) = 0.25*Z3(p) + X2(p); \end{cases}$$

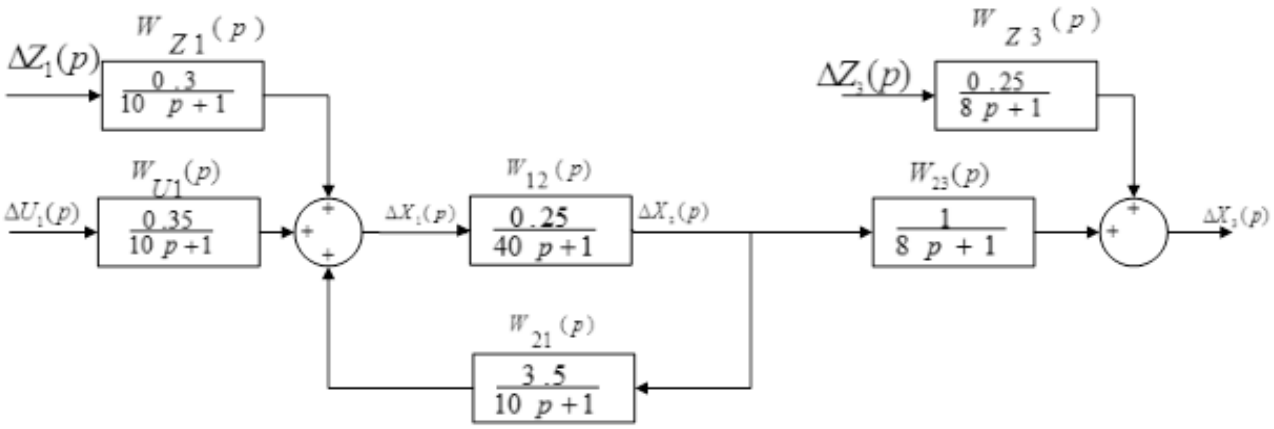
Визначимо передаточні функції:

$$W_{U1}(p) = \frac{0.35}{10p+1}; W_{12}(p) = \frac{0.25}{40p+1}; W_{Z3}(p) = \frac{0.25}{8p+1};$$

$$W_{Z1}(p) = \frac{0.3}{10p+1}; \qquad W_{23}(p) = \frac{1}{8p+1}.$$

$$W_{21}(p) = \frac{3.5}{10p+1},$$

Складаємо структурну схему об’єкта:



7.3. Моделювання САР

Аналіз стійкості системи:

Розроблену САР в перевіряємо на стійкість. Найбільше росповсюдження для перевірки стійкості отримали алгебраїчний критерій стійкості Рауса-Гурвіца та частотний критерій Найквіста. В нашому аналізі стійкості системи будемо використовувати алгебраїчний критерій Гурвіца.

У відповідності до критерія Гурвиця потрібно скласти визначник Гурвиця за характеристичним рівнянням замкненої системи $W_{зам}(p)$ за каналом управління із розрахованим коефіцієнтом передачі $K_{p\min}$:

$$W_{зам}(p)=\frac{W_p(p)W_{U1}(p)}{1+W_p(p)W_{U1}(p)}=\frac{\frac{0,7*5.36}{25600p^3+6400p^2+408p+1}}{1+\frac{0,7*5.36}{25600p^3+6400p^2+408p+1}}$$

$$=\frac{3,75}{25600\,p^3+6400\,p^2+408\,p+4,75}$$

$a_3 \qquad a_2 \qquad a_1 \qquad a_0$

Складаємо визначник Гурвиця:

$$\Delta_3=\begin{vmatrix} a_2 & a_0 & 0 \\ a_3 & a_1 & 0 \\ 0 & a_2 & a_0 \end{vmatrix}.=\begin{vmatrix} 6400 & 4,75 & 0 \\ 25600 & 408 & 0 \\ 0 & 6400 & 4,75 \end{vmatrix}$$

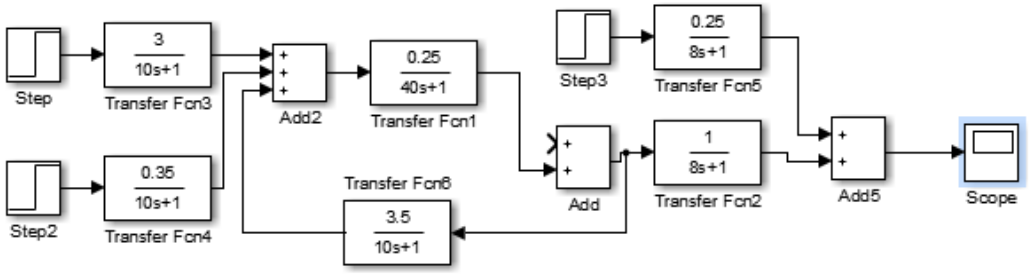
Звідси діагональні мінори:

$$\Delta_1 = 6400 > 0;$$

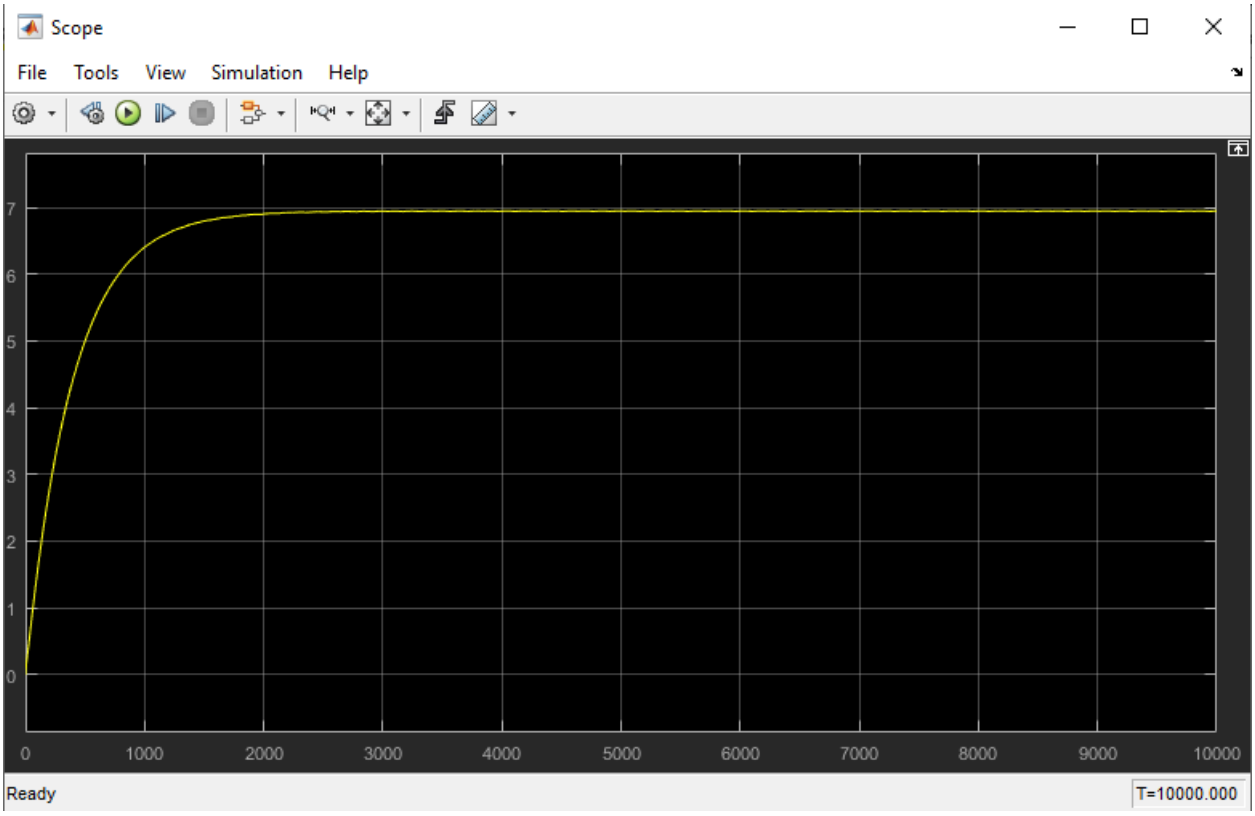
$$\Delta_2 = 6400 * 408 - 25600 * 4{,}75 = 2611200 - 121600 = 2489600 > 0$$

$$\Delta_3 = \Delta_2 * a_0 = 2489600 * 4{,}75 = 11825600 > 0;$$

Робимо висновок, що відповідно до критерія Гурвиця замкнена система є стійкою, так як визначник більше нуля.



Структурна схема САР у середовищі Matlab



Висновок: В даному розділі була складена структурна схема АСР лінії виробництва ковбасного фаршу. При дослідженні САР на стійкість було використано ресурси програмної оболонки Matlab для проміжних розрахунків, що значно скоротило час і збільшило точність дослідження системи автоматичного керування на стійкість.

Висновки

В даній кваліфікаційній роботі було розглянута система автоматизації виробництва ковбасного фаршу. Мною була розроблена АСУ на базі контролера M340.

Для даного об’єкта, тут були застосовані пристрої для виміру рівня (рівнеміри), пристрої для вимірювання тиску (перетворювачі тиску), вимірювання ваги (вагоміри). Всі пристрої сумісні з роботою в парі з контролером, що дало змогу реалізувати роботу всього об’єкта. Я розробив алгоритм роботи об’єкта, реалізував програму, підібрав пристрої для підключення до контролера, навів схеми підключень, складена специфікація на замовлення пристроїв, відповідно була розроблена та реалізована SCADA/HMI для оператора.

В подальшому доцільно замінювати апаратуру на більш нову і сучасну заради підвищення ККД установки, зменшення втрат енергоносія , а це також йде до збільшення прибутку підприємству.

Список використаної літератури

1. Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.

2. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2006. – 844 с.

3. Нестеров А.Л. Проектирование АСУТП. Книга 2 / А.Л. Нестеров // СПб.: Издательство ДЕАН. – 2009. – 944 с.

4. Ельперін І.В. Промислові контролери: Навчальний посібник / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2003. – 320 с.

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

6. Ивашов В.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. – Спб.: «Гиорд», ч.2-2007.

7. Технологическая инструкция по производству колбасных изделий – Мн.,1997

8. Машины и аппараты пищевых производств. В 2 кн. Кн. 1:Учеб. Для вузов/С.Т.Антипов и др.; под ред. В.А. Панфилова. – М.: Высш. Шк., 2001. – 703с

9. Пелеев А.И. Технологическое оборудование предприятий мясной промышленности. - М.: Пищепромиздат, 1963.

10. Технологическое оборудование мясокомбинатов. Под ред. к.т.н. Бредихина С.А. - М.: Колос, Ч1, 1997.

11. Охрана труда на предприятиях мясной и молочной промышленности. Под ред. к.т.н. А.М. Медведева Ї М.: Колос, 1992.

12. Монтаж датчика ДРУ-2 URL: https://www.td-urovnemer.ru/files/395/dru1pm_re.pdf

13. ПЛК Modicon M340. URL : https://www.se.com/ua/uk/product-range-presentation/1468-modicon-m340/

14. Програмне забезпечення Unity Pro. URL: https://www.se.com/ru/ru/product-range/548-ecostruxure%E2%84%A2-control-expert/

15. Zenon Scada. URL: https://www.copa-data.com.ua/

16. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» - НУХТ, 2020 , Укладачі: І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка.