

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроніки і комп'ютерної техніки

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри ЕКТ

_____ **Анатолій ОПАНАСЮК**
(підпис) (Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

_____ 2023 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня «магістр»
зі спеціальності 171 «Електроніка»
освітньо-професійної програми «Електронні системи та компоненти»
на тему:
SCADA – СИСТЕМА КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ
РОЗЛИВУ ЙОГУРТА

Здобувача групи ЕС.м – 21 Долгушина Дмитра Владиславовича

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело.

(підпис)

(Ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Керівник від університету,
доцент, доцент, к.т.н., Ігор КУЛИК

(підпис)

Керівник від підприємства, Директор
ТОВ «ЕСП «Преобразователь», Володимир АРБУЗОВ

(підпис)

Консультант з техніко-економічної частини,
доцент, к.е.н., доцент Олександр МАЦЕНКО

(підпис)

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет _____ електроніки та інформаційних технологій

Кафедра _____ електроніки та комп'ютерної техніки

Напрямок підготовки _____ 171 Електроніка

Освітня програма _____ Електронні системи та компоненти

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. Кафедрою Опанасюк А.С.

" ____ " _____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра

Долгушина Дмитра Владиславовича

1 Тема роботи SCADA- система керування технологічним процесом розливу йогурта.

затверджена наказом по університету "06" листопада 2023р. №1233-VI

2 Термін здачі студентом закінченої роботи 14.12.2023

3 Вхідні дані до роботи: розробити SCADA-систему керування технологічним процесом розливу йогурта з використанням ПЛК на базі Arduino Mega 2560

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): 1. Огляд літератури та постановка задачі. 2. Науково-дослідна частина. 3. Розроблення електронної системи з використанням отриманих результатів дослідження. 4. Техніко-економічна частина.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): 1. Схема алгоритму. 2. Схема електрична структурна. 3. Схема електрична функціональна. 4. Схема електрична принципова.

6 Консультанти з кваліфікаційної роботи

Розділи	Консультанти	Завдання видав	Завдання прийняв
Техніко-економічна частина	Маценко О.М.		

7 Дата видачі завдання 06.11.2023

8 Керівник від університету _____

Кулик І.А.

9 Керівник від підприємства _____

Арбузов В.В.

10 Завдання прийняв до виконання Долгушин Д.В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання	Примітки
1	Огляд літератури	10.11.23	
2	Науково-дослідна частина	24.11.23	
3	Розроблення алгоритму роботи пристрою	25.11.23	
4	Розроблення структурної схеми пристрою	26.11.23	
5	Розроблення функціональної схеми пристрою	01.12.23	
6	Розроблення принципової схеми пристрою	04.12.23	
7	Техніко-економічна частина	11.12.23	
8	Оформлення пояснювальної записки	12.12.23	
9	Розроблення та оформлення графічної частини	13.12.23	
10	Представлення роботи керівнику і отримання відгуку	14.12.23	
11	Представлення роботи кафедри для отримання рецензії	18.12.23	

Керівник кваліфікаційної роботи від університету: Кулик І.А.

Керівник кваліфікаційної роботи від підприємства: Арбузов В.В.

Студент: Долгушин Д.В.

" _____ " _____ 2023 р.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка містить: 89 аркушів, 74 рисунків, 7 таблиць, 25 джерел літератури.

Графічна частина включає: схему алгоритму роботи пристрою, структурну, функціональну та принципову електричні схеми.

Пояснювальна записка містить чотири розділи :Огляд літератури та постановка завдання на проектування SCADA-системи, науково дослідницька частина, обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми SCADA-системи, економічно частина.

Перший розділ містить короткий аналіз сучасних SCADA-систем.

У другому розділі аналіз основних типів автоматичних регуляторів, показники якості регулювання в автоматизованій системі, опис технологічного процесу розливом йогурта в частині контуру регулювання температурою, розробка та опис математичної моделі контуру регулювання температурою.

У третьому розділі наводиться розроблення алгоритму роботи та структурної схеми, розроблення схеми електричної функціонального пристрою, що розробляється, розробленню схеми електричної принципової, розробленню програмного забезпечення проектованої системи.

У четвертому розділі наводиться розрахунок повної собівартості та ціни розроблюваного пристрою.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ОЛГЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ SCADA-СИСТЕМИ	7
1.1 Принципи автоматизації технологічних процесів.....	7
1.2 Аналіз сучасних SCADA-систем.....	8
1.3 Аналіз сучасного стану технічного, інформаційного та програмного забезпечення SCADA-систем та середовищ їх розробки.....	9
1.4 Математичне забезпечення SCADA-систем при побудові контурів регулювання параметрами із зворотнім зв'язком.....	11
1.5 Постанова завдання на проектування SCADA-системи керування технологічним процесом розливу йогурта.....	12
2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА.....	22
2.1 Астатична система регулювання	22
2.2 Аналіз основних типів автоматичних регуляторів	22
2.3 Показники якості регулювання в автоматизованій системі.....	24
2.4 Опис технологічного процесу розливом йогурта в частині контуру регулювання температурою.....	25
2.5 Загальні принципи налаштування ПІД-регулятора.....	29
2.6 Розробка та опис математичної моделі контуру регулювання температурою.....	30
3 ОБГРУНТУВАННЯ АЛГОРИТМУ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМИ SCADA-СИСТЕМИ	38
3.1 Обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми SCADA системи.....	38
3.1.1 Розроблення структурної схеми SCADA системи.....	38

					<i>ЕЛІТ 8.171.00.612 ПЗ</i>			
Изм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	SCADA-система керування технологічним процесом розливу йогурта	Лит.	Лист	Листів
Розроб.		Долгушин Д.В.						
Перевірив		Арбузов В.В.					3	89
Н. Контр.		Гапич В.М.				<i>СумДУ гр. ЕС.м-21</i>		
Затв.		Опанасюк А.С.						

3.2	Розробка та опис алгоритму функціонування та БСА.....	43
3.3	Розробка функціональної схеми.....	45
3.4	Розробка принципової схеми.....	50
3.4.1	Вибір платформи для розробки ПЛК.....	50
3.4.2	Розробка Інтерфейсів в ПЛК на ArduinoMEGA.....	55
3.4.3	Організація входів ПЛК на ArduinoMEGA.....	60
3.4.4	Організація виходів ПЛК на ArduinoMEGA.....	63
3.5	Розроблення програмного забезпечення за допомогою інструментального середовища SCADA-системи.....	68
3.5.1	Програмне забезпечення ПЛК на базі Arduino Mega	68
3.5.2	Розробка програмного забезпечення панелі оператора.....	72
3.5.3	Розробка програмного забезпечення SCADA TRACE MODE 6.....	75
4	ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	79
4.1	Розрахунок повної собівартості ПЛК на базі Arduino Mega 2560 для scada-системи керування технологічним процесом розливу йогурта.....	79
4.2	Розрахунок ціни ПЛК на базі Arduino Mega 2560.....	83
	ВИСНОВКИ.....	86
	СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	87

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ВСТУП

Завершується епоха традиційного виробництва в харчовій промисловості, і настав час стрімко впроваджувати інноваційні технології для оптимізації процесів та підвищення якості продукції. Мій дипломний проект фокусується на важливості автоматизації технологічного процесу розливу йогурту з використанням системи СКАДА.

Впровадження системи СКАДА (системи контролю та автоматизації даних) ставить перед собою завдання підняття ефективності виробництва та зниження втрат ресурсів. Замість ручного контролю, система СКАДА надає можливість моніторингу в реальному часі, аналізу та автоматизації ключових параметрів виробництва, що призводить до оптимального використання ресурсів та максимальної точності в управлінні процесом.

Проект передбачає не лише розробку програмного забезпечення для інтеграції з системою СКАДА, але і глибокий аналіз процесу розливу йогурту для визначення оптимальних умов функціонування. Це включає в себе встановлення точних параметрів технологічного процесу розливу, моніторинг а також виявлення можливих несправностей.

Важливо відзначити, що впровадження автоматизованої системи СКАДА в контексті виробництва йогурту сприятиме не тільки підвищенню продуктивності та зниженню витрат, але й покращить якість продукції. Це особливо актуально в умовах сучасного ринку, де споживачі все більше звертають увагу на якість та безпеку харчових продуктів.

В результаті впровадження даної системи очікується значне підвищення конкурентоспроможності підприємства, а також створення основи для подальшого розвитку автоматизації виробництва в галузі харчової промисловості.

Лінія розливу йогурту, що складається з модулів ополіскування, дозування та закупорювання, представляє собою систему лінійного типу періодичної дії, яка обробляє пляшки за допомогою пластинчастого конвеєру. На кожному етапі важливо забезпечити не тільки точність виконання технологічних операцій, але й плавний та синхронний перехід між ними.

Метою даного проекту є розробка та впровадження SCADA-системи для автоматизації ділянки підготовки тари. Задачі системи включають

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

ЕЛІТ 8.171.00.10.612 ПЗ

Арк.

5

автоматичний режим роботи, адаптацію до швидкості інших вузлів лінії, відслідковування та виявлення помилок, можливість налаштування процесу обслуговуючим персоналом та режим наладки для ручного керування і виконання налагоджувальних робіт.

Впровадження SCADA-системи на ділянці підготовки тари покликане забезпечити ефективне та автоматизоване виробниче середовище, сприяючи підвищенню продуктивності, зниженню витрат і забезпеченню стабільної якості продукції. Цей проект відкриває нові можливості для модернізації та удосконалення процесів в харчовій промисловості, покликаний стати важливим кроком в напрямку інтелектуалізації виробництва.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕЛІТ 8.171.00.10.612 ПЗ

Арк.

6

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ НА ПРОЕКТУВАННЯ SCADA-СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ РОЗЛИВУ ЙОГУРТА

1.1 Принципи автоматизації технологічних процесів

Застосування програмованих логічних контролерів (ПЛК) у поєднанні з системою SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) в автоматизації технологічних процесів стає ключовим елементом в сучасних промислових системах. В такій інтегрованій системі використовуються переваги обох технологій для досягнення високої ефективності та контролю виробничих процесів. Ось кілька аспектів застосування ПЛК та SCADA в автоматизації:

Збільшення Ефективності Процесів:

ПЛК відповідають за неперервний моніторинг та управління обладнанням, забезпечуючи оптимальні параметри роботи в режимі реального часу. SCADA надає високорівневий огляд і можливість швидко реагувати на зміни та оптимізувати робочі процеси.

Віддалений Моніторинг та Керування:

SCADA дозволяє операторам в реальному часі відстежувати та керувати системами віддалено. Це особливо важливо для компаній з розподіленими об'єктами виробництва.

Інтеграція з Різними Промисловими Протоколами:

ПЛК можуть взаємодіяти з різними пристроями та обладнанням завдяки підтримці різних промислових протоколів. SCADA в свою чергу забезпечує єдиний інтерфейс для візуалізації та керування цим обладнанням.

Архівування та Аналіз Даних:

SCADA забезпечує зберігання та аналіз даних великого обсягу, що дозволяє вдосконалювати технологічні процеси на основі історичних даних.

Підвищення Надійності та Безпеки:

ПЛК та SCADA взаємодіють для забезпечення надійності та безпеки виробничих систем. ПЛК виконують рішення на рівні контролера, тоді як SCADA надає високорівневий нагляд та керування.

Зниження Витрат та Підвищення Прибутковості:

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Інтегрована система дозволяє оптимізувати виробничі процеси, що призводить до зменшення витрат, підвищення ефективності та, в кінцевому підсумку, до підвищення прибутковості виробництва.

Легке налаштування та розширення:

ПЛК та SCADA системи розроблені так, щоб забезпечувати легку настройку та розширення системи в разі необхідності. Це дозволяє виробникам швидко адаптуватися до нових вимог та змін виробничих потреб.

Управління енергоефективністю:

ПЛК можуть використовуватися для управління та оптимізації споживання енергії виробничими системами, забезпечуючи економію ресурсів та дотримання екологічних стандартів.

Забезпечення відкритості та сумісності:

Використання стандартних протоколів та інтерфейсів у ПЛК та SCADA дозволяє забезпечити відкритість та сумісність з різними обладнаннями та системами, що важливо для інтеграції з існуючою інфраструктурою.

Підвищення реагування на ринкові зміни:

Інтегрована система дозволяє виробникам швидко реагувати на зміни в ринкових умовах та швидко впроваджувати нові технології або виробничі процеси.

Технічна підтримка та діагностика:

SCADA система надає операторам та інженерам зручний інтерфейс для діагностики та вирішення проблем, що може сприяти швидкому вирішенню неполадок та мінімізації зупинок виробництва.

Загалом, використання ПЛК у поєднанні з SCADA дозволяє підняти рівень автоматизації технологічних процесів на новий рівень, забезпечуючи більший контроль, ефективність та гнучкість у виробництві. Це стає ключовим фактором для підтримки конкурентоспроможності підприємства в умовах сучасного промислового середовища.

1.2 Аналіз сучасних SCADA-систем

Ринок SCADA-систем розвивається, вдосконалюючи свої функції, забезпечуючи більшу ефективність і безпеку для промислових та інших

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

критичних систем. Ось деякі ключові тенденції і аспекти сучасних SCADA-систем:

Інтеграція з іншими системами: Сучасні SCADA-системи стрімко інтегруються з іншими технологіями, такими як хмарні рішення, Інтернет речей (IoT), штучний інтелект (AI) та аналітика даних. Це дозволяє отримати більше інформації та забезпечити ефективніше управління процесами.

Забезпечення кібербезпеки: Оскільки кіберзагрози стають більш складними, сучасні SCADA-системи активно вдосконалюють свої засоби кіберзахисту. Це включає в себе шифрування даних, автентифікацію, контроль доступу та моніторинг безпеки.

Мобільні додатки і віддалений доступ: Багато SCADA-систем пропонують мобільні додатки та можливості віддаленого доступу. Це дозволяє операторам та інженерам отримувати доступ до системи та моніторити процеси з будь-якого місця.

Використання штучного інтелекту та аналітики: Штучний інтелект використовується для прогнозування відмов, оптимізації роботи систем та виявлення аномалій у функціонуванні. Аналітика даних допомагає отримувати цінну інформацію з великих обсягів даних.

Збільшена масштабованість та витривалість: Сучасні SCADA-системи розробляються з урахуванням потреб великих виробництв та комплексних інфраструктур, забезпечуючи масштабованість та витривалість в роботі.

Використання відкритих стандартів та протоколів: Використання відкритих стандартів дозволяє покращити сумісність та інтеграцію між різними системами, що робить їх більш гнучкими та доступними.

Енергоефективність: Сучасні SCADA-системи активно розвиваються в напрямку оптимізації споживання енергії та підвищення загальної енергоефективності виробничих процесів.

1.3 Аналіз сучасного стану технічного, інформаційного та програмного забезпечення SCADA-систем та середовищ їх розробки

В сучасному виробничому середовищі необхідність застосування SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) та автоматизації технологічних процесів стає невід'ємною складовою ефективного управління

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

та підтримки високого рівня якості виробництва. Ось декілька ключових причин, які обґрунтовують важливість цих технологій:

Рівень контролю та нагляду: SCADA системи надають можливість в режимі реального часу відслідковувати, контролювати та аналізувати параметри виробництва. Оператори можуть спостерігати за роботою обладнання та реагувати на будь-які зміни або неполадки миттєво.

Оптимізація ресурсів: Автоматизація технологічних процесів дозволяє ефективно використовувати ресурси, знижуючи витрати та мінімізуючи втрати. SCADA допомагає у налагодженні оптимальних параметрів роботи системи, що призводить до збільшення продуктивності та зниження витрат сировини.

Забезпечення якості продукції: Автоматизація дозволяє точно керувати та контролювати кожним етапом виробничого процесу, що сприяє стабільності якості продукції. SCADA системи забезпечують моніторинг параметрів, які впливають на якість продукції, та автоматично коригують їх.

Швидке реагування на зміни: Завдяки SCADA можна швидко адаптуватися до змінних умов виробництва та ринкових вимог. Оператори можуть миттєво вносити зміни в програми та налаштування для оптимальної реакції на зміни у виробничому середовищі.

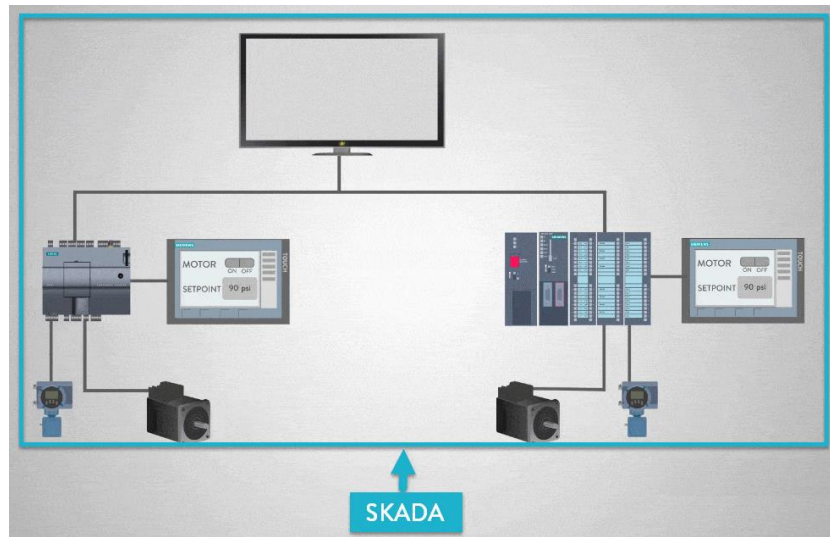


Рисунок 1.1 – Приклад структури SCADA- системи

Безпека та надійність: Автоматизація та SCADA системи дозволяють підвищити рівень безпеки виробничого процесу шляхом автоматизованого

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

контролю та управління системою. Вони також допомагають в уникненні людських помилок та забезпечують надійну роботу обладнання.

Узагальнюючи, застосування SCADA та автоматизації технологічних процесів сприяє підвищенню продуктивності, зниженню витрат та забезпеченню стабільності та якості виробництва в умовах сучасної промисловості.

1.4 Математичне забезпечення SCADA-систем при побудові контурів регулювання параметрами із зворотнім зв'язком

Математичне забезпечення для SCADA-систем може включати в себе такі аспекти:

Математичні моделі процесів: Побудова математичних моделей для опису процесів, які відбуваються в системі. Це може включати рівняння, що описують фізичні закони та взаємодії між різними елементами системи.

Алгоритми регулювання: Розробка алгоритмів для автоматичного регулювання параметрів системи. Ці алгоритми використовують інформацію з отриманих даних зі зворотнім зв'язком для коригування параметрів та забезпечення стабільності та оптимальності системи.

Фільтрація та обробка даних: Збирання, фільтрація та обробка даних з сенсорів і пристроїв у реальному часі. Це може включати в себе використання методів обробки сигналів, статистичних методів та інших технік для забезпечення якості даних.

Системи зворотнього зв'язку: Використання інформації зі зворотнім зв'язком для коригування параметрів системи. Це може бути здійснене через різноманітні методи, включаючи пропорційно-інтегрально-диференціальні (PID) контролери та інші методи адаптивного регулювання.

Безпека і захист: Розробка математичних методів для забезпечення безпеки та захисту SCADA-систем від потенційних загроз і атак.

Оптимізація процесів: Використання математичних методів для оптимізації роботи системи, наприклад, для мінімізації споживання ресурсів чи максимізації виробничої ефективності.

Ці аспекти можуть бути взаємопов'язаними і вимагати комплексного підходу при розробці SCADA-системи. Важливо також враховувати специфіку конкретної системи та процесу, який вона контролює.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

1.5 Постановка завдання на проєктування SCADA-системи керування технологічним процесом розливу йогурта

Завдання розробка SCADA-системи для автоматизованого контролю та управління ділянкою підготовки пляшок у виробничому процесі включає розробку графічного інтерфейсу з використанням інструментальної системи SCADA TRACE MODE 6, яка повинна забезпечувати моніторинг, збір та відображення інформації з обладнання, а також можливість віддаленого керування та налагодження різноманітних параметрів виробничого процесу на ділянці підготовки пляшок. Система повинна бути надійною, забезпечувати зберігання історії подій, а також враховувати сучасні вимоги до безпеки та ефективності виробничого процесу.

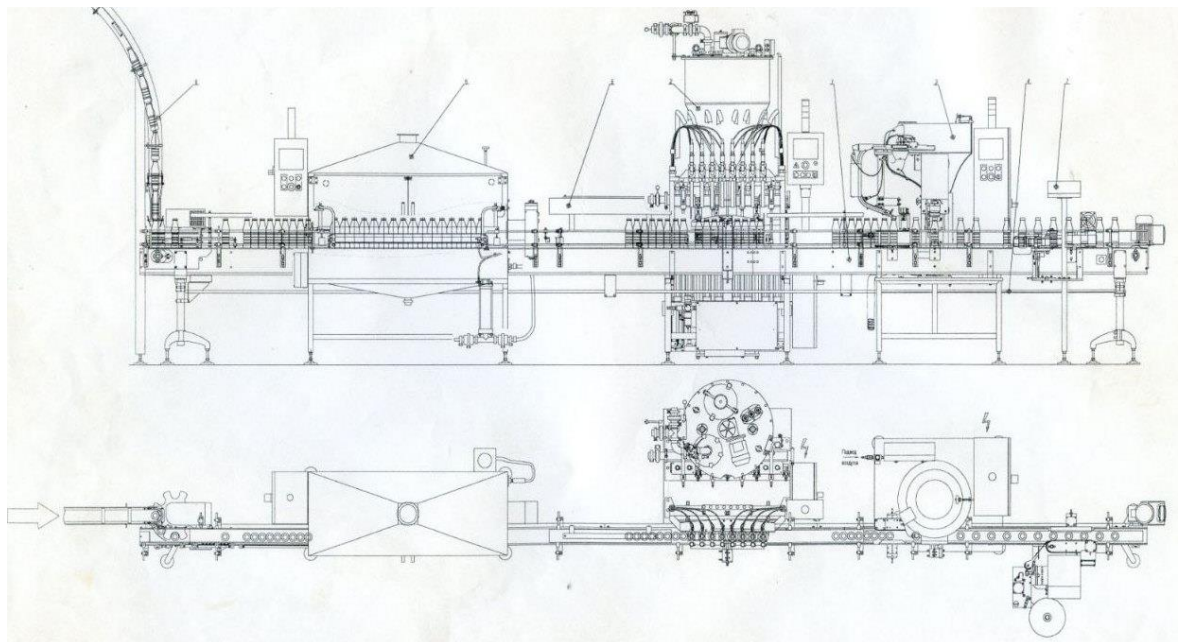


Рисунок 1.2 - Лінія розливу йогурта

1- конвейєр, 2-дозатор, 3-установка укупорки, 4-кабельний канал 5-світильник, 6-установка ополаскування, 7-установка етикерування;
8-орієнтатор

Лінія складається з модулів: ополіскування, дозування та закупорювання. Модулі лінійного типу періодичної дії. Транспортним органом лінії є пластинчастий конвеєр, що служить для переміщення пляшок від одного модуля іншому. На лінії виконуються такі технологічні операції:

- опромінення пляшок бактерицидною лампою;

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата

ЕЛІТ 8.171.00.10. 612 ПЗ

Арк.

12

- ополіскування пляшок підготовленою водою;
- заповнення пляшок продуктом;
- опромінення внутрішньої сторони кришок світильником бактерицидним;
- накладання кришок на шийку пляшок;
- закупорювання пляшок кришками.

В данному проекті будемо реалізовувати SCADA-Систему ділянки підготовки пляшок.

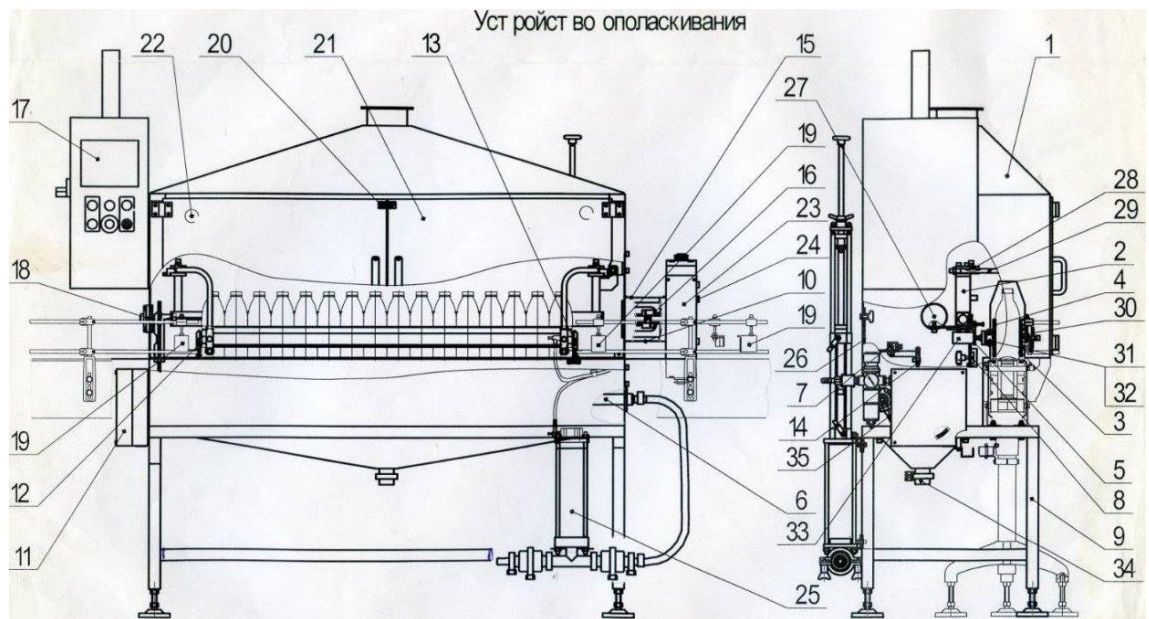


Рисунок 1.3 – Ділянка підготовки пляшок

14- камера, 2-рама поворот ная, 3- плита опорная, 4-плита прижимная, 5- кронштейн 6-коллектор, 7-шганга 8-направляюча, 9-стопор 10-корпус, 11- пневмообладнання; 12,13- відсікача, 14-форсунка; 15- кожух; 16-муфта: 17- електрообладнання, 18-опора підшипникова, 19-датчик оптичний, 20 –магнітний замок, 21 двері, 22-датчик положення, 23-пневмоцилиндр поворотный; 24- датчик індуктивний; 25-вузол вприскування, 26-угольник 27-груз, 28- корпус; 29-дуга: 30-корпус; 31-вухо; 32-ось; 33-пневмоцилиндр: 34- патрубок с хомутом, 35- шланг

Автоматизація ділянки підготовки тари повинна покривати такі задачі:

1. Робота ділянки в автоматичному режимі в заданій послідовності дій виконавчих механізмів.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата

2. Підлаштовуватись автоматично під швидкість роботи вузлів які йдуть далі по конвеєру.

3. Відслідковувати роботу всіх виконавчих механізмів та відображати помилки в роботі якщо такі виникають.

4. Система керування даною ділянкою повинна надати змогу обслуговуючому персоналу виставляти важливі налаштування процесу.

5. Також система повинна мати режим наладки для ручного управління виконавчими механізмами та відображення сигналів з датчиків для виконання налагоджувальних та ремонтних робіт.

6. Передавати в SCADA-систему показники такі як продуктивність роботи та кількість обробленої тари а також відобразити на ПК реальний статус роботи вузла.

Ділянка підготовки розчину повинна працювати наступним чином:

Заповнення термоізованого резервуару миючим розчином, контроль наявності необхідних ресурсів: тиску пари, тиску води, тиску повітря. Та готовності до роботи обладнання (відсутність нештатних положень виконавчих механізмів), та наявності відповідних дозволів наприклад дозвіл який надходить з персонального комп'ютера для забезпечення контролю роботи установки.

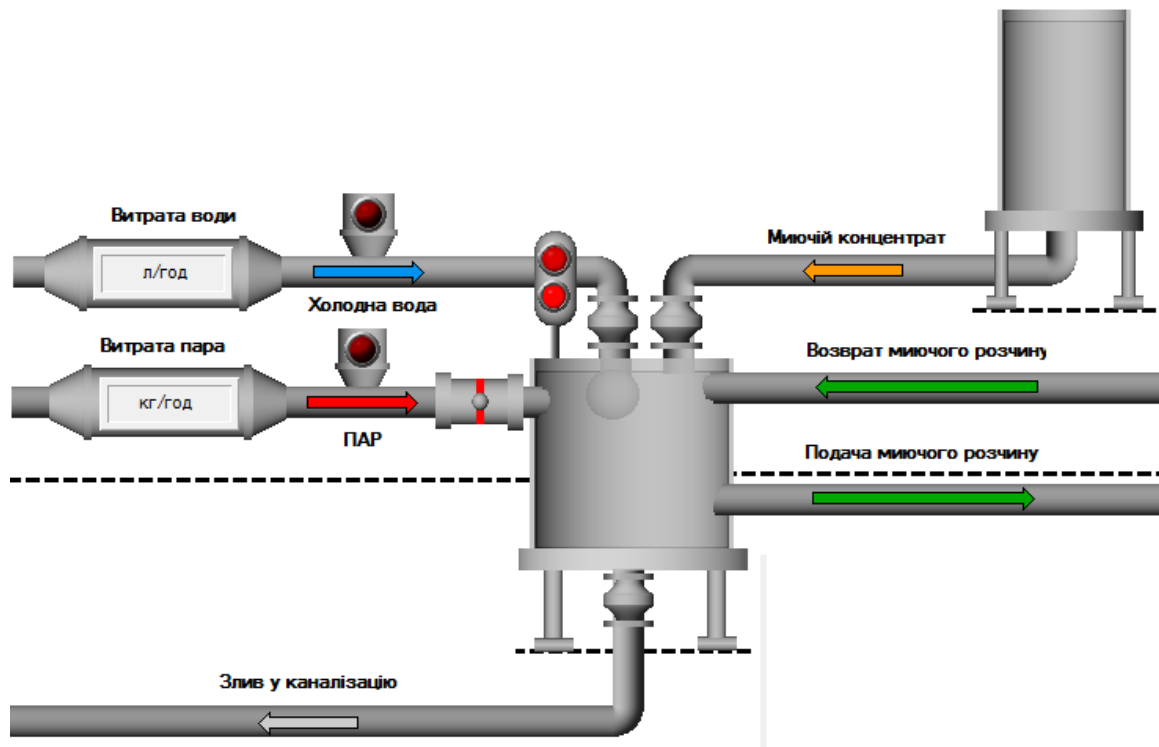


Рисунок 1.4 – Ділянка підготовки миючого розчину

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата

Заповнення термоізолюваного резервуару миючим розчином, контроль наявності необхідних ресурсів та готовності до роботи обладнання та наявності відповідних дозволів

1. Контроль наявності миючого засобу та готовності дозатора до роботи;

2. Контроль наявності холодної води та її тиску у водопроводі;

3. Контроль наявності насиченого пару та його тиску у паропроводі;

4. Заповнення резервуару холодною водою до необхідного рівня в резервуарі за допомогою відповідного клапану на водопроводі холодної води. Рівень в резервуарі контролюється за допомогою датчика рівня. Кількість води вимірюється відповідно до рівня в резервуарі. Кількість холодної води вимірюється відповідним лічильником холодної води, наприклад, з принципом підрахунку числа обертів крильчатки лічильника.

5. Додавання до резервуару під час наповнення холодною водою миючого засобу за допомогою дозатору.

6. Після заповнення резервуару до необхідного рівня розпочати процес підігріву миючого розчину у заповненому резервуарі. Для цього необхідно за певним законом відкрити клапан, що призначений для подачі у теплову рубашку та регулювання насиченого пара. Для відкриття клапану ВКРП Ду 25 використовується електропривод з аналоговим уніфікованим сигналом 4-20мА - ВЭП. Витрата пари вимірюється витратоміром Vortex VX 570 з подальшою передачею інформації на ПК для відображенні її на мнемосхемі. Нагрів завершується після досягнення рівня температури миючого засобу 80 градусів.

Коли процес розливу завершено відбувається процес зливу відпрацьованого миючого розчину. Це процес відбувається в наступній послідовності.

1. ПЛК дає забороняючий сигнал на ПІД-регулятор ОВЕН ТРМ101. Цим самим зупиняється процес підігріву миючого розчину.

2. Відкривається клапан зливу розчину в каналізацію та зливається відпрацьований розчин зливається.

3. При спрацьовуванні датчика нижнього рівня відкривається клапан подачі води в резервуар і через розбризгуючу насадку в резервуар

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

подається вода для промивки ємності від залишків відпрацьованого розчину та бруду.

4. Через заданий інтервал часу закривається клапан подачі води.

При спрацьовуванні нижнього датчика рівня закривається зливний клапан і процес вважається завершеним.

Впровадження власного програмованого логічного контролера (ПЛК) на базі Arduino Mega, незважаючи на наявність готових рішень, може бути обґрунтованим з рядом причин, особливо в контексті нашої SCADA системи. Ось кілька аргументів, чому такий підхід може бути вигідним:

Гнучкість та адаптованість:

Власний ПЛК на Arduino Mega надасть нам повну гнучкість у розробці програмного забезпечення, що адаптується до конкретних вимог нашого виробництва та SCADA системи.

Зменшення витрат:

Власний ПЛК на Arduino може бути більш бюджетним рішенням порівняно з комерційними аналогами, особливо, якщо наш проект має обмежений бюджет.

Розширюваність та масштабованість:

Arduino Mega має велику кількість входів/виходів та можливості для розширення, що дозволяє масштабувати систему відповідно до зростаючих потреб.

Підтримка Open Source:

Arduino базується на відкритому вихідному коді, що дає можливість спільноті розробників внести свій внесок у вдосконалення програмного забезпечення. Це важливо для швидкого реагування на зміни та виправлення можливих помилок.

Навчання та розвиток команди:

Використання Arduino може полегшити процес навчання нашої команди, оскільки ця платформа добре відома та має велику кількість ресурсів для розробників.

Надійність та відкритість протоколів:

Arduino Mega відомий своєю стабільністю, і ми можемо самостійно контролювати та налаштовувати відкриті протоколи, що сприяє надійності та безпеці.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Порівняння готових програмованих логічних контролерів (ПЛК) із ПЛК на базі Arduino може бути важливим для визначення найкращого підходу до конкретного завдання. Давайте розглянемо плк відомої фірми ОВЕН для порівняння:

Програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК110-60

Обчислювальні ресурси

У контролері спочатку закладено потужні обчислювальні ресурси за відсутності операційної системи:

- високопродуктивний процесор RISC архітектури ARM9, із частотою 180МГц компанії Atme;

- великий обсяг оперативної пам'яті – 8МБ;

- великий обсяг постійної пам'яті – Flash пам'ять, 4МБ;

- обсяг енергонезалежної пам'яті, для зберігання значень змінних – до 16КБ;

- час циклу за замовчуванням становить 1мс за 50 логічних операцій, за відсутності мережного обміну.

Електричні параметри

Два варіанти живлення для кожного контролера:

змінний струм: (90-265), (47 ... 63) Гц;

постійний струм: (18-29)В.

Невелика споживана потужність до 10Вт.

Таблиця 1.1 Входи/Виходи

тип входу/виходу:	ПЛК110-60
Дискретні входи	36
Дискретні виходи	24

Інтерфейси та протоколи

Данні контролери мають кілька незалежних інтерфейсів:

- Ethernet;
- до трьох послідовних портів;
- USB Device для програмування контролера.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата

Таблиця 1.2 - Підтримувані інтерфейси та протоколи

Протокол	Інтерфейс	Застосування
ОВЕН	RS-232/RS-485	Підтримка модулів введення/виведення ОВЕН MX110.Робота в мережах ОВЕН спільно з ТРМ2хх, ТРМ151, ТРМ148, ТРМ133 і т.д.
Modbus RTU Modbus ASCII	RS-232 RS-485	Підтримка модулів вводу/виводу та операторських панелей, зв'язок із SCADA-системами
Modbus TCP	Ethernet 10/100 Mbps	Підтримка модулів вводу/виводу зв'язок із SCADA-системами
DCON	RS-232 RS-485	Підтримка модулів введення/виведення I-7000, ADAM-4000, операторських панелей
GateWay (протокол CoDeSys)	RS-232 Ethernet 10/100 Mbps USB- Device	Програмування контролера, налагодження програми користувача (в т.ч. високошвидкісна налагодження в режимі Realtime по Ethernet). Робота з файлами на вбудованому Flash-диску. Зв'язок із контролерами інших виробників, зроблених на базі CoDeSys. Робота з OPC-сервером

Також в контролерах даної лінійки підтримана можливість роботи з будь-якого нестандартного протоколу по будь-якому з портів, що дозволяє підключати пристрої з нестандартним протоколом (електро-, газо-, водолічильники, зчитувачі штрих-кодів і т.д.).

Програмування

Програмування контролерів здійснюється у професійному, поширеному середовищі CoDeSys v.2.3.x, що максимально відповідає стандарту МЕК 61131:

- Підтримка стандартних мов програмування;

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата

- потужний засіб розробки та налагодження комплексних проектів автоматизації на базі контролерів;
- функції документування проектів;
- кількість логічних операцій обмежується лише кількістю вільної пам'яті контролера;
- практично необмежену кількість використовуваних у проекті лічильників, тригерів, генераторів.

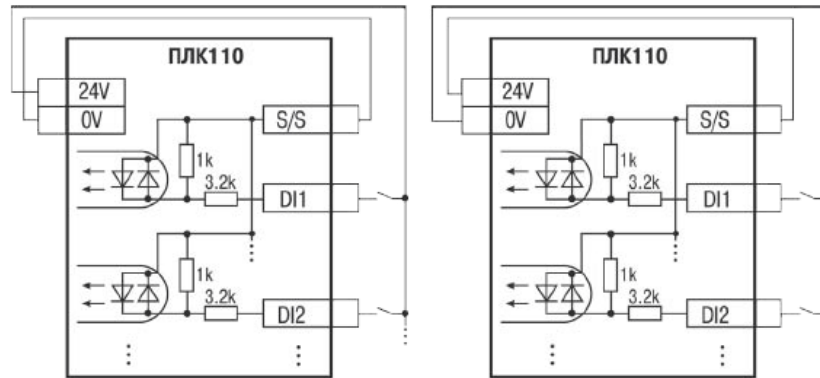


Рисунок 1.5 - Схема підключення контактних датчиків до входів ПЛК110

Обидві схеми рівнозначні, може використовуватись будь-яка. При застосуванні контактних датчиків спільно з датчиками, які мають на виході транзисторний ключ, схема підключення повинна визначатися типом транзисторних датчиків.

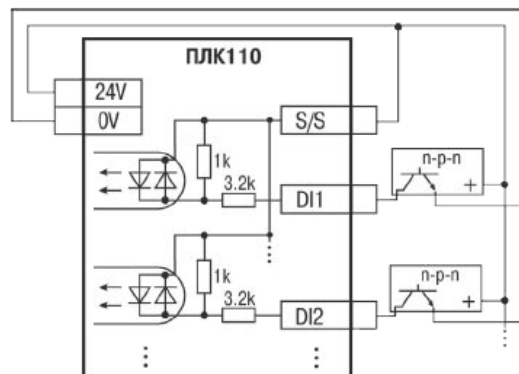


Рисунок 1.6 - Підключення до дискретних входів датчиків, що мають на виході n-p-n - транзисторний ключ

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата

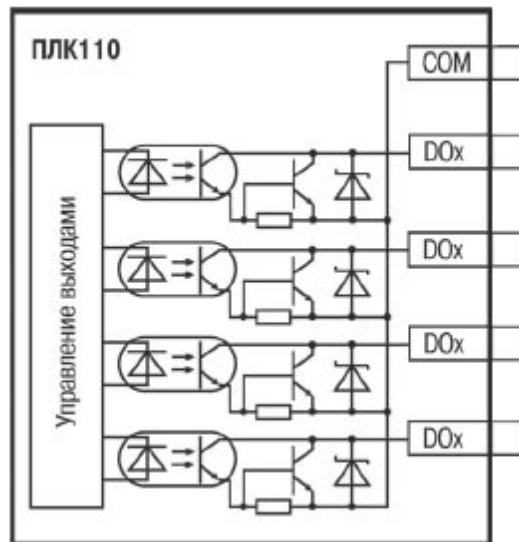


Рисунок 1.7 - Вихідні елементи контролера ПЛК110

Метою роботи є розробка SCADA системи керування технологічним процесом розливу йогурта, яка повинна забезпечити виконання наведених вище вимог.

Для досягнення мети роботи необхідно виконати наступне:

1. Визначити завдання та основні функції, які буде виконувати SCADA системи керування технологічним процесом розливу йогурта та визначити основні типи засобів автоматизації та програмного забезпечення, що забезпечать ефективну роботу системи.

2. Виконати дослідження методів та засобів автоматизації процесу регулювання температурою на підготовчому етапі при підготовці пляшок до розливу йогурту, вибір закону регулювання та типу регулятора для підтримки температури на заданному рівні.

3. Розробити схему електричну структурну SCADA системи та схеми алгоритму її роботи.

4. Розробити схему електричну функціональну та схему електричну принципову програмно-логічного контролера.

5. Розрахувати собівартість та ціну виготовлення програмно-логічного контролера.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2 НАУКОВО ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Астатична система регулювання

Астатична система регулювання (АСР) представляє собою автоматичну систему, яка регулює режими промислових установок та інших систем автоматичного управління. В цій системі помилка регулювання завжди намагається досягти нуля, незалежно від розміру впливу, якщо останній має постійне значення.

Та сама автоматична регулююча система може бути статичною щодо впливу, який викликає реакцію, і астатичною щодо контролюючого впливу. Наприклад, системи автоматичної стабілізації, де контролюючий вплив залишається постійним, за винятком випадків переналаштування регуляторів, зазвичай мають астатичні характеристики щодо впливу, який викликає реакцію, та динамічні щодо контролюючого впливу.

Астатичне регулювання виконується регулятором, який здатен утримувати однакове значення регульованої величини при будь-якому розмірі зовнішнього впливу. Для досягнення цього в схему регулятора включають інтегруючі ланки, а кількість таких послідовно включених ланок називається порядком астатизму регулятора.

У промислових системах регулювання часто використовують регулятори з астатизмом 1-го порядку. Регулятори з астатизмом вищого порядку використовуються в системах відстеження для коригування встановлених помилок за швидкістю, прискоренням і т.д.

2.2 Аналіз основних типів автоматичних регуляторів

Регулятор, заснований на підсилювальному ланцюгу, називається П-регулятором (пропорційний). Його позитивною характеристикою є висока швидкодія: при відхиленні регульованої величини від заданого значення регулятор видає регулюючий вплив, пропорційний величині відхилення X , що забезпечує швидку компенсацію збурення. Значущим недоліком П-регулятора є наявність статичної помилки в перехідному процесі АСР з П-регулятором. Статична помилка виникає тому, що у П-регулятора між регульованою величиною X та регулюючим впливом X_p існує залежність, що однозначно визначається коефіцієнтом K . Таким чином, генерувати

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

регулюючий вплив X_r для компенсації збурення X_v П-регулятор може лише шляхом зміни регульованої величини X , що і створює статичну помилку.

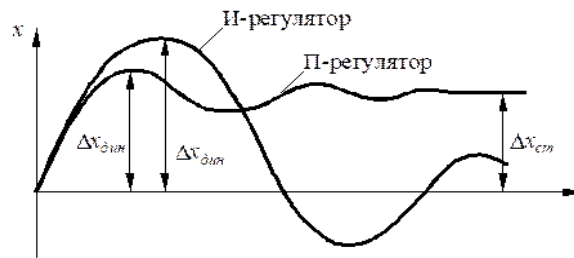


Рисунок 2.1 – Перехідні характеристики П та І регуляторів

Регулятор, заснований на інтегруючому ланцюзі, називається І-регулятором. Якщо $X_{вих}$ підсилювального ланцюга (П-регулятор) однозначно визначається величиною правої частини рівняння, що є причиною виникнення статичної похибки в АСР з П-регулятором, то права частина рівняння інтегруючого ланцюга (І-регулятор) визначає не величину, а швидкість зміни $x_{вих}$. Величина $x_{вих}$ буде змінюватися доти, доки права частина рівняння не стане рівною нулю, тобто доки регульована величина x при наявності збурення x_v не повернеться до заданого значення. Отже, в АСР з І-регулятором не виникає статична похибка.

Однак у І-регулятора є свій недолік порівняно з П-регулятором: в разі виникнення збурення регулюючий вплив П-регулятора змінюється швидше, ніж у І-регулятора з його кінцевою швидкістю, що уповільнює процес компенсації збурення і погіршує критерії якості регулювання (рис. 2.1).

Такий регулятор називається РІ-регулятором. Дійсно, швидкодія РІ-регулятора забезпечує підсилювальний ланцюг, а статичну похибку знімає інтегруючий ланцюг. Для управління виробничими процесами найчастіше використовують РІ-регулятори.

Якщо існуючі регулятори не відповідають вимогам якості регулювання, необхідно підвищити інтенсивність компенсації збурень. Це можна досягти збільшенням регулюючого впливу, що визначається коефіцієнтом посилення автоматичного регулятора K_p . Але важливо врахувати, що збільшення K_p може викликати появу незгасаючих коливань в системі. З цього приводу цікаво розглянути алгоритм, який використовує диференціююче звено. Будь-який регулятор має вхідну величину у вигляді кривої розгону регульованої величини, яка залежить від збурень та передавальної функції об'єкта

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

регулювання. Регулюючий вплив X_r визначається кривою розгону X та передавальною функцією регулятора.

Диференціююча ланка забезпечує більший регулюючий вплив на початку перехідного процесу. Це означає, що регулятор, що диференціює, активно компенсує обурення і виключає виникнення незагасаючих коливань.

Якщо включити диференціальну ланку паралельно ПІ-регулятору (рис. 2.2), то отримуємо ПІД-регулятор, що забезпечує інтенсивну компенсацію збурень. При цьому недолік диференціовальної ланки (при $X_{вх} = \text{const}$, $X_{вих} = 0$) компенсується підсилювальною та інтегруючою ланками.

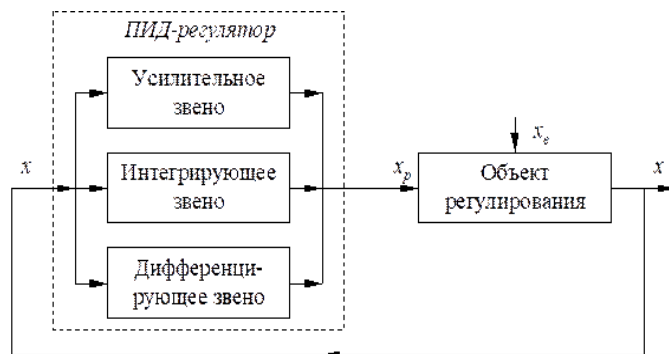


Рисунок 2.2 Структурна схема САР з ПІД регулятором

На (рис 2.3) наведені графіки перехідних процесів з різними регуляторами. ПІД-регулятор зменшує динамічну похибку порівняно з ПІ-регулятором на 25–30%. Також можна об'єднати диференціююче ланцюжок із підсилювальним і поліпшити показники ПІ-регулятора, отримавши ПІД-регулятор.

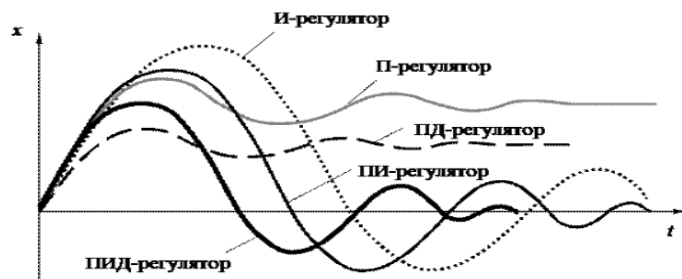


Рисунок 2.3 – Перехідні характеристики регуляторів

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таким чином, можна зробити висновок про ефективність застосування ПІД регуляторів, які перед іншими типами регуляторів мають наступні переваги:

- Висока точність: ПІД регулятори дозволяють досягти високої точності регулювання та керування системою. Вони можуть компенсувати помилки та відхилення від бажаного значення.

- Швидка реакція: ПІД регулятори можуть швидко реагувати на зміни вхідного сигналу та вживати відповідних заходів для підтримки стабільності системи.

- Простота налаштування: ПІД регулятори мають кілька параметрів, які можна налаштувати для досягнення оптимальної роботи системи. Існують різні методи налаштування ПІД регуляторів, які дозволяють досягти бажаних результатів.

2.3 Показники якості регулювання в автоматизованій системі

Якість процесу регулювання в автоматизованій системі оцінюється за допомогою різноманітних критеріїв (показників), які характеризують його ефективність. На рисунку 2.3 наведено кілька основних показників якості регулювання:



Рисунок 2.4 – Показники якості регулювання

1 - Перехідний процес без статичної похибки: Система швидко та точно доходить до заданого значення без затримок.

2 - Перехідний процес із статичною похибкою: У процесі регулювання може виникнути постійна похибка, що веде до відхилення від заданого значення.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Показники якості включають:

$\Delta X_{дин}$ - Максимальне відхилення (динамічна похибка): Найбільше відхилення від заданого значення під час регулювання.

$\Delta X_{ст}$ - Статична похибка: Відхилення від заданого значення, що може залишитися після завершення регулювання.

T_p - Тривалість перехідного процесу: Час від початку відхилення до повернення до заданого значення з певною точністю.

Ступінь згасання: Характеризує згасання перехідного процесу.

Ступінь коливальності процесу: Визначає коливальність системи.

Також важливим є **інтегральний квадратичний критерій**, що враховує площу під кривою перехідного процесу, що піднесена в квадрат, та є показником прискорення процесу регулювання.

Як було відзначено раніше, якість роботи системи автоматичного регулювання визначається значенням помилки. Границю, до якої прямує значення помилки з часом, називають усталеною помилкою.

У випадку, коли всі зовнішні впливи з часом наближаються до сталих значень, усталена помилка називається статичною.

Систему автоматичного регулювання називають статичною відносно до даного зовнішнього впливу, якщо складова статичної помилки, обумовлена цим впливом, не дорівнює нулю.

Систему автоматичного регулювання називають астатичною відносно будь-якого зовнішнього впливу, якщо складова статичної помилки, обумовлена цим впливом, дорівнює нулю.

2.4 Опис технологічного процесу розливом йогурта в частині контуру регулювання температурою

Для ефективної роботи виробничого процесу на ділянці підготовки пляшок в SCADA-системі, необхідно забезпечити точний та стабільний контроль температури миючого розчину. Враховуючи важливість цього параметра для якості та ефективності процесу очищення, система повинна включати функції моніторингу, реєстрації та автоматизованого регулювання температурного режиму. Додатково, система має забезпечити візуалізацію даних про температуру, а також надавати можливість віддаленого керування

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

та налагодження параметрів для забезпечення оптимальних умов функціонування на ділянці підготовки пляшок.

Обґрунтування вибору обладнання для SCADA-системи на ділянці підготовки пляшок є ключовим етапом в розробці автоматизованої системи контролю та управління. Для забезпечення ефективності та надійності процесу, було обрано конкретне обладнання наступних характеристик:

Сумісність та Інтеграція: Обране обладнання повинно бути сумісним і легко інтегровано в SCADA TRACE MODE 6, щоб забезпечити плавну взаємодію та високий рівень синхронізації.

Точність та Надійність: Вибране обладнання має забезпечувати точність вимірювань температури та бути відомим своєю надійністю в умовах виробничого середовища.

Віддалене Керування: Обладнання повинно підтримувати можливість віддаленого керування для забезпечення оперативного реагування на зміни температурного режиму з будь-якого місця.

Можливості Моніторингу: Враховуючи важливість моніторингу температур, обране обладнання повинно мати вбудовані засоби збору та відображення даних для ефективного контролю.

Спільнота та Підтримка: Вибране обладнання має підтримуватися виробником та мати активну спільноту користувачів для можливості отримання технічної допомоги та обміну досвідом.

Обране обладнання повинно відповідати конкретним вимогам ділянки підготовки пляшок та взаємодіяти з SCADA-системою для досягнення максимальної ефективності та автоматизації управлінських процесів.

Виходячи з цього було обране наступне обладнання:

2.4.1 ПД-регулятор TPM101 з універсальним входом та RS-485. До комплектності ПД -регулятора безкоштовно входить: OPC-сервер, драйвер для роботи зі SCADA-системою TRACE MODE.



Рисунок 2.5 - TPM101. ПД-регулятор

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата

ЕЛІТ 8.171.00.10. 612 ПЗ

Арк.

26

ПІД-регулятор ОВЕН ТРМ101 призначений для точного управління температурою, тиском та іншими фізичними параметрами в різних технологічних процесах.

Функціональна схема наведена на рисунку 2.5.

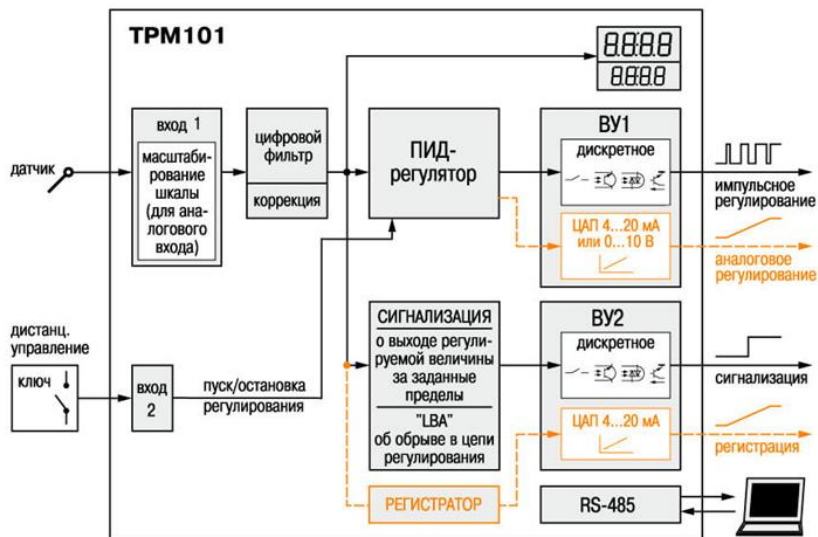


Рисунок 2.6 – Функціональна схема пристрою ОВЕН ТРМ101

ПІД-регулятор ОВЕН ТРМ101 має універсальний вхід для підключення різноманітних датчиків, можливість підрегулювання вимірюваних параметрів за допомогою "нагрівача" або "холодильника", автоналаштування за сучасним алгоритмом, дистанційний контроль і управління, сигналізацію аварій за виходження параметрів за встановлені межі та обрив у колі регулювання.

2.4.2 Для температурних вимірювань обрано термоопір ДТС0255-50М.В3.200, що дозволяє вимірювати температуру до 180 °С.



Рисунок 2.7 - Термоопір ДТС0255-50М.В3.200

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.4.3 В якості регулюючого органу обрано паровий регулюючий клапан ВКРП Ду 25 з фланцевим з'єднанням та аналоговим електроприводом ВЭП застосовується для регулювання параметрів пари, води та повітря. У режимі відстеження вихідний орган електричного приводу (ЕІМ) переміщується пропорційно вхідному сигналу.

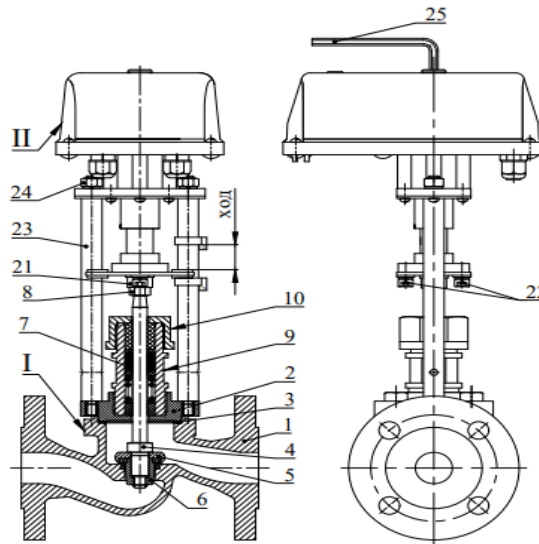


Рисунок 2.8 - Регулюючий клапан ВКРП Ду 25 з аналоговим електроприводом ВЭП

2.4.4 Електричний виконавчий механізм (ВЭП): Використовується електричний виконавчий механізм ВЭП.

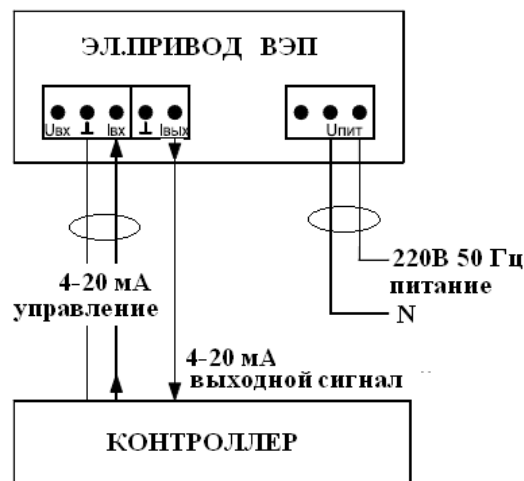


Рисунок 2.9 – Схема підключення електропривода ВЭП

2.4.5 Резервуар для миючого розчину. Резервуар із обігрівальною рубашкою виготовлений із нержавіючої сталі AISI 304, і призначений для

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

утримання заданої температури. Цей тип резервуара ідеально підходить для процесів, де важливо утримувати сталу температуру робочого середовища або продукту. Об'єм – 100л.



Рисунок 2.10 – Резервуар для миючого розчину

2.5 Загальні принципи налаштування ПД-регулятора

На виході регулятора формується керуючий (вихідний) сигнал Y_i , дія якого спрямована на зменшення відхилення E_i :

$$Y_i = \frac{1}{X_p} \left(E_i + \frac{1}{\tau_i} \sum_{i=0}^n E_i \Delta t_{вим} + \tau_d \frac{\Delta E_i}{\Delta t_{вим}} \right)$$

Де X_p - Полоса пропорційності (P) є налаштовуваним параметром

E_i - Різниця між заданими значеннями $T_{уст}$ і поточними значеннями T_i вимірюваної величини, або розбіжність.

τ_d - постійна часу диференціювання (налаштований параметр d — диференціальна постійна ПД-регулятора).

ΔE_i - різниця між двома сусідніми вимірюваннями E_i та E_{i-1}

$\Delta t_{вим}$ - час між двома сусідніми вимірюваннями T_i та T_{i-1}

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата

τ_i - постійна часу інтегрування (налаштований параметр i — 'інтегральна постійна ПД-регулятора')

$\sum_{i=0}^n E_i \Delta t_{вим}$ - накопичена сума розбіжностей

З формули видно, що під час ПД-регулювання сигнал управління залежить від:

- різниці між поточним параметром T_i та заданим значенням $T_{уст}$ вимірюваної величини E_i , яка реагує на миттєву помилку регулювання (відношення $\frac{E_i}{X_p}$);

- швидкості зміни параметра $\frac{\Delta E_i}{\Delta t_{вим}}$, яка дозволяє поліпшити якість перехідного процесу, вираз $\tau_D \frac{1}{X_p} \frac{\Delta E_i}{\Delta t_{вим}}$ називається диференційною складовою вихідного сигналу;

- накопиченої помилки регулювання $\sum_{i=0}^n E_i \Delta t_{вим}$, яка дозволяє досягти максимально швидкого досягнення заданої температури, вираз $\frac{1}{X_p} \frac{1}{\tau_i} \sum_{i=0}^n E_i \Delta t_{вим}$ називається інтегральною складовою вихідного сигналу.

Для ефективної роботи ПД-регулятора слід встановити правильні для конкретного об'єкта регулювання значення коефіцієнтів X_p , τ_D і τ_i .

2.6 Розробка та опис математичної моделі контуру регулювання температурою.

В даному проекті як об'єкт керування розглянуто резервуар миючого розчину, який підігрівається паром до температури 80 градусів і підтримується на цьому рівні у продовж всього процесу мийки. Допустимі відхилення (Δ) 2 градуси. Для розрахунку параметрів регулятора та аналізу системи керування на стійкість нам потрібно отримати математичну модель об'єкта керування. Для цього ми можемо використати графічний метод ідентифікації об'єкта керування. Він полягає в тому, щоб отримати часову характеристику об'єкта керування з якої ми можемо визначити динамічні характеристики.

Для того, щоб побудувати часову характеристику, системі подається стрибкоподібний сигнал, і записуються відповіді системи протягом певного часу. На основі цих відповідей можна аналізувати вказані характеристики.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

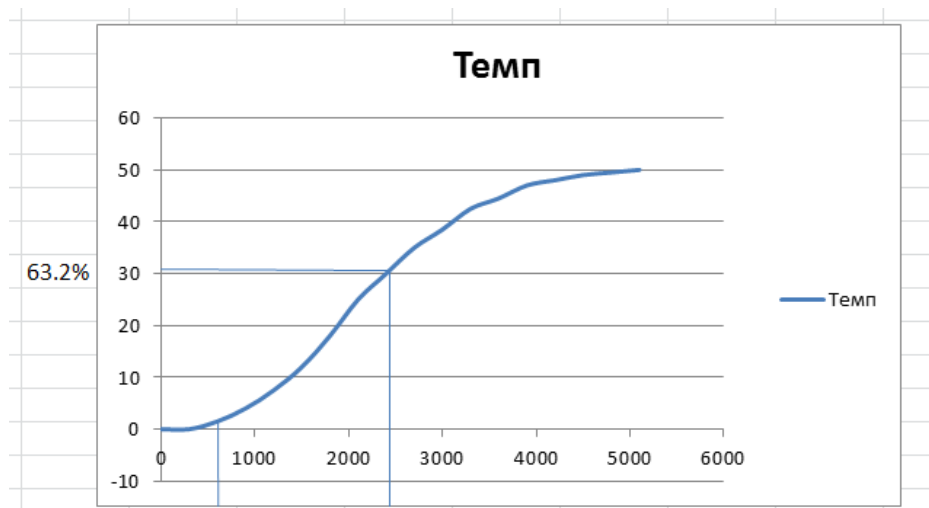


Рисунок 2.11 – Крива розгону об'єкта

Динамічні характеристики ланок і систем представляють собою типові залежності між вихідними та вхідними параметрами в перехідних режимах, класифікуються на часові і частотні.

Часова характеристика вказує на залежність між вихідними та вхідними параметрами у часі при поступовій зміні вхідної величини. Для отримання часової характеристики, використовують графічний метод, накладаючи збурення на об'єкт, ланку чи систему, та записуючи значення вихідної величини відповідно до часу.

Основні динамічні параметри, які можна визначити графічним методом за допомогою кривої розгону, включають:

Час запізнення (τ) - інтервал часу від моменту зміни вхідної величини до початку зміни вихідної величини;

Стала часу (T_0) - умовна величина, що вказує, як швидко змінюється вихідна величина при максимальній швидкості зміни вхідної величини;

Коефіцієнт підсилення (K) - величина, що показує, у скільки разів ланка підсилює вхідний сигнал, визначається відношенням вихідної величини в сталому режимі до вхідної величини.

У нашому випадку стрибкоподібний сигнал регулюючого клапана складав - 20%, а кінцева температура сталого режима склала 50 градусів. Виходячи з цих даних та привівши всі початкові умови до нульових значень, скористаємось формулою:

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата

$$K_{об} = \frac{y_{\infty} - y_0}{U_k - U_0} = \frac{50^{\circ}\text{C}}{20\%} = 2.5 \text{ }^{\circ}\text{C}/\%$$

З кривої розгону графічним методом визначемо $t_1' = 2300\text{с}$, та Час запізнення $\tau = 600\text{с}$.

У загальному вигляді передавальна функція об'єкта має вигляд:

$$W(s) = \frac{K_{об}e^{-\tau s}}{(T_1s + 1)(T_2s + 1) \dots (T_ns + 1)}$$

Де k – безрозмірний коефіцієнт а $T > 0$, це стала, котра називається постійною часу ланки. Постійна часу – це розмірна величина, вона характеризує інерційність об'єкта, тобто швидкість його реакції на зміну вихідного сигналу та вимірюється в секундах.

Також з графіку видно що наша система має запізнення. Ланка чистого запізнення характеризується тим, що вихідний сигнал повністю відтворює форму вхідного сигналу, але відстає від нього на певний час τ , який називається часом запізнення передавальна функція якої має вигляд:

$$W(p) = e^{-\tau p}$$

Де τ – це час запізнення який ми знайшли графічним методом і він дорівнює $\tau = 600\text{с}$.

Отже структурна схема нашого об'єкта має вигляд:

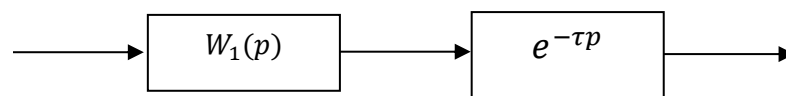


Рисунок 2.12 – Структурна схема об'єкта.

Структурна схема автоматичної системи регулювання - це умовне графічне представлення її складових частин (ланок) та зв'язків між ними, в якій також вказано, як вони перетворюють вхідні сигнали за допомогою передаточних функцій цих елементів. Іншими словами, це графічне зображення, що ілюструє структуру та взаємодію компонентів автоматичної системи, а також спосіб, як вони обробляють вхідні сигнали.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Сполучення ланок в автоматичних системах можуть бути здійснені за допомогою різних типів з'єднань. Ось короткий опис трьох типів таких з'єднань:

Послідовне з'єднання:

При цьому з'єднанні вихідна величина однієї ланки є вхідною величиною для наступної. Передаточна функція системи в цьому випадку є добутком передаточних функцій окремих ланок.

$$W(p) = W_1(p) * W_2(p)$$

Відбувається послідовне виконання дій ланок.

Паралельне з'єднання:

У цьому випадку на вхід всіх ланок подається одна величина.

Вихідна величина є сумою вихідних сигналів з цих ланок. Передаточна функція системи у паралельному з'єднанні дорівнює сумі передаточних функцій окремих ланок.

$$W(p) = W_1(p) + W_2(p)$$

Зустрічно паралельне з'єднання:

Це поєднання паралельного та послідовного з'єднань.

Ланки розділені на групи, які з'єднані паралельно, але групи взаємодіють послідовно. Сполучення включає в себе як суму, так і добуток передаточних функцій відповідних груп.

Ідентифікацію об'єкта керування проведемо за допомогою методу додаткових членів.

Метод додаткових членів є одним з методів ідентифікації об'єктів керування в системах автоматичного керування. Основна ідея полягає в тому, щоб додати додаткові члени в структуру математичної моделі системи для компенсації невизначеності або невідомих параметрів об'єкта керування.

Мета цього методу полягає в тому, щоб досягти високої точності ідентифікації, навіть якщо точна математична модель об'єкта керування не відома. Додаткові члени, що додаються, можуть враховувати невідомі

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

динамічні параметри, неоднорідності системи або інші фактори, які можуть впливати на поведінку системи.

Такий підхід може бути особливо корисним в ситуаціях, де точність математичної моделі низька або де параметри системи змінюються в часі.

Для цього визначимо часові моменти t_1, t_2 а також значення перехідної характеристики $h(t_2)$.

$h_n(\infty)$ - це амплітуда стабільного стану, в даному випадку, це 1.

$h(t_1) = 0.6321 \times h(\infty)$ - це значення перехідної характеристики при часі t_1'

За формулою $t_1 = t_1' - \tau$ знаходимо $t_1 = 1700$

За формулою $t_2 = 0,5t_1 + \tau$ знаходимо $t_2 = 1450$

Після цього, визначаємо значення $h(t_2)$ з графіка перехідної характеристики вважаючи що максимальне значення дорівнює 1 для визначення порядку передавальної функції. $h(t_2) = 0,22$

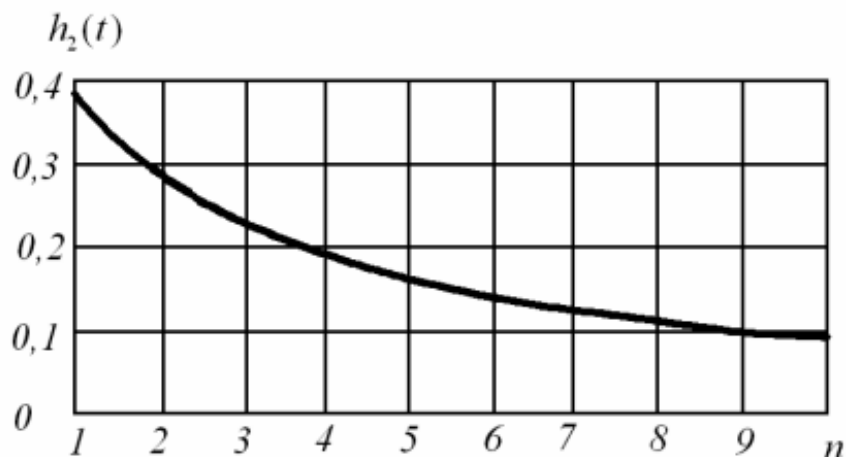


Рисунок 2.13 - Графік для визначення порядку передавальної функції.

З даного графіку знаходиться порядок передатної функції n , який відповідає знайденому значенню $h(t_2)$, в нашому випадку $n=3$.

Таблиця 2.2 - Залежність постійної від порядку передавальної функції

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9
D_n	0.962	0.642	0.524	0.462	0.421	0.391	0.371	0.354	0.339

З таблиці 2.1 визначимо сталі часу за допомогою формул:

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата
-------	------	----------	-------	------

$$T_1 = D_n t_1; T_2 = \frac{T_1}{2}; T_3 = \frac{T_1}{3}; T_4 = \frac{T_1}{4} \dots$$

Якщо $D_n = 0,524$, $t_1 = 1700$ *мо*:

$$T_1 = 0,524 * 1700 = 890,8$$

$$T_2 = \frac{890,8}{2} = 445,4, T_3 = 296,93$$

Отримаємо загальну передавальну функцію об'єкта регулювання

$$W_{об}(s) = \frac{2.5 * e^{-600}}{(890s + 1)(445s + 1)(296s + 1)}$$

Для побудови часової характеристики математичної моделі використано моделюючий пакет МВТУ.



Рисунок 2.14 – Модель об'єкта регулювання

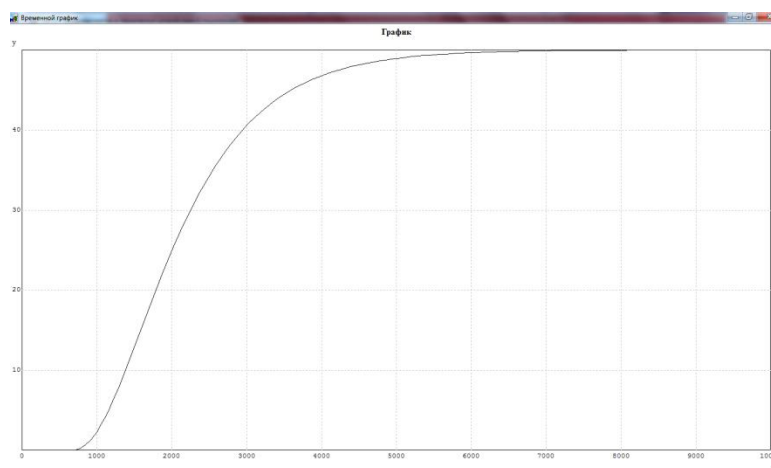


Рисунок 2.15 – Крива розгону математичної моделі.

Зробимо порівняння часових характеристик отриманої експериментальним шляхом та з використанням математичної моделі.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата

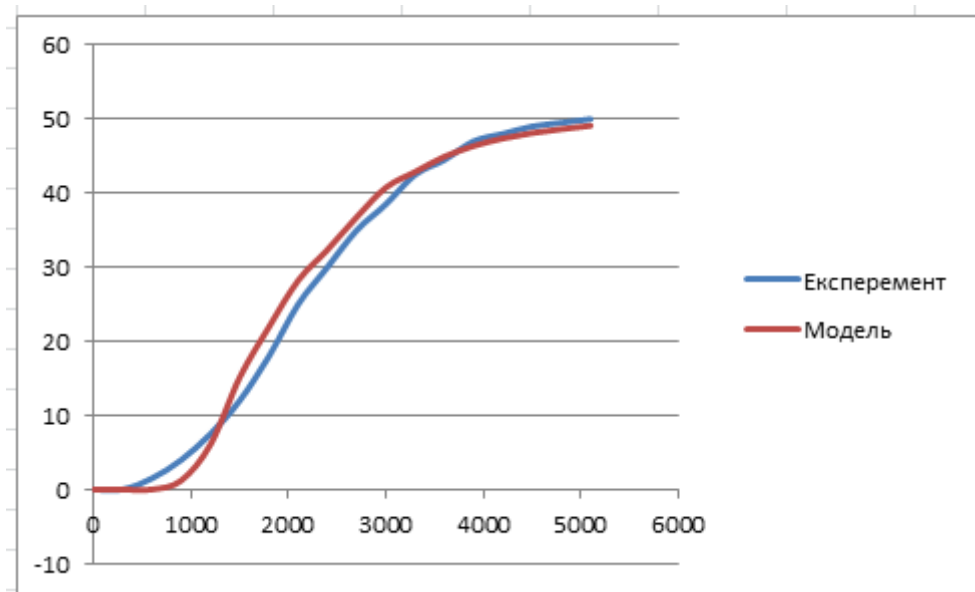


Рисунок 2.16 – Порівняння часових характеристик.

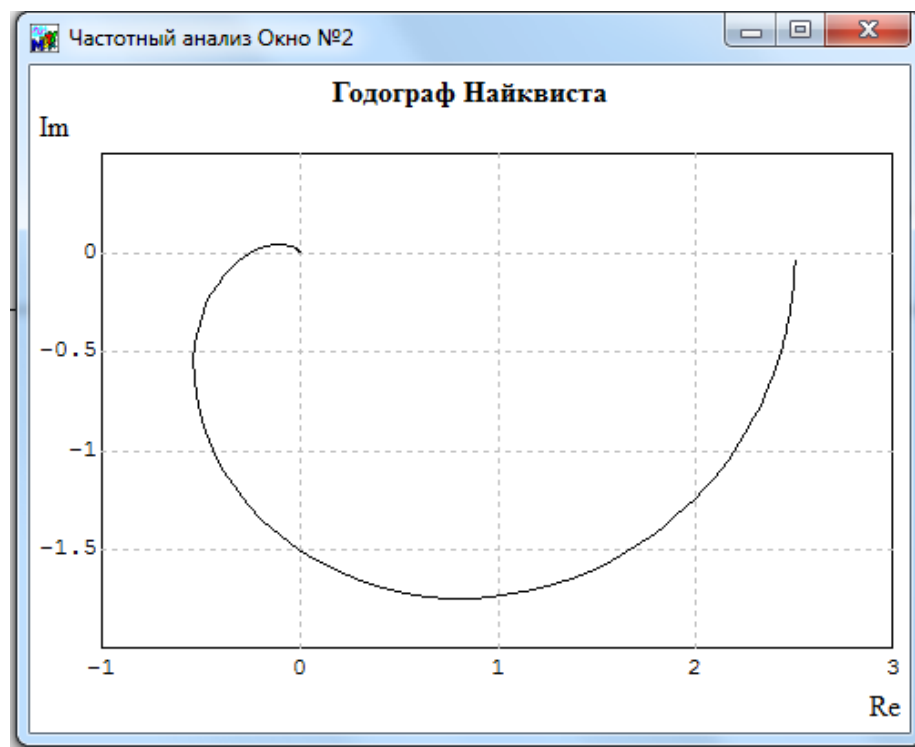


Рисунок 2.17 – Годограф михайлова

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

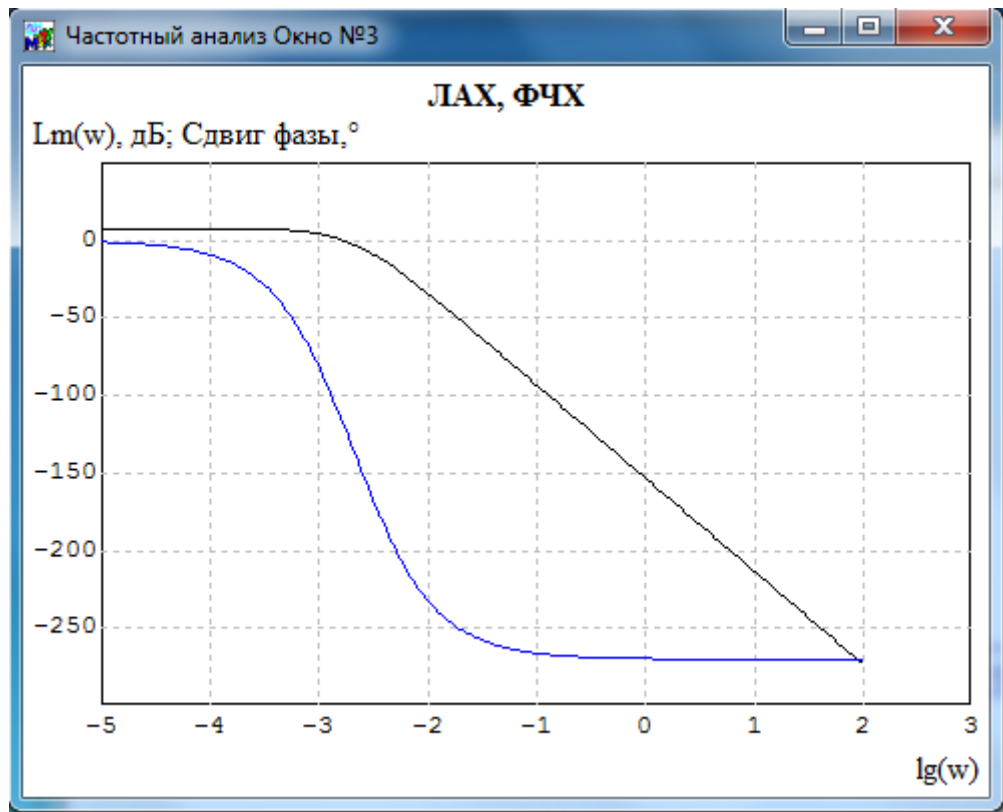


Рисунок 2.18 – ЛАХ та ФЧХ

Висновок

Пропорційно-інтегрально-диференціальні (ПІД) регулятори є важливим інструментом у галузі електротехніки та автоматизації. Вони дозволяють керувати системами із зворотним зв'язком, забезпечуючи стабільність та точність регулювання в першу чергу з метою регулювання температурою..

Основними компонентами ПІД регулятора є пропорційна, інтегральна та диференціальна складові. Пропорційна складова регулює вихідний сигнал пропорційно до помилки між заданим і поточним значенням. Інтегральна складова усуває постійну помилку шляхом інтегрування помилки у часі. Диференціальна складова передбачає майбутню помилку на основі швидкості зміни поточної помилки.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

3 РОЗРОБЛЕННЯ SCADA-СИСТЕМИ З ВИКОРИСТАННЯМ ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Обґрунтування алгоритму функціонування та структурної схеми SCADA системи

Метою даного проекту є розробка та впровадження SCADA-системи для автоматизації ділянки підготовки тари. Задачі системи включають автоматичний режим роботи, адаптацію до швидкості інших вузлів лінії, відслідковування та виявлення помилок, можливість налаштування процесу обслуговуючим персоналом та режим наладки для ручного керування і виконання налагоджувальних робіт.

Впровадження SCADA-системи на ділянці підготовки тари покликане забезпечити ефективне та автоматизоване виробниче середовище, сприяючи підвищенню продуктивності, зниженню витрат і забезпеченню стабільної якості продукції. Цей проект відкриває нові можливості для модернізації та удосконалення процесів в харчовій промисловості, покликаний стати важливим кроком в напрямку інтелектуалізації виробництва.

3.1.1 Розроблення структурної схеми SCADA системи

Розроблення структурної схеми починається з переліку технологічних операцій в технологічному циклі:

Підготовчий етап (Заповнення термоізольованого резервуару миючим розчином, контроль наявності необхідних ресурсів та готовності до роботи обладнання та наявності відповідних дозволів).

1. Контроль наявності миючого засобу та готовності дозатора;
2. Контроль наявності холодної води та її тиску у водопроводі;
3. Контроль наявності насиченого пару та його тиску у паропроводі;
4. Контроль наявності порції пляшок підготовлених для миття.
5. Заповнення резервуару холодною водою до необхідного рівня в резервуарі за допомогою відповідного клапану на водопроводі холодної води. Рівень в резервуарі контролюється за допомогою датчика рівня. Кількість води вимірюється відповідно до рівня в резервуарі. Кількість холодної води вимірюється відповідним лічильником холодної

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

води, наприклад, з принципом підрахунку числа обертів крильчатки лічильника.

6. Додавання до резервуару під час наповнення холодною водою миючого засобу за допомогою дозатору.

7. Після заповнення резервуару до необхідного рівня розпочати процес підігріву миючого розчину у заповненому резервуарі. Для цього необхідно за певним законом відкрити клапан, що призначений для подачі у теплову рубашку та регулювання насиченого пара. Для відкриття клапану використовується електропривод прямохідний ВЕП з уніфікованим сигналом 4-20мА. Витрата пари вимірюється витратоміром Vortex VX 570 з подальшою передачею інформації на ПК для відображенні її на мнемосхемі. Нагрів завершується після досягнення рівня температури миючого засобу 80 градусів.

Основний етап - Згідно з циклограмою, механізми установки працюють у наступній послідовності:

1. Другий відсікач 2, встановлений на виході з установки, закритий і утримує прийшовші в робочу зону пляшки. Перший відсікач 1, встановлений перед установкою, якщо зона промивання вільна і другий відсікач 2 закритий, відкривається і пропускає пляшки в робочу зону. Оптичний датчик SF1, встановлений перед ним, визначає момент зупинки пляшок (робоча зона заповнена) і надає сигнал на закриття відсікача 1.

2. Після закриття відсікача 1 видається команда на затискач пляшок. Штоки пневмоциліндрів 3 виводяться і плити затискають шістнадцять пляшок.

3. Пневмоциліндр пристрою впрыску 4 переміщується в нижнє положення, всмоктуючи миючий розчин.

4. Пневмоциліндр обертвий 5 обертає раму з шістнадцятьма пляшками на 180°.

5. Пневмоциліндр пристрою впрыску 4 переміщується в робоче положення, здійснюючи подачу миючого розчину через форсунки в горловини перевернутих пляшок.

6. Після закінчення промивання (спрацьовує датчик робочого положення пневмоциліндра 4, пневмоциліндр повертається в вихідний стан, набираючи миючий розчин для наступного циклу промивання.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата

ЕЛІТ 8.171.00.10.612 ПЗ

Арк.

39

6.1 Дотримується пауза, визначена параметром "Час витікання води, с", а потім обертовий пневмоциліндр 5 обертає пляшки на 30° для кращого стікання крапель води.

6.2 Дотримується пауза, визначена параметром "Час стікання крапель, с" , а потім обертовий пневмоциліндр 5 повертає пляшки в перевернутий стан для збивання залишків води

6.3 Дотримується пауза, визначена параметром "Час стікання крапель, с", а потім обертовий пневмоциліндр 5 повертає пляшки на конвейер.

7. Потім штоки пневмоциліндрів 3 зтягуються, пляшки розжимаються.

8. Другий відсікач 2 відкривається і пляшки переміщуються конвеєром, звільняючи робочу зону.

9. Після затримки, визначеної параметром "Затримка відкриття відсікача 1, с" , відкривається перший відсікач 1, дозволяючи проходження наступної партії пляшок в робочу зону.

10. Оптичний датчик SF3, встановлений перед відсікачем 2, визначає момент проходження останньої вимитеї пляшки і дає сигнал на закриття відсікача.

11. Після цього цикл повторюється.

Температура миючого розчину підтримується на рівні 80 градусів після загрузки пляшок та під час їх миття. Миючий розчин замінюється раз в 12 годин або 500 циклів мийки.

12. Якщо спрацював таймер або лічильник циклів мийки. Процес мийки зупиняється, відкривається зливний клапан та зливається миючий розчин з резервуару до спрацьовування нижнього датчика рівня.

13. Потім через клапан подачі холодної води резервуар промивається від залишків бруду.

14. Після стікання води через зливний клапан спрацьовує нижній датчик рівня і клапан закривається.

15. Відкривається клапан подачі холодної води, додається миючій засіб через дозатор, резервуар набирається до заданого рівня.

16. Після чого починається процес підігріву.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Заключний етап

Коли процес розливу завершено відбувається процес зливу відпрацьованого миючого розчину. Це процес відбувається в наступній послідовності.

1. ПЛК дає забороняючий сигнал на ПІД-регулятор ОВЕН ТРМ101. Цим самим зупиняється процес підігріву миючого розчину.
2. Відкривається клапан зливу розчину в каналізацію та зливається відпрацьований розчин зливається.
3. При спрацьовуванні датчика нижнього рівня відкривається клапан подачі води в резервуар і через розбризкуючу насадку в резервуар подається вода для промивки ємності від залишків відпрацьованого розчину та бруду.
4. Через заданий інтервал часу закривається клапан подачі води.
5. При спрацьовуванні нижнього датчика рівня закривається зливний клапан і процес вважається завершеним.

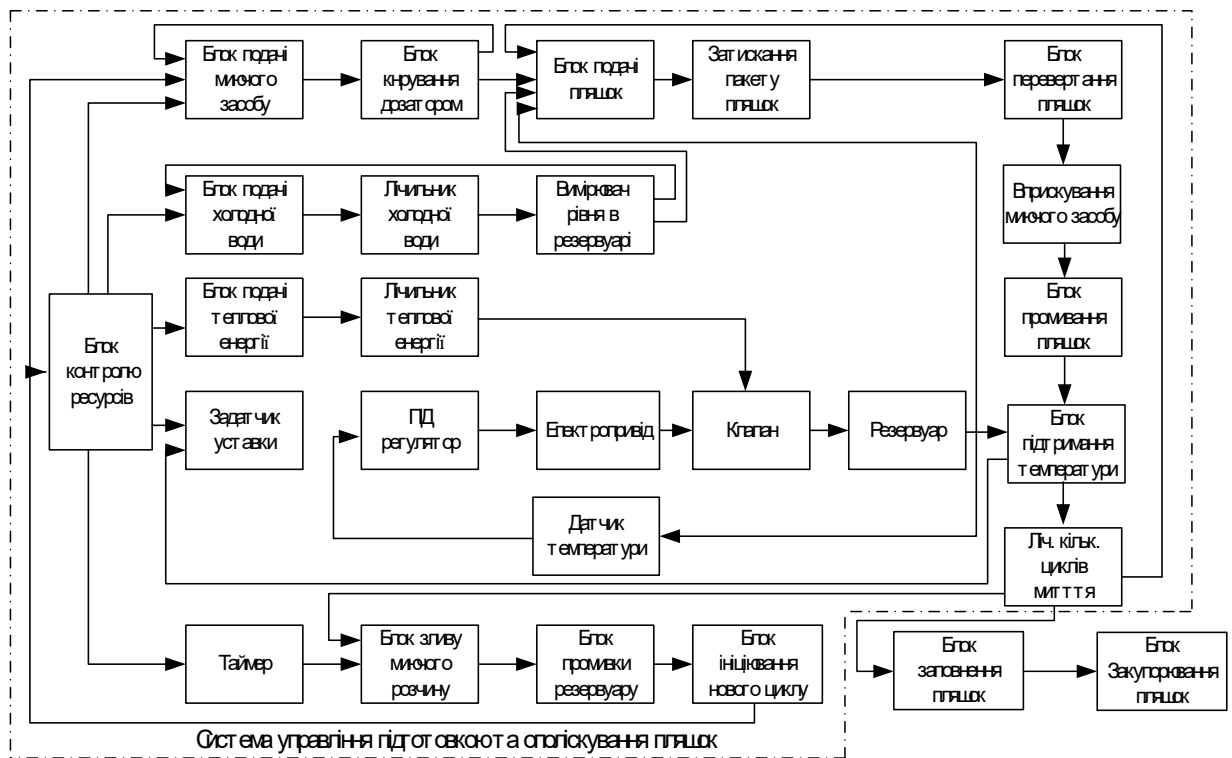


Рисунок 3.1 – Структурна схема Scada-стеми

Виходячи з даного алгоритму функціонування Scada – системи технологічного процесу розливу йогурта на ділянці підготовки пляшок побудували структурну схему (рис 3.1)

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Структурна схема передбачає:

Блок контролю ресурсів та керування який контролює наявність всіх вихідних положень виконавчих механізмів, готовність обладнання, наявність ресурсів для роботи (тиск пару, наявність води та миючого концентрату) а також дає дозволи для роботи інших блоків.

Блок подачі миючого засобу слугує для контролю наявності та рівня миючого концентрату а також сигналізації при закінченні концентрату.

Блок керування дозатором керує роботою клапана подачі миючого концентрату в резервуар при наявності дозволяючих сигналів від блоку подачі миючого засобу.

Блок подачі холодної води отримавши дозволяючі сигнали від блоку контролю та керування ресурсами а також від блоку вимірювання рівня в резервуарі керує рівнем в резервуарі.

Лічильник холодної води потрібен для контролю витрати холодної води та передачі показників на ПК.

Вимірювач рівня в резервуарі потрібен для контролю та керування рівня в резервуарі миючого засобу.

Блок подачі теплової енергії контролює подачу теплової енергії.

Лічильник теплової енергії слугує для контролю витрати пари та передачі даних на ПК для відображення та реєстрації витрат енергоресурсів.

ПІД-регулятор температури формує керуючий сигнал для електропривода клапана подачі пари який в свою чергу керує положенням цього клапана для підтримання, заданої в задатчику уставки, температури в резервуарі миючого розчину яка вимірюється датчиком температури.

Блок подачі упаковки пляшок отримаши всі дозволяючі сигнали від блоків вимірювання рівня, блоку контролю температури, блоку керування дозатором та лічильника кількості циклів миття керує подачею пляшок в робочу зону. В робочій зоні блок затискання пляшок керує та контролює затискання пляшок зажимом. Блок перевертання пляшок призначений для перевертання та контролю цього процесу в робочій зоні. Блок вприскування керує роботою циліндра вприскування.

Блок зливу миючого розчину керує процесом зливу для зберігання якості миючого розчину під час роботи. Якщо спрацьовує таймер строку придатності розчину починається процес зливу миючого розчину а потім блок промивки промиває резервуар і при наявності сигналу від блоку

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ініціювання нового циклу мийки подає сигнал на блок контролю ресурсів який починає цикл підготовки розчину спочатку.

3.2 Розробка та опис алгоритму функціонування та БСА

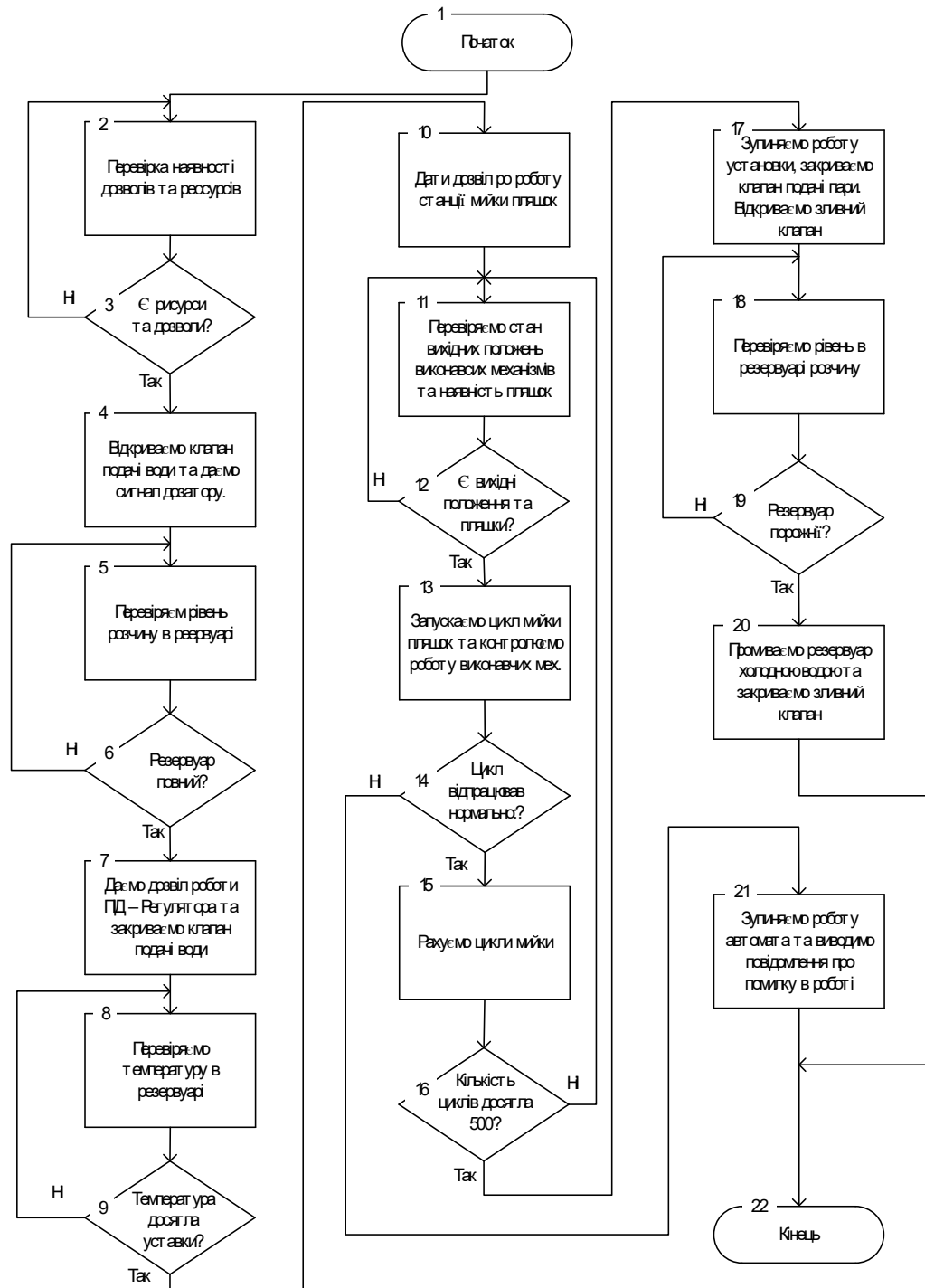


Рисунок 3.2 – Блок схема алгоритму функціонування SCADA-системи

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

На блок-схемі алгоритму (рис 3.2) представлена послідовність та алгоритм роботи системи.

Робота починається з перевірки дозволу на роботу з ПК. Та перевірки на наявність ресурсів таких як наявність тиску пари, води, наявність миючого концентрату та тиску повітря (блок2).

Якщо дозволу немає то чекаємо дозвіл.

Якщо дозвіл прийшов та коли всі ресурси в наявності переходимо до виконання блоку4 – відкриваємо клапан подачі води та подаємо сигнал на дозатор миючого концентрату для додавання в резервуар миючого засобу.

Далі чекаємо коли резервуар наповниться до верхнього рівня. Після чого блок 7 закриває клапан подачі води та дає дозволяючий сигнал на регулятор температури цим самим починається процес підігріву розчину до заданої температури.

Блок 8 перевіряє температуру в резервуарі. Коли температура досягне заданого значення та регулятор дасть сигнал готовності миючого розчину, після чого даємо дозволяючий сигнал для роботи циклу мийки (Блок 10).

Отримавши дозволяючий сигнал на запуск циклу мийки перевіряємо вихідні положення виконавчих механізмів та наявність пляшок для мийки. Якщо якийсь з вихідних положень не знайдено або немає пляшок то чекаємо коли з'являться пляшки. Якщо всі вихідні положення знайдені і пляшки в наявності, починаємо наступний цикл мийки пляшок. При цьому не забуваємо рахувати кількість циклів.

Якщо виникла помилка в роботі вузла, то відправляємо відповідне повідомлення та зупиняємо роботу. Якщо все нормально то після кожного циклу мийки спрацьовує лічильник циклів мийки (блок 15). При досягненні лічильником заданої цількості циклів мийки починається процедура заміни миючого розчину.

Процедура заміни миючого розчину починається з подачі забороняючого сигналу на регулятор температури цим самим закриваємо клапан подачі пари та відкриваємо клапан зливу миючого розчину (Блок 17).

Блок 18 чекає спрацьовування нижнього рівня в резервуарі після чого відкриває клапан подачі холодної води для промивки резервуару на заданий час.

Після чого процес завершено та обладнання готове почати весь процес з початку.

<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпс</i>	<i>Дата</i>

3.3 Розробка функціональної схеми

Для керування технологічним процесом підготовки ПЕТ-пляшок використали розроблений ПЛК на базі ARDUINO MEGA. Він сприймає сигнали від датчиків та лічильників, забезпечує зв'язок з панеллю оператора, управляє виконавчими механізмами: такими як пневморозподільники, клапани, сигнальна арматура, частотний перетворювач. А також забезпечує зв'язок з ПК для відображення інформації та управління технологічним процесом. В SCADA-системі також задіяний ПІД-регулятор ОВЕН ТРМ101 який служить для підтримання температури миючого розчину на заданій температурі та передачі інформації на ПК.

В даній системі використано наступне обладнання:

1. ПЛК на базі ARDUINO MEGA.
2. Сигналізатори рівня ОВЕН САУ М6 – 2шт.
3. Перетворювач частоти LEZE SMD Vector (0.75кВт, 220В)
4. Витратомір пари Vortex VX 570
5. Панель оператора hitech pws6600
6. Лічильник води BMeters GSD8-R 4,0м²/ч
7. Датчики положення CST-220 Camozzi - 11шт.
8. Оптичний датчик PA18CSR30PA Carlo Gavazzi – 3шт.
9. Датчик тиску води XP600, Fondital Tahiti, Pictor
10. Реле тиску пари Delonghi 5228101700 CEME 3,2 bar
11. Реле тиску повітря N.C. (Нормально замкнутый)
12. Індуктивний датчик M18, S_n= 8мм, NO/PNP, 12...48VDC – 2шт.
13. Пневморозподільники Camozzi 358-015-02IL – 10шт.
14. Персональний комп'ютер
15. Термоопір ДТС0255-50М.В3.200
16. Регулюючий клапан ВКРП Ду 25 з електроприводом ВЭП
17. ПІД-Регулятор ОВЕН ТРМ101

Для відслідковування рівня в резервуарах було обрано прилад ОВЕН САУ М6. Він відслідковує рівень в резервуарах та дає сигнал на контролер для відображення, сигналізації та управління рівнем в цих резервуарах.

Сигналізатор рівня ОВЕН САУ М6 - Призначений для автоматизації технологічних процесів, пов'язаних із контролем та регулюванням рівня рідини.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ОВЕН САУ-М6 є функціональним аналогом приладів ESP-50

- Можна вимірювати рівень по трьом точкам незалежно.
- Можливість інверсії режиму роботи будь-якого каналу
- Робота з різними по електропровідності рідинами:

дистильованою, водопровідною, забрудненою водою, молоком і харчовими продуктами (слабокислотними, лужними та ін.)

- Захист датчиків від осадження солей на електродах завдяки живленню їх змінною напругою

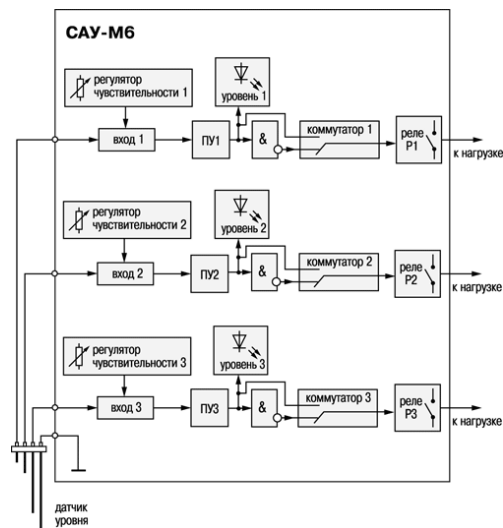


Рисунок 3.3 - Структурна схема ОВЕН САУ М6

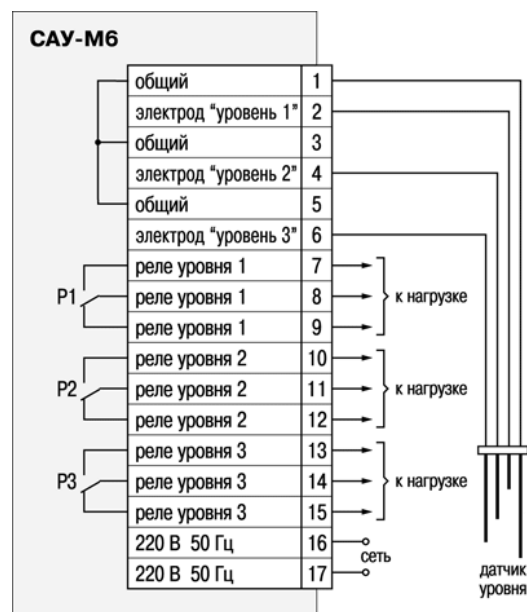


Рисунок 3.4 – Схема підключення ОВЕН САУ М6

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Номинальна напруга живлення приладу 220 В частотою 50 Гц
Допустимі відхилення напруги живлення від номінального значення
15...+10 %

Потужність, не більше 6 ВА

Кількість каналів контролю рівня 3

Кількість вбудованих вихідних реле 3

Макс. допустимий струм, що комутується 4 А при 220 В 50 Гц
контактами вбудованого реле (cos. -0,4)

Напруга на електродах датчика рівня не більше 10 В частотою 50 Гц

Опір рідини, що викликає не більше 500 кОм спрацьовування каналу
контролю

Тип корпусу настінний Н

Ступінь захисту корпусу IP44

Для керування швидкістю асинхронного двигуна конвеєра було обрано частотний перетворювач Lenze AC Tech серії SMV 220В 0,75кВт., який запрограмований на 3 фіксовані швидкості. Він отримує керуючі сигнали від контролера для зручного керування технологічним процесом.

Перетворювачі частоти Lenze AC Tech серії SMV Регульований асинхронний електропривод дозволяє з високою надійністю і ефективністю вирішувати різні завдання автоматизації виробництва і економії електроенергії.

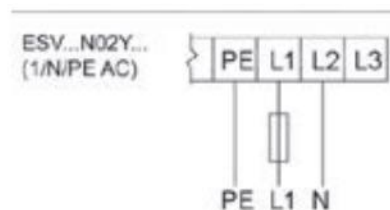


Рисунок 3.5 – Схема підключення до мережі 220В

Перетворювачі частоти (інші назви - частотний перетворювач частотний привід, частотно-регульований привід, інвертор частоти) успішно застосовуються в промисловості для вирішення таких завдань:

- енергозбереження - економія енергоносіїв в системах водо - і теплопостачання, системах вентиляції і воздуходувах до 50%;
- розширення можливостей технологічного обладнання:

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- регулювання швидкості в раніше нерегульованих технологічних процесах;
- автоматизований асинхронний електропривод;
- заміна приводу постійного струму:
- зниження витрат, пов'язаних з експлуатацією;
- популярність асинхронних двигунів, простота їх конструкції з чого впливає висока ремонтпригодність та надійність.

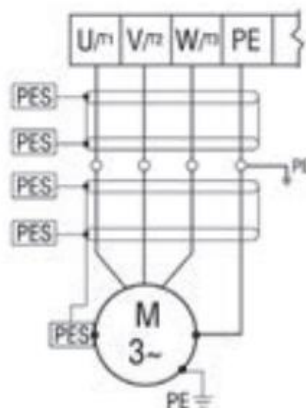


Рисунок 3.6 – Схема підключення електродвигуна

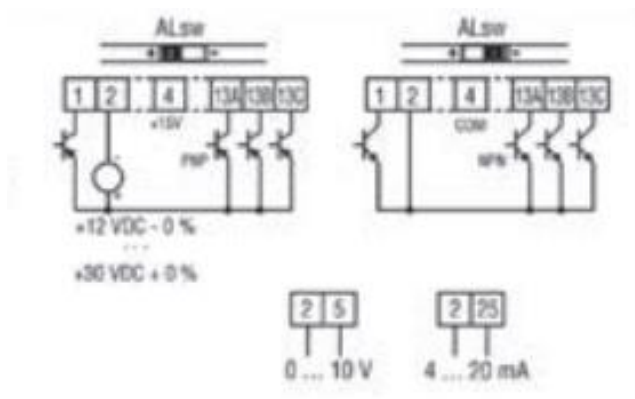


Рисунок 3.7 - Схема підключення управляючих сигналів

Витратомір пари Vortex VX 570 - Високоточний універсальний прилад для виміру витрати пари.

Технічні характеристики :

- 04...20 мА, імпульс та інтерфейс Modbus RTU (RS 485) за замовчуванням. Додаткові інтерфейси, як Modbus TCP (Ethernet), PoE
- Діапазон тиску до 63 бар

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- Живлення 24В
- Клас захисту IP 67
- Температурний діапазон від -40°C до 350°C
- Вбудований дисплей для відображення вимірних значень
- Доступно від DN15 до DN300
- Налаштування за допомогою кнопок дисплея
- Показ основного лічильника може бути скинутий за допомогою дисплея
- Для швидкостей від 2 до 60 м/с
- Висока точність з похибкою 1% від вимірюваної величини



Рисунок 3.8 – Панель оператора PWS6600

Виносні пульти PWS6300 і PWS6600/AP1600 від компанії Hitech Electronics Corp., а також НК30 і НТ60 від Beijer Electronics AB можуть бути використані в складі програмно-технічного комплексу КОНТАР ОАО «МЗТА» як засіб зв'язку оператора та техніка з контролерами МС8, МС5. Пультив дозволяють проводити налаштування, встановлення параметрів, управління та оперативний контроль за станом об'єкта. Інформація виводиться на екран пульта у вигляді наочних мнемосхем та/або списків параметрів.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

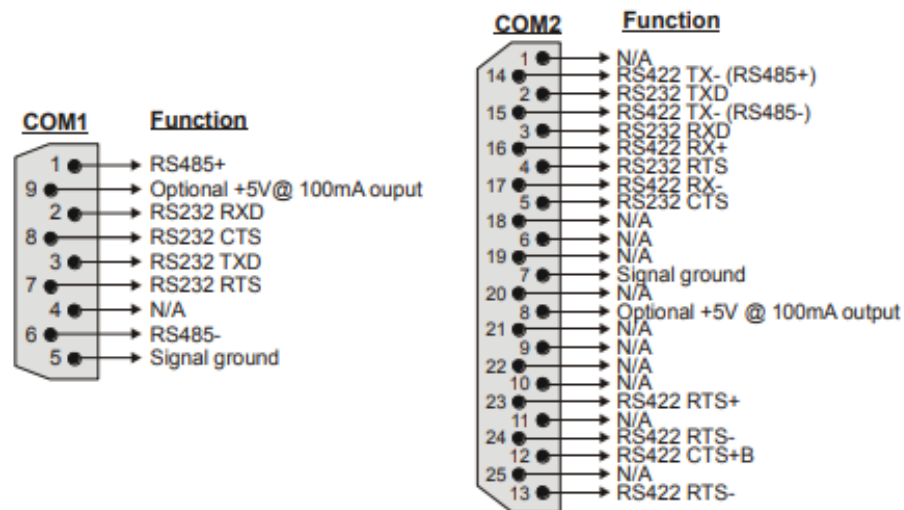


Рисунок 3.9 – Схема підключення PWS6600

- COM 1 - це 9-контактний роз'єм, який використовується для підключення контролера та НМІ через RS232 або RS485.
- COM 2 - це 25-контактний роз'єм, який використовується для підключення контролера та НМІ через RS232, RS422 або RS485.

3.4 Розробка принципової схеми

3.4.1 Вибір платформи для розробки ПЛК

Як основу нашого ПЛК розглянемо плату Arduino Mega 2560.

Arduino Mega 2560 є пристроєм, заснованим на мікроконтролері ATmega2560 (технічний опис). Вона має всі необхідні компоненти для зручної роботи з мікроконтролером: 54 цифрові входи/виходи (15 з яких можуть використовуватися як ШИМ-виходи), 16 аналогових входів, 4 UART (апаратні трансивери для реалізації послідовних інтерфейсів), кварцовий резонатор на 16 МГц, USB-роз'єм, роз'єм живлення, роз'єм ICSP для внутрішньосхемного програмування та кнопку скидання. Для активації пристрою, достатньо подати живлення від AC/DC-адаптера або батареї, або підключити його до комп'ютера через USB-кабель. Arduino Mega сумісна з більшістю плат розширення, розроблених для Arduino Duemilanove та Diecimila.

Змін.	Арк.	№ док.ум.	Підпс	Дата

Arduino Mega 2560 відрізняється від усіх попередніх плат тим, що для перетворення інтерфейсів USB-UART використовується мікроконтролер ATmega16U2 (ATmega8U2 в версіях плати R1 і R2) замість мікросхеми FTDI.

На платі Mega 2560 версії R2 доданий резистор, який знижує лінію HWB мікроконтролера 8U2 до землі. Цей захід спрощує процес оновлення програмного забезпечення та переходу пристрою в режим DFU.

Зміни на платі версії R3 перераховані нижче:

1. Додано виводи SDA та SCL (поруч з виводом AREF), а також два нових вивода, розташованих поруч з виводом RESET. Перший - IOREF - дозволяє платам розширення адаптуватися до робочого напруги Arduino. Цей вивід передбачений для сумісності плат розширення як з 5В-Arduino на базі мікроконтролерів AVR, так і з 3.3В-платами Arduino Due. Другий вивід не підключений ні до чого і зарезервований для майбутніх цілей.
2. Покращена стійкість до перешкод в лінії скидання.
3. Мікроконтролер ATmega16U2 замінено на 8U2.

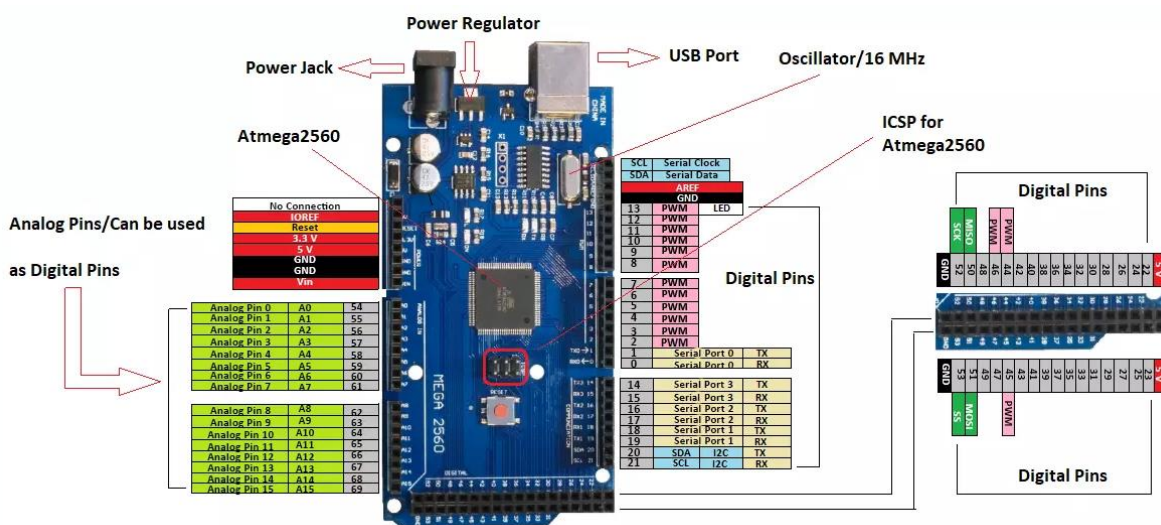


Рисунок 3.10 – Розташування портів вводу-виводу плати Arduino Mega

Характеристики Arduino Mega:

- Мікроконтролер: ATmega2560
- Робоча напруга: 5В
- Напруга живлення (рекомендована): 7-12В
- Напруга живлення (максимальна): 6-20В
- Цифрові порти: 54 (з них 15 ШИМ-виходи)

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

- Аналогові входи: 16
- Максимальний струм на один вивід: 40 мА
- Максимальний вихідний струм виводу 3.3V: 50 мА
- Flash-пам'ять: 256 КБ (з них 8 КБ використовуються завантажувачем)

- SRAM: 8 КБ
- EEPROM: 4 КБ
- Тактова частота: 16 МГц

Arduino Mega може отримувати живлення через USB або зовнішнє джерело живлення, яке вибирається автоматично.

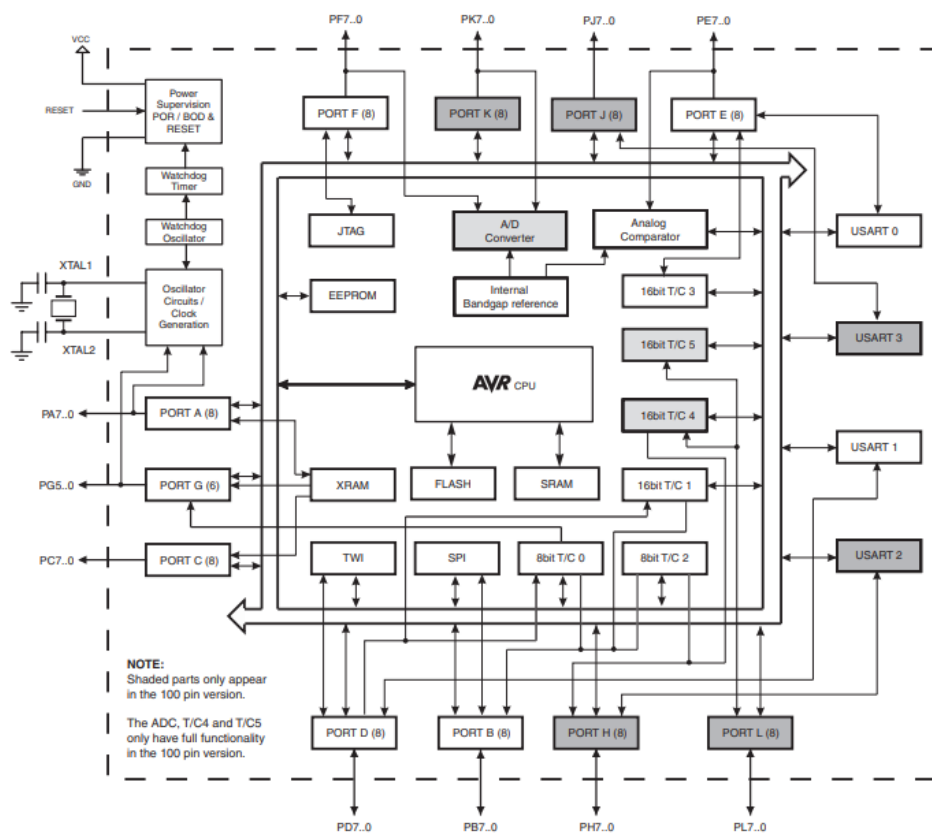


Рисунок 3.11 – Блок-схема периферійних пристроїв контролеа ATmega 2560

Як зовнішнє джерело живлення (окрім USB), можна використовувати мережевий AC/DC-адаптер або акумулятор/батарею. Вставте штекер адаптера (діаметр - 2,1 мм, центральний контакт - позитивний) в відповідний роз'єм живлення на платі. При живленні від акумулятора/батареї, її проводи слід підключити до виводів Gnd та Vin роз'єму POWER.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Напруга джерела живлення може бути в від 6 до 20 В. Проте зниження напруги живлення нижче 7 В призводить до зменшення напруги на виводі 5V, що може призвести до нестабільної роботи пристрою. Використання напруги більше 12 В може призвести до перегріву стабілізатора напруги і виходу плати з ладу. З урахуванням цього рекомендується використовувати джерело живлення з напругою в діапазоні від 7 до 12 В.

Виводи живлення на платі перераховані нижче:

1. VIN. Напруга, яка подається в Arduino безпосередньо від зовнішнього джерела живлення (не пов'язана з 5В від USB або іншою стабілізованою напругою). Цей вивід можна використовувати як для подачі зовнішнього живлення, так і для споживання струму, коли пристрій живиться від зовнішнього адаптера.

2. 5V. На цей вивід надходить напруга 5В від стабілізатора напруги на платі, незалежно від того, як живиться пристрій: від адаптера (7 - 12 В), від USB (5 В) або через вивід VIN (7 - 12 В). Не рекомендується живити пристрій через виводи 5V або 3V3, оскільки в цьому випадку не використовується стабілізатор напруги, що може призвести до виходу плати з ладу.

3. 3V3. 3.3В, що надходять від стабілізатора напруги на платі. Максимальне навантаження не повинно перевищувати 50 мА.

4. GND. Виводи землі.

5. IOREF. Цей вивід надає інформацію платам розширення про робочу напругу мікроконтролера Arduino. Залежно від напруги, зчитаної з виводу IOREF, плата розширення може перемкнутися на відповідне джерело живлення або використовувати перетворювачі рівнів, що дозволяє їй працювати як з 5В, так і з 3.3В-пристроями.

Пам'ять

- Flash-пам'ять: 256 КБ (з них 8 КБ використовуються завантажувачем).
- SRAM (статична оперативна пам'ять): 8 КБ.
- EEPROM (електрично змінювана програмована пам'ять): 4 КБ. Для роботи з цією пам'яттю використовується бібліотека EEPROM.

Входи/Виходи

Arduino

Використовуючи функції `pinMode()`, `digitalWrite()` і `digitalRead()`, можна налаштувати кожен з 54 цифрових виводів Arduino Mega як вхід або вихід. Рівень напруги на виводах обмежений 5В. Максимальний струм, який може

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

віддавати або споживати один вивід, складає 40 мА. Всі виводи мають внутрішні підтягуючі резистори (за замовчуванням вимкнені) з номіналом 20-50 кОм.

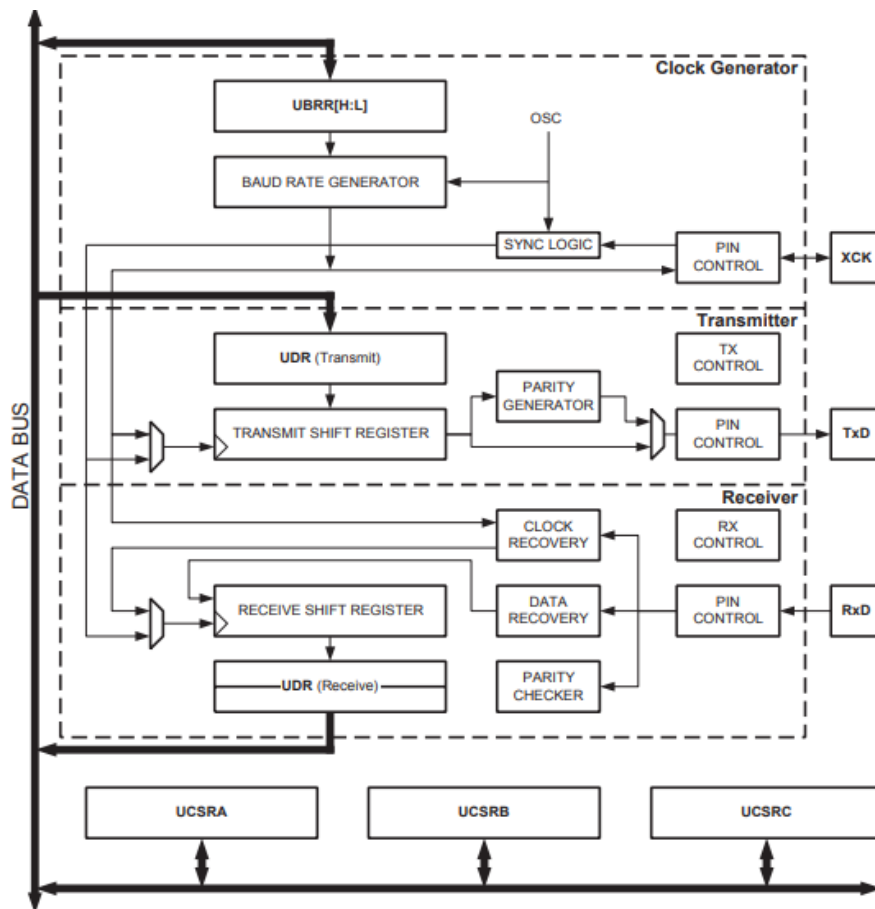


Рисунок 3.12 - Блок схема послідовного інтерфейсу USART

Крім того, деякі виводи Arduino можуть виконувати додаткові функції:

1. Серійний інтерфейс (Serial): Виводи 0 (RX) і 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) і 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) і 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) і 14 (TX). Ці виводи використовуються для отримання (RX) і передачі (TX) даних через серійний інтерфейс.

2. Зовнішні переривання: Виводи 2 (переривання 0), 3 (переривання 1), 18 (переривання 5), 19 (переривання 4), 20 (переривання 3) і 21 (переривання 2). Ці виводи можуть використовуватися як джерела переривань.

3. ШИМ: Виводи 2 - 13 і 44 - 46. Можливість виводити 8-бітні аналогові значення за допомогою функції analogWrite() у вигляді ШИМ-сигналу.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4. Інтерфейс SPI: Виводи 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS). Дозволяють здійснювати зв'язок по інтерфейсу SPI.

5. Світлодіод: 13. Вбудований світлодіод, підключений до виводу 13. При високому значенні виводу (HIGH) світлодіод вмикається, при низькому (LOW) - вимикається.

6. TWI: Виводи 20 (SDA) і 21 (SCL). Дозволяють здійснювати зв'язок по інтерфейсу TWI.

У Arduino Mega 2560 є 16 аналогових входів, які можуть представляти аналогову напругу у вигляді 10-бітного числа (1024 різних значення). По замовчуванню вимірювання напруги здійснюється відносно діапазону від 0 до 5 В. Верхню межу цього діапазону можна змінити, використовуючи вивід AREF та функцію `analogReference()`.

Крім виведених на платі, є деякі додаткові виводи:

- AREF: Опорна напруга для аналогових входів. Використовується функцією `analogReference()`.
- Reset: Подача низького рівня на цей пін перезавантажує мікроконтролер. Зазвичай цей вивід слугує для роботи кнопки скидання на платах розширення.

3.4.2 Розробка Інтерфейсів в ПЛК на ArduinoMEGA

Для організації обміну даними з Панелью оператора по інтерфейсу RS-485 а також для зв'язку з SCADA-системою використано перетворювач з UART в RS-485 на основі мікросхеми – MAX-485.

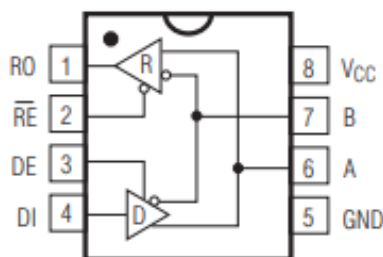


Рисунок 3.13 – Внутрішня будова мікросхеми – MAX-485

Мікросхема MAX485 - це інтегральна схема, яка використовується для забезпечення прийому та передачі даних за стандартом RS-485. RS-485 є

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

стандартом для передачі диференційованих даних на великі відстані та у вимогливих до шумів середовищах.

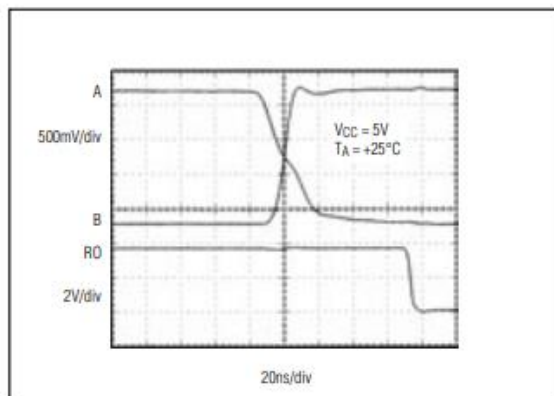


Figure 15. MAX481/MAX485/MAX490/MAX491/MAX1487 Receiver t_{PHL}

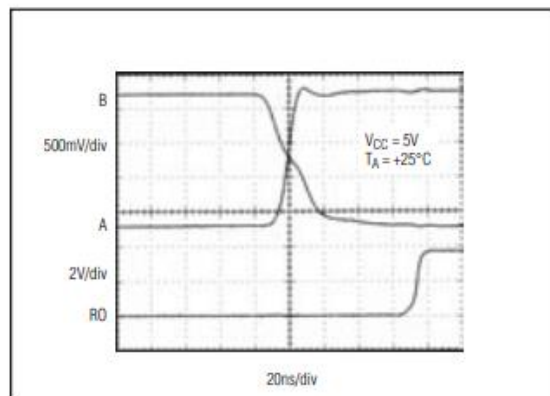


Figure 16. MAX481/MAX485/MAX490/MAX491/MAX1487 Receiver t_{PLH}

Рисунок 3.14 – Часові затримки прийому та передачі на спад сигналу

Основні характеристики мікросхеми MAX485:

1. Інтерфейс RS-485: MAX485 призначений для роботи зі стандартом RS-485, який дозволяє передавати дані на великі відстані та використовує диференційовані сигнали для зменшення впливу електромагнітних шумів.
2. Напруговий діапазон: Здатний працювати в широкому діапазоні напруги живлення, зазвичай від 4.5V до 5.5V.
3. Низька споживана потужність: Відомий своєю ефективністю з точки зору споживаної потужності, що робить його придатним для застосувань з обмеженими ресурсами енергії.
4. Функція автоматичного вимкнення (слоуп-функція): Деякі версії MAX485 можуть мати функцію автоматичного вимкнення, яка зменшує споживану потужність в періоди, коли лінія RS-485 не використовується.
5. Захист від перенапруги та перевантаження: Вбудовані засоби захисту дозволяють захистити мікросхему від можливих пошкоджень через перенапруги чи перевантаження.
6. Відкритий колектор виводу напруги (DE/RE): Вивід для управління режимом прийому/відправлення.
7. Кількість каналів: MAX485 зазвичай має один RS-485 канал.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

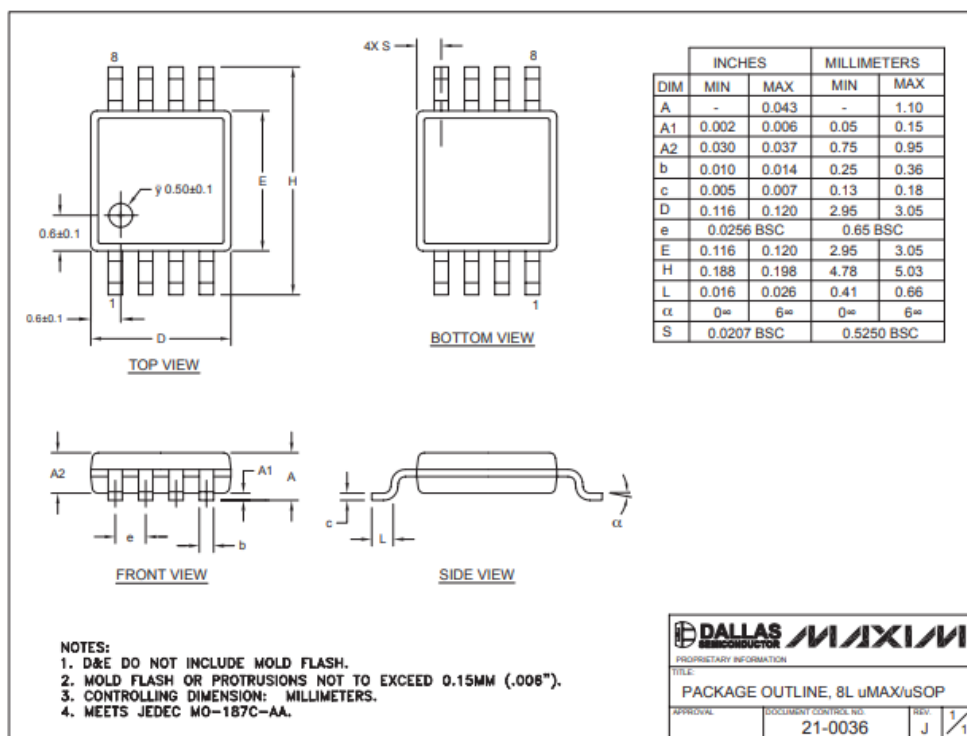


Рисунок 3.15 – Корпус uSOP-8 мікросхеми MAX485

Мікросхема MAX485 широко використовується в пристроях, де потрібно забезпечити зручний та надійний обмін даними за допомогою протоколу RS-485. Це може бути в промисловості, в системах автоматизації, в інструментуванні, у вимірювальних пристроях, а також в різних інших областях, де важлива надійність і швидкість передачі даних на великі відстані. Тому було обрано саме цей інтерфейс обміну.

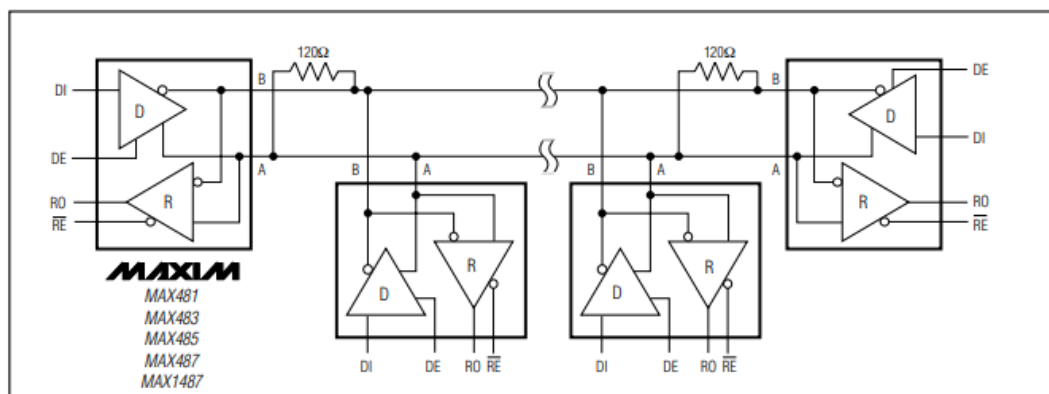


Figure 21. MAX481/MAX483/MAX485/MAX487/MAX1487 Typical Half-Duplex RS-485 Network

Рисунок 3.16 - Типова напівдуплексна мережа RS-485

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Таблиця 3.1 – Значення виводів мікросхеми в корпусі SOP-8

Вивід	Назва	Опис
1	RO	якщо $A > B$ на 200 мВ, RO буде високим; Якщо $A < B$ на 200 мВ, RO буде низьким.
2	RE	RO активовано, коли RE низький; RO є високоімпедансним, коли RE високий
3	DE	Виводи драйвера, А та В, активуються, піднявши DE. Вони є високоімпедансними, коли DE низький. Якщо виводи драйвера активовані, вони працюють як лінійні драйвери. Поки вони є високоімпедансними, вони виконують функцію лінійних приймачів, якщо RE низький.
4	DI	Низький рівень на DI змушує вивід А встановитися в низький рівень, а вивід В - у високий рівень. Так само високий рівень на DI змушує вивід А встановитися в високий рівень, а вивід В - у низький рівень.
5	GND	Земля
6	A	Вхід без інверсії для приймача
7	B	Вхід із інверсією для приймача.
8	VCC	джерело живлення: $4.75V \leq VCC \leq 5.25V$

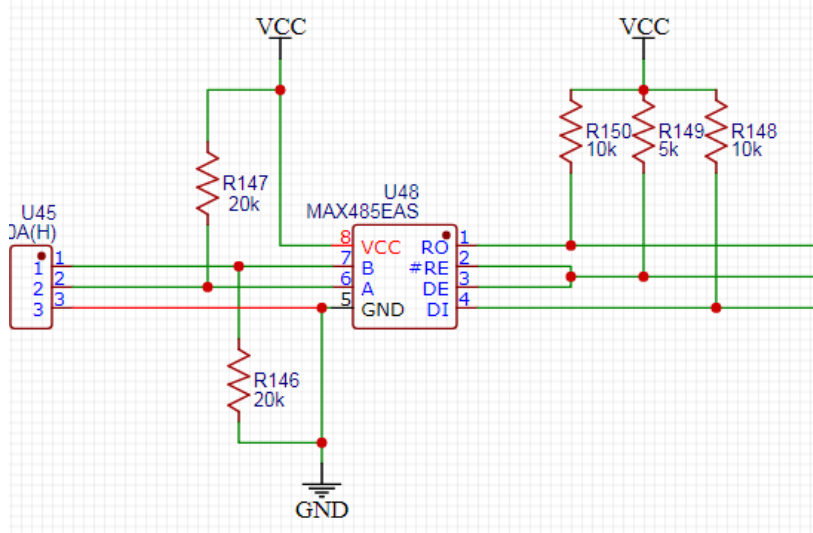


Рисунок 3.17 – Схема перетворювача UART в RS-485

Також для даного проекту було обрано перетворювач сигналів MAX232 — інтегральна схема, що перетворює сигнали послідовного порту RS-232 на сигнали, придатні для використання в цифрових схемах на базі

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ТТЛ- або КМОП-технологій. MAX232 працює приймачем і перетворює сигнали RX, TX, CTS і RTS.

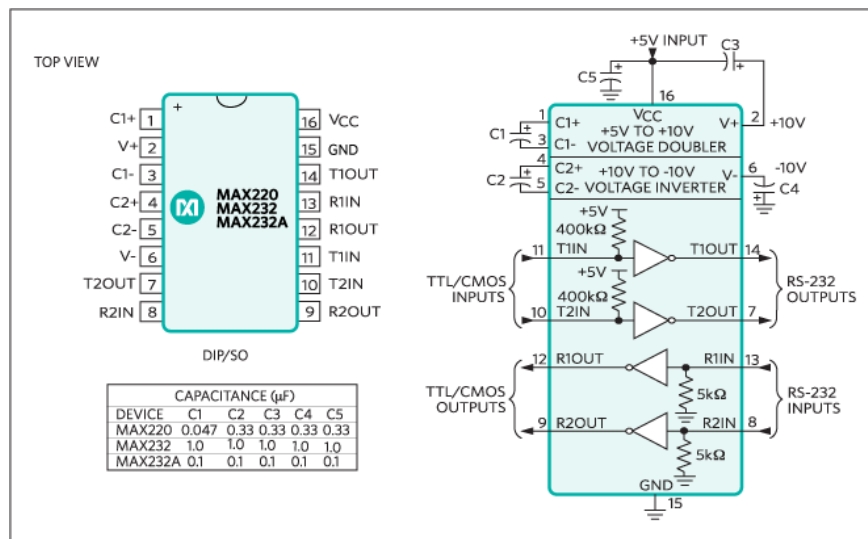


Рисунок 3.18 - Функціональність та цоколівка мікросхеми MAX232

Функціональність та цоколівка мікросхеми стала стандартом де-факто та її аналоги (з іншим маркуванням) випускаються безліччю виробників напівпровідникових мікросхем.

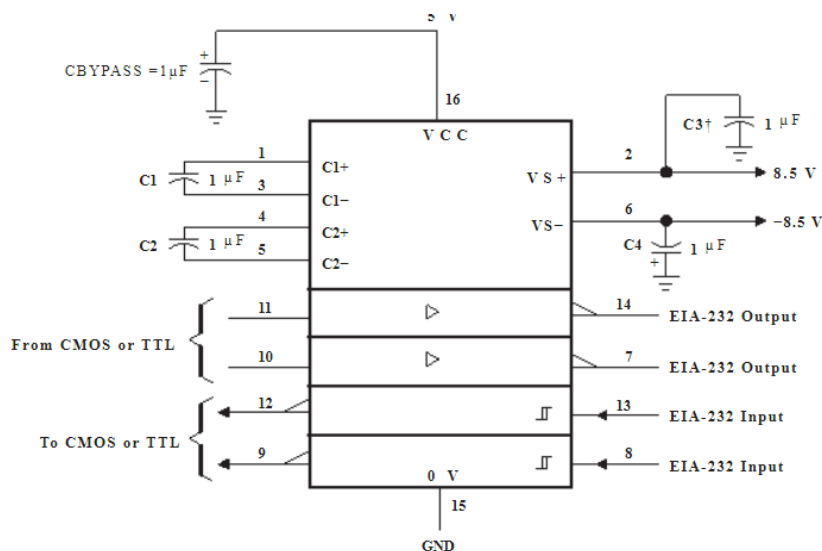


Рисунок 3.20 – Типова схема підключення мікросхеми max232

Схема забезпечує рівень вихідної напруги, що використовується в RS-232 (приблизно $\pm 7,5$ В), перетворюючи вхідну напругу +5 за допомогою внутрішнього помножувача напруги на зовнішніх конденсаторах. Це

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

спрощує реалізацію RS-232 у пристроях, що працюють на напругах від 0 до +5 В, так як не потрібно ускладнювати джерело живлення тільки для того, щоб використовувати RS-232.

Вхідна напруга від RS-232, яка може досягати ± 25 В, знижується до стандартних 5 В, що використовуються транзисторно-транзисторної логіки. Входи мають середній поріг 1,3 В та середній гістерезис 0,5 В.

Модифікація MAX232A сумісна з MAX232, але може працювати на більш високих швидкостях і використовувати зовнішні конденсатори меншої ємності - 0,1 μF замість конденсаторів на 1,0 μF , що використовуються з оригінальною схемою.

3.4.3 Організація входів ПЛК на ArduinoMEGA

В ПЛК на ArduinoMEGA входи мікроконтролера мають оптичну розв'язку.

Оптична розв'язка в програмованих логічних контролерах (ПЛК) використовується для забезпечення гальванічної ізоляції між різними частинами системи, що дозволяє уникнути електричного контакту і передачі електричних сигналів через провідники.

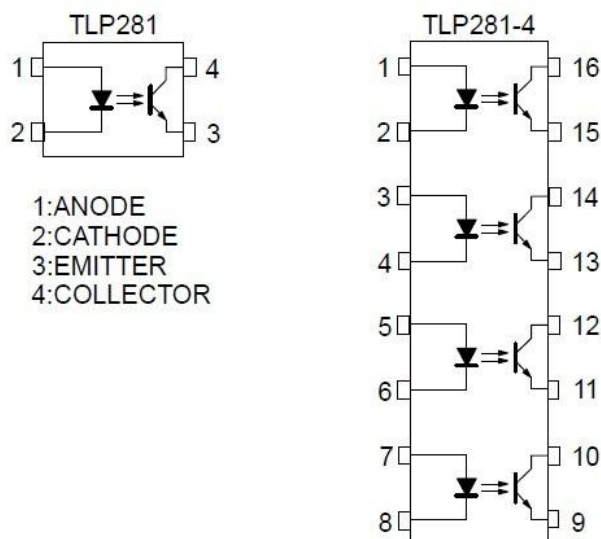


Рисунок 3.21 – внутрішня будова мікросхеми TLP281-4

В нашому випадку ізоляція виконана з використанням мікросхеми TLP281-4. TLP281-4 - це чотирьохканалний оптоізолятор, розроблений

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

компанією Toshiba. Ця мікросхема використовує принцип оптоізоляції для гальванічного розділення електричних сигналів між входом та виходом.

Ось кілька переваг оптичної ізоляції в ПЛК:

1. Гальванічна ізоляція: Оптична ізоляція використовує фотоперетворювачі (світлодіоди та фотодіоди або фототранзистори), щоб перетворювати електричні сигнали у світлові і знову у електричні. Це забезпечує гальванічну ізоляцію між входними та вихідними лініями, запобігаючи переносу електричних сигналів.

2. Захист від електромагнітних завад: Оптична ізоляція відокремлює електричні лінії за допомогою світлового сигналу, що робить систему менш чутливою до електромагнітних завад та шумів, що можуть виникати в промислових середовищах.

3. Безпека користувачів: Гальванічна ізоляція через оптичні засоби може допомогти уникнути потенційно небезпечних електричних з'єднань та зменшити ризик електричного ураження для користувачів.

4. Захист від перенапруг: Оптична ізоляція може служити бар'єром для перенапруг, що може виникнути в електричних мережах. Вона запобігає поширенню високих напруг до внутрішніх систем ПЛК.

5. Високий ступінь імунітету до шумів: Оптичні елементи не піддаються впливу електромагнітних шумів, тому оптична ізоляція може забезпечити високий рівень імунітету до шумів у системах ПЛК.

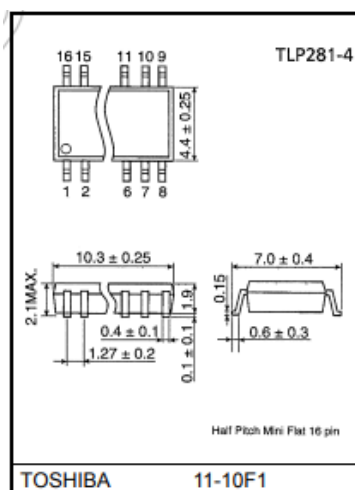


Рисунок 3.22 – Мікросхема TLP281-4 в корпусі SOP16

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6. Зниження ризику пошкодження електроніки: За допомогою оптичної ізоляції можна зменшити ризик виникнення електричних перенапруг, які можуть пошкодити електронні компоненти ПЛК.

7. Робота в умовах високого електромагнітного поля: Оптична ізоляція є ефективним засобом для захисту систем ПЛК в умовах, де можуть виникати високі рівні електромагнітного поля, таких як в індустриальних середовищах.

Враховуючи ці переваги, оптична ізоляція часто використовується в ПЛК для забезпечення надійності та стійкості системи в умовах виробництва.

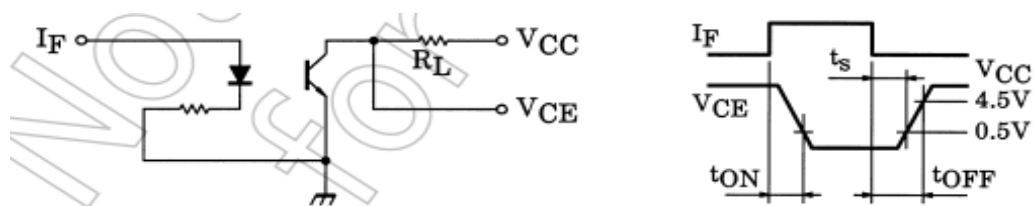


Рисунок 3.23 – схема включення мікросхеми TLP281-4 та графік часу перемикання

Таблиця 3.2 – Час перемикання мікросхеми TLP281-4

Час увімкнення	t_{ON}	$R_L = 1.9 \text{ k}\Omega$ $V_{CC} = 5 \text{ V}$, $I_F = 16 \text{ mA}$	2	мкс.
Час затримки вимкнення	t_s		25	
Час вимкнення	t_{OFF}		40	

Основні характеристики:

1. Чотири канали: TLP281-4 має чотири окремі канали, що дозволяє використовувати його для одночасної ізоляції чотирьох різних сигналів.
2. Максимальна швидкість передачі даних: до 2,5 МВд
3. Струм споживання: не більше 0,5 мА
4. У драйвер вбудовано захист від короткого замикання і термозахист
5. Вхідний сигнал: Кожен канал включає в себе світлодіод (LED) на вході, який генерує світловий сигнал.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

6. Вихідний сигнал: На виході кожного каналу розташований фототранзистор або фотодарлінгтон, який реагує на світловий сигнал і передає відповідний електричний сигнал.

7. Маленький та тонкий дизайн: Мікросхема має компактні розміри, що робить її підходящою для використання у вузьких просторах, таких як застосування в РСМСІА пристроях.

8. Застосування: TLP281-4 може бути використаний у різних областях, включаючи РСМСІА факс-модеми та програмовані логічні контролери.

9. Оптоізоляція: Мікросхема забезпечує ефективну гальванічну ізоляцію для уникнення електричних перешкод та забезпечення надійності в системах контролю та зв'язку.

Такий дизайн дозволяє використовувати TLP281-4 в застосуваннях, де важлива ізоляція між електричними сигналами, таких як в програмованих логічних контролерах і модемах для ПК.

3.4.4 Організація виходів ПЛК на ArduinoMEGA

Так як і входи, виходи ізольовані опторозв'язками TLP281-4 які управляють силовими транзисторами IRF9510PBF на виході з ПЛК. Для зменшення навантаження на виходи мікроконтролера використано мікросхеми ULN2003AFW які керують опторозв'язками TLP281-4 яка описана вище.

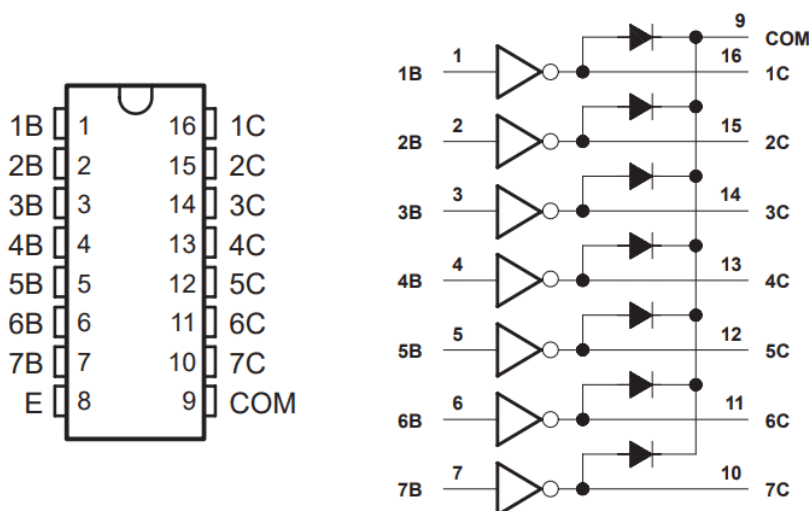


Рисунок 3.24 – Структурна схема та розташування виводів мікросхеми ULN2003A

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Мікросхема ULN2003A представляє собою складний транзисторний збір, що містить семь пар Дарлінгтонів з вихідними ключами високої потужності та вбудованими захисними діодами на виході. Ці захисні діоди спрямовані на захист керуючих електричних ланок від можливих викидів зворотного напруги, що виникають внаслідок індуктивного навантаження.

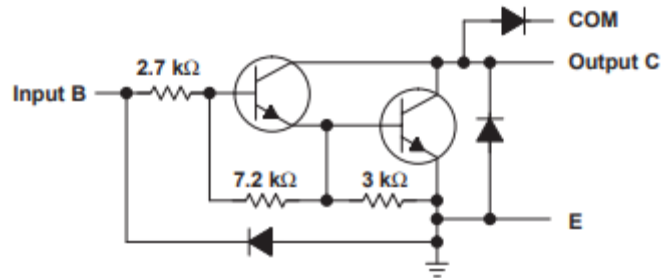


Рисунок 3.25 - Схема кожної пари Дарлінгтона

Кожен канал у мікросхемі ULN2003A (пара Дарлінгтонів) призначений для навантаження до 500 мА і може переносити максимальний струм до 600 мА. Розташування входів та виходів в корпусі мікросхеми сприяє зручній розведенню печатної плати.

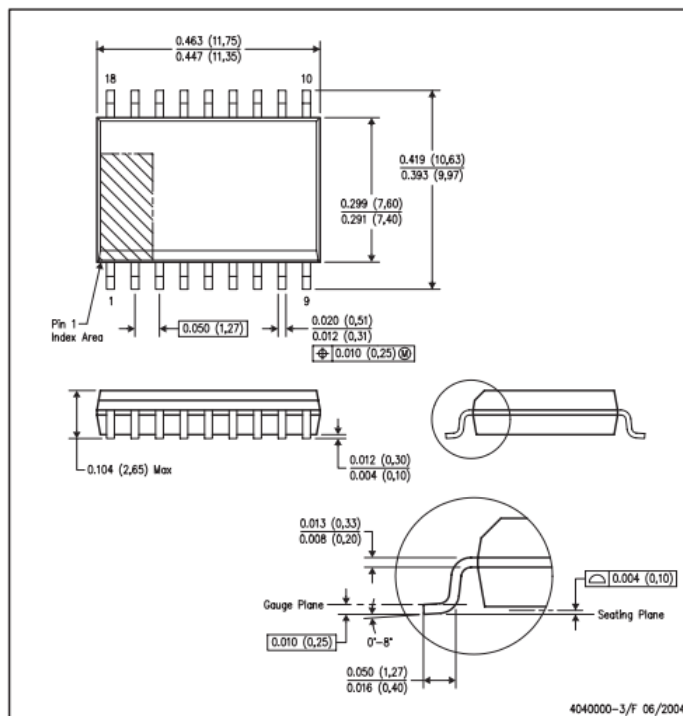


Рисунок 3.26 – Корпус SOIC-16 мікросхеми ULN2003A

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ULN2003A входить у сімейство мікросхем ULN200X. Різні версії цієї мікросхеми призначені для роботи з різними типами логіки. Зокрема, ULN2003A призначений для використання з TTL-логікою (5 В) та логічними пристроями CMOS. Застосування ULN2003A розповсюджено в схемах управління різноманітними навантаженнями, такими як драйвери реле, дисплеїв, лінійні драйвери тощо, а також в системах керування кроковими двигунами.

Напруга колектор-емітер – 50В

Постійний струм колектора – 500мА

Струм захисного діода – 500мА

Вхідний струм при $V_i = 5V$ – 1.35мА

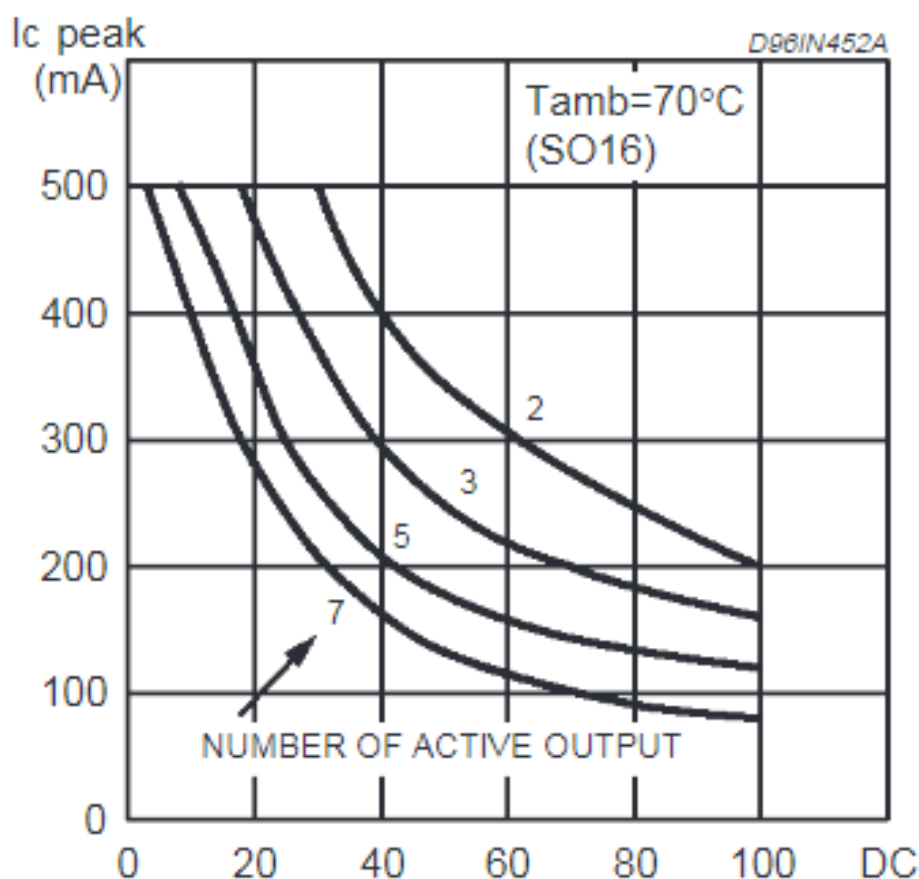


Рисунок 3.27 - Максимальний струм, який може протікати через колектор транзистора під час пікового моменту сигналу.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

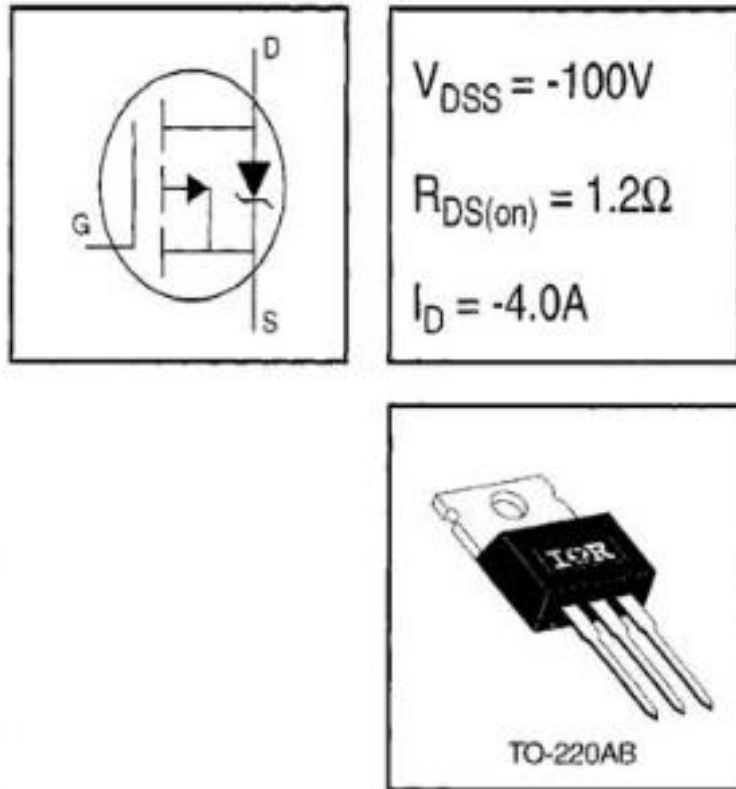


Рисунок 3.28 - N-канальний MOSFET IRF9510PBF

IRF9510PBF - це потужний N-канальний MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor), призначений для використання в комутаційних і потужних електронних пристроях. Ось характеристики та опис цього транзистора:

Характеристики:

1. Напруга сток-витік : -100 В
2. Напруга затвор-витік : ± 20 В
3. Струм стоку : -14 А
4. Омичний опір сток-витік : 0.55 Ω (макс.)
5. Максимальна потужність : 75 W
6. Температурний діапазон: -55°C до +175°C
7. Тип корпусу: TO-220AB

IRF9510PBF - це N-канальний MOSFET, що працює на принципі полевого ефекту. Він забезпечує ефективне управління потоком струму від джерела до стоку за допомогою зміщення напруги на затворі. Цей транзистор спеціально призначений для використання в комутаційних схемах, де важлива ефективність управління потужністю та швидкість комутації.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕЛІТ 8.171.00.10.612 ПЗ

Арк.

66

Його великий діапазон робочих температур та висока гранична напруга дозволяють використовувати цей транзистор в різноманітних умовах і застосуваннях. ТО-220АВ корпус забезпечує зручний монтаж на платі та хороше розсіювання тепла.

Управління MOSFET транзистором IRF9510PBF через оптоізоляційний модуль TLP281-4 має кілька переваг:

1. Гальванічна ізоляція:

Оптоізоляційний модуль забезпечує гальванічну ізоляцію між управляючим і керованим колами. Це може бути корисним для захисту від електричних перешкод і зменшення ризику пошкодження електроніки від перенапруг чи коротких замикань.

2. Управління високим струмом і напругою:

MOSFET транзистор IRF9510PBF може витримувати високі струми та напруги, що робить його придатним для використання в потужних апаратах. Оптоізоляційний модуль, в свою чергу, може забезпечити ізоляцію від таких потужних навантажень.

3. Спрощення схеми підключення:

Використання оптоізоляційного модуля спрощує схему підключення, оскільки він забезпечує інтерфейс між логічними рівнями та потужними електричними колами, не вимагаючи складних схем підсилення чи ізоляції.

4. Зниження впливу шумів:

Гальванічна ізоляція допомагає зменшити вплив електромагнітних шумів і перешкод на сусідні ланцюги, що може бути важливим для стійкої роботи системи.

5. Використання в автоматизованих системах:

Такі рішення часто застосовуються в автоматизованих системах, в програмованих логічних контролерах (ПЛК) для керування різними електричними пристроями, такими як мотори, реле, лампи тощо.

6. Захист електроніки:

Завдяки ізоляції можна запобігти можливому пошкодженню електроніки від високих напруг та струмів в керованому колі.

Загалом, використання оптоізоляційного модуля TLP281-4 для управління MOSFET транзистором дозволяє покращити надійність, безпеку та ефективність системи управління.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата

3.5 Розроблення програмного забезпечення за допомогою інструментального середовища SCADA-системи

3.5.1 Програмне забезпечення ПЛК на базі Arduino Mega 2560

Програмне забезпечення для контролера розробляється в програмному середовищі FL-Prog.

Програма FLProg дозволяє створювати прошивки для плат Arduino за допомогою графічних мов FBD і LAD, які є стандартом у сфері програмування промислових контролерів.

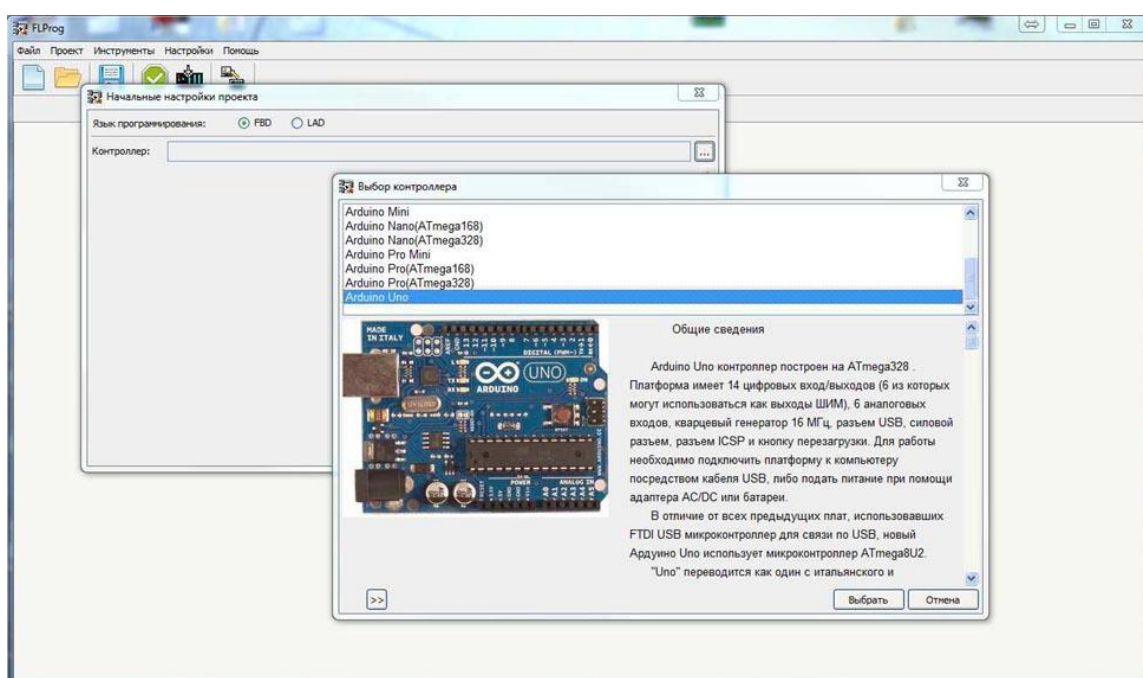


Рисунок 3.29 – Стартове вікно програми FL-Prog

Логічні блок-схеми (Ladder Diagrams або Ladder Logic) - це графічна мова програмування, що використовується для програмування логічних контролерів (PLC) та інших промислових автоматизованих систем. Вони широко використовуються в промисловості для управління процесами та обладнанням. Логічні блок-схеми створюються у вигляді горизонтальних ліній, які нагадують сходи, звідси і походить їхня назва "лестничні діаграми".

Основні елементи логічних блок-схем включають:

Контакти (Contacts): Позначаються як замкнуті (використовуються для логічного «І») або розкриті (використовуються для логічного «АБО»).

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Контакти можуть включати фізичні введення або виведення, такі як кнопки, датчики, реле тощо.

Контактні реле (Relay Coils): Позначаються як котушки. Це виходи або виводи, які викликають дії при активації.

Блоки-дії (Function Blocks): Позначають різні логічні або арифметичні операції. Це може включати перевірку рівності, використання таймерів, лічильників, математичні операції тощо.

Таймери та лічильники: Використовуються для введення затримок або підрахунку кількості подій.

Переходи (Jumps): Вказують напрямок виконання програми, зазвичай за умови виконання певного умовного оператора.

Логічні блок-схеми дозволяють легко візуалізувати логіку управління та взаємодію різних елементів системи. Вони є ефективним засобом програмування для промислових систем, де важлива точність та стабільність управління процесами.

Функціональні блоки, які відповідають за роботу з зовнішніми пристроями є "обгортками" навколо бібліотек, призначених для роботи з ними. Програма працює на комп'ютері під управлінням операційних систем Windows, Linux-32 та Linux-64.

При створенні нового проекту вам запропонують вибрати мову програмування, на якій ви будете створювати проект, і контролер, на якому цей проект буде реалізований.

FBD (Function Block Diagram) - це інша графічна мова програмування, яка широко використовується в автоматизованих системах та програмуванні логічних контролерів (PLC). В FBD програми створюються у вигляді графічних блоків, які виконують різні функції, і ці блоки з'єднуються лініями, що представляють потік даних або управління між ними.

Основні елементи FBD включають:

Блоки-функції (Function Blocks): Це графічні символи, які представляють функціональні частини програми. Вони можуть включати логічні, арифметичні, порівняльні операції та інші.

Введення та виведення (Input/Output): Позначаються як входи та виходи блоків-функцій, вони представляють вхідні та вихідні сигнали, що обробляються.

<i>Змін.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпс</i>	<i>Дата</i>

З'єднувальні лінії: Лінії, які з'єднують входи та виходи блоків, представляючи потік даних або сигналів у програмі.

Текстові мітки: Використовуються для підписування блоків та з'єднувальних ліній, щоб зрозуміти призначення та функції кожного елемента.

Переходи (Transitions): Вказують умови переходу або гілки в програмі. Вони допомагають управляти виконанням програми в залежності від умов.

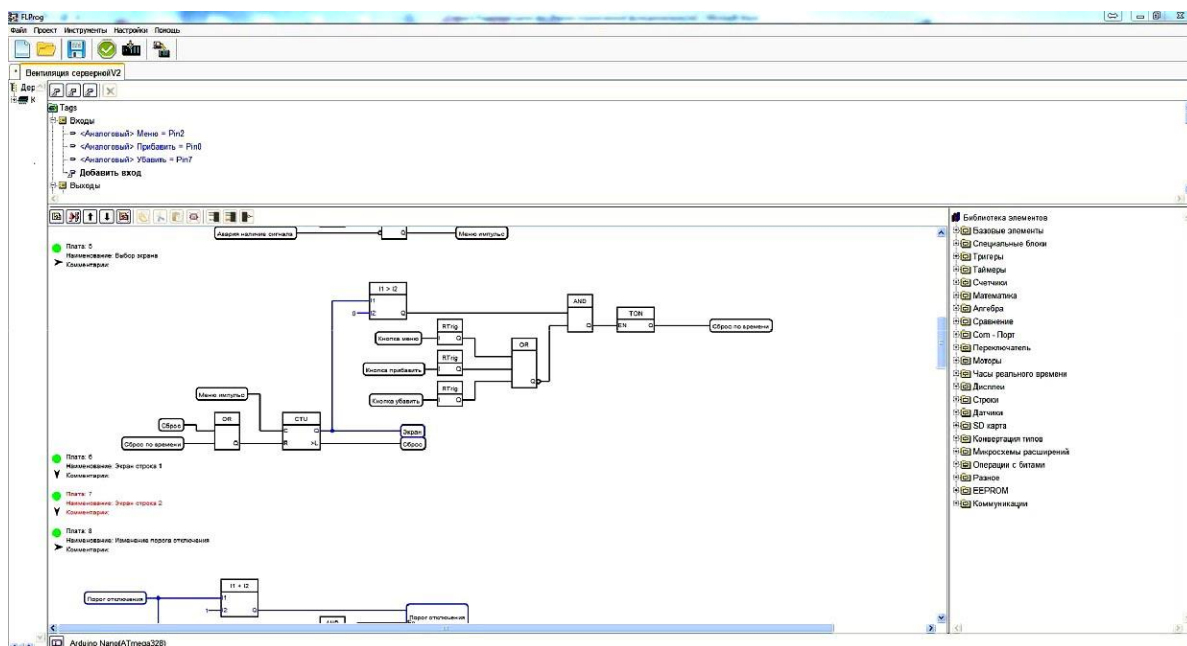


Рисунок 3.30 – Зовнішній вигляд вікна у режимі мови FBD

FBD дозволяє інженерам та програмістам візуально представляти програми для автоматизованих систем, що полегшує розробку та аналіз логіки керування. Ця мова програмування особливо популярна в промисловості, де важливо точно програмувати та контролювати різноманітні процеси.

Проект у FLProg представлений як набір плат, на кожній з яких зібраний завершений модуль загальної схеми. З метою зручності роботи кожна плата має назву та коментарі. Крім того, кожен плату можна згорнути (для економії місця в робочій зоні, коли робота над нею завершена) та розгорнути. Червоний індикатор у назві плати вказує на те, що в схемі плати є помилки. З часом, планується підтримка плат на основі контролерів STM.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

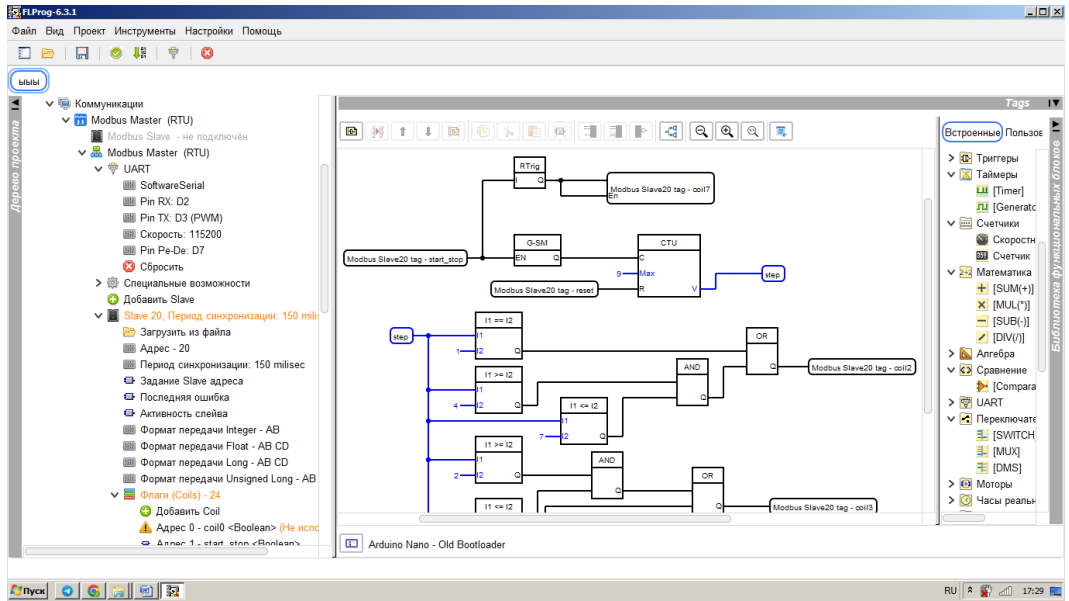


Рисунок 3.31 – Частина програми для ПЛК

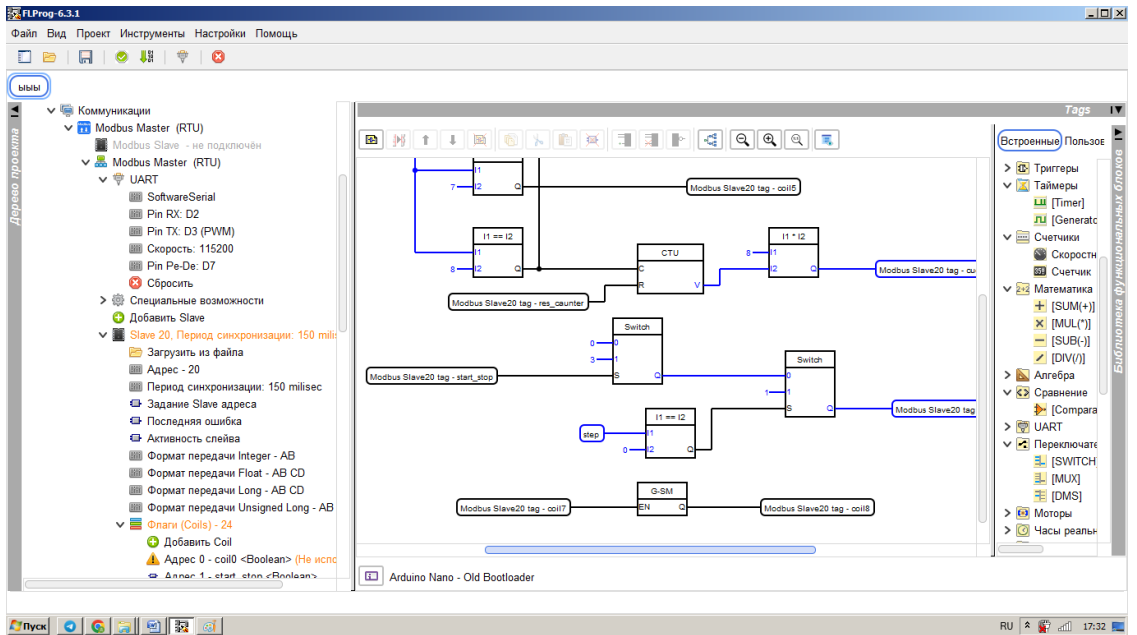


Рисунок 3.32 – Частина програми для ПЛК

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕЛІТ 8.171.00.10.612 ПЗ

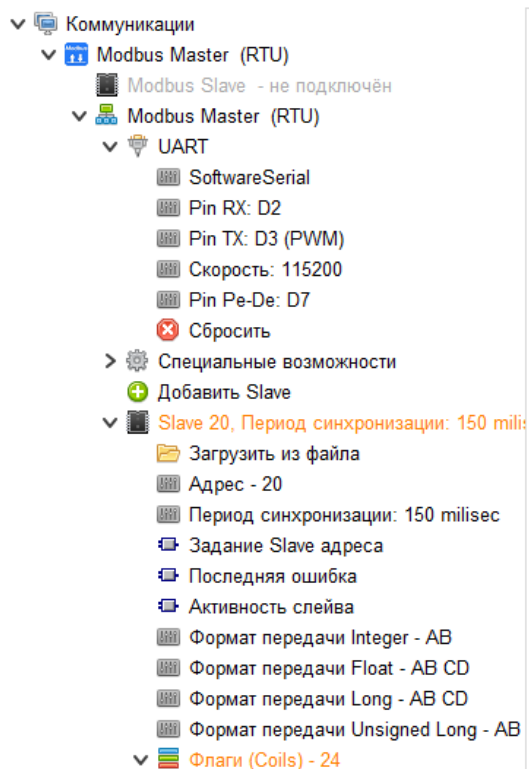


Рисунок 3.33 – налаштування обміну по протоколу modbus rtu

3.5.2 Розробка програмного забезпечення панелі оператора

Для створення програмного забезпечення використовується комплект програм ADP6 корпорації «HITECH ELECTRONICS CORP.».

З допомогою цього комплекту програм проводиться розробка проекту для пульта, симуляція розробленого проекту з метою його відладки, завантаження відкладеного проекту в пульт.

Компоненти мнемосхеми та (або) переліку параметрів розміщуються на активному екрані шляхом вибору їх із пунктів випадаючого меню панелі інструментів "Draw" (компоненти, не пов'язані з параметрами контролера) або "Object" (компоненти, пов'язані з параметрами контролера). Для зручності пункти меню списків "Draw" та "Object" також можуть бути розміщені у вигляді таблиць криптограм "Draw", "Basic Object" безпосередньо у вікні проекту.

Щоб розмістити компонент на екрані, слід клацнути лівою кнопкою миші на обраному пункті випадаючого меню (або на відповідному значку таблиці криптограм). Потім встановити курсор на активний екран, натиснути

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ліву кнопку миші і, не відпускаючи її, охопити область дисплея, на якій потрібно розмістити даний компонент, після чого зафіксувати область одноразовим клацанням лівої кнопки миші.

Щоб вказати властивості розміщеного на екрані компонента (зовнішній вигляд, текст і т.д.), слід клацнути на ньому правою кнопкою миші і вибрати з випадаючого меню пункт "Object Attributes".

Для об'єднання графічних компонентів у бажаний конкретний малюнок можуть використовуватися інструменти списку Draw (лінії, прямокутники і т.п.).

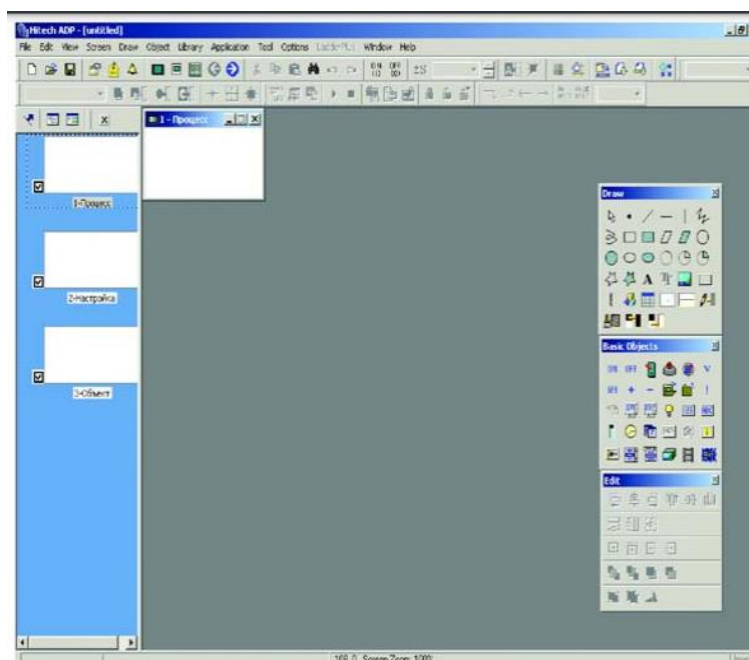


Рисунок 3.34 – Вигляд вікна середовища програми ADP6

Бібліотеку графічних компонентів можна доповнити шляхом імпорту компонентів із інших бібліотек.

Необхідний компонент може бути також створений знову (наприклад, у програмі Corel Draw) і імпортований у потрібному форматі в бібліотеку програми ADP6.

Програма ADP6 також включає вбудований компілятор мови BASIC. Програмування на цій мові використовується в складних проектах, наприклад, коли потрібно автоматично перемикачі сторінок мнемосхем при виникненні певних умов. В більшості випадків для створення мнемосхем не потрібне жодного програмування.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

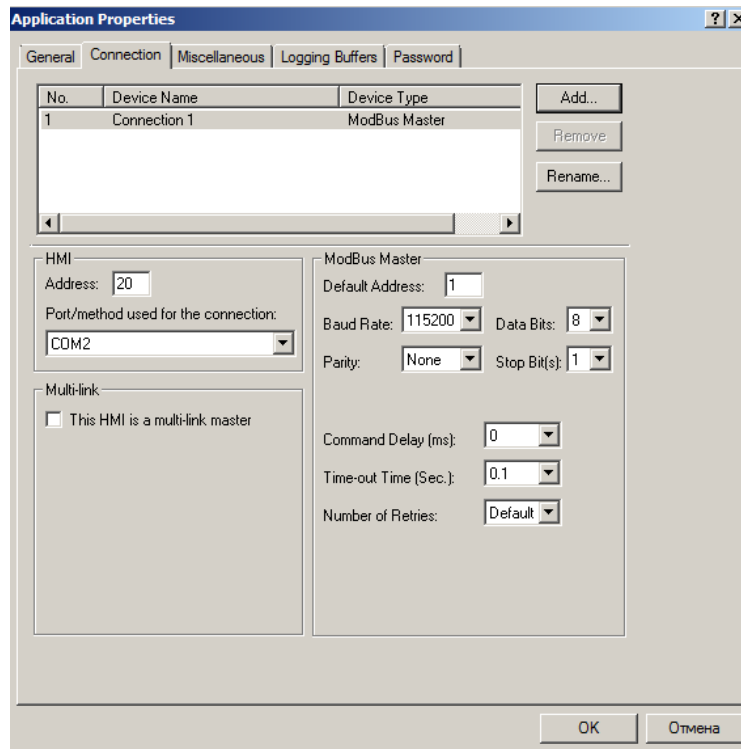


Рисунок 3.35 – Налаштування комунікації панелі оператора з ПЛК

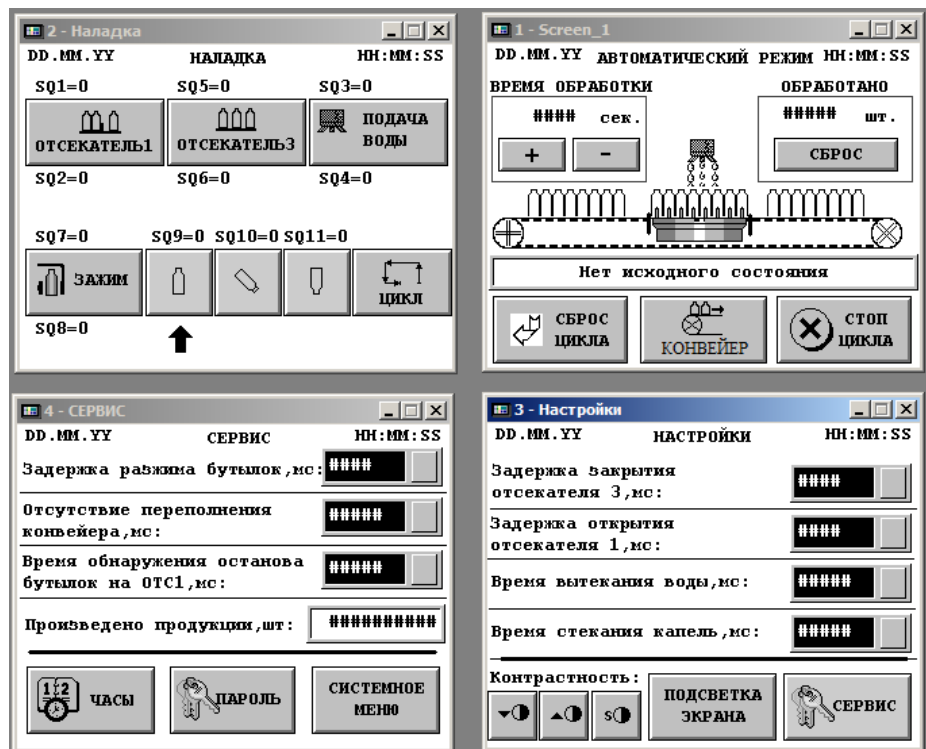


Рисунок 3.36 – Зовнішній вигляд інтерфейсу панелі оператора

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Панель оператора слугує для відображення робочого процесу а також для управління ним. З головного екрану ми можемо задавати час обробки пляшок візуально бачити наявність пляшок на всіх етапах мийки. Можемо запускати/зупиняти та скидати цикл мийки, запускати або зупиняти конвеєр. У вікні статусу відображається статус роботи або підказки такі як (немає вихідних положень виконавчих механізмів, робота або переповнення конвеєру).

На екрані наладки ми можемо в ручному режимі управляти виконавчими механізмами та відслідковувати роботу датчиків.

Для налаштувань роботи циклу мийки існує два додаткові екрани (настройки та сервіс). А також сервісний лічильник який показує кількість відпрацьованих циклів.

3.5.3 Розробка програного забезпечення SCADA TRACE MODE 6

TRACE MODE 6 є кросплатформовим інструментом розробки АСУ-ТП. За допомогою інтегрованої інструментальної системи SCADA TRACE MODE можна:

Підключитися до понад 2812 ПЛК, лічильників та пристроїв за допомогою безкоштовних драйверів або OPC; створити якісний графічний операторський інтерфейс (SCADA/HMI), включаючи web-доступ;

Розробляти АСУ ТП як для Windows, так і для Linux;

створити базову систему запису історії процесу в власній промисловій СУБД;

Писати програми управління на 5-ти мовах стандарту МЕК 6-1131/3, за розкладами, статистичними даними або за допомогою рецептів;

Налаштувати систему безпеки SCADA, що відповідає сучасним вимогам;

Програмувати промисловий контролер (SOFTLOGIC) на 5-ти мовах стандарту МЕК 6-1131/3;

Створити систему управління тривожними та попереджувальними повідомленнями; генерувати якісні звіти за допомогою власного генератора;

Створити АСУ ТП в різних архітектурах: розподілених (PCU), клієнт-серверних або орієнтованих на web;

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Розробляти надійні системи в умовах поганого зв'язку (телемеханіка);
 Легко створювати надійні резервовані системи;
 Користуватися потужними засобами відладки та віддаленої діагностики АСУ.

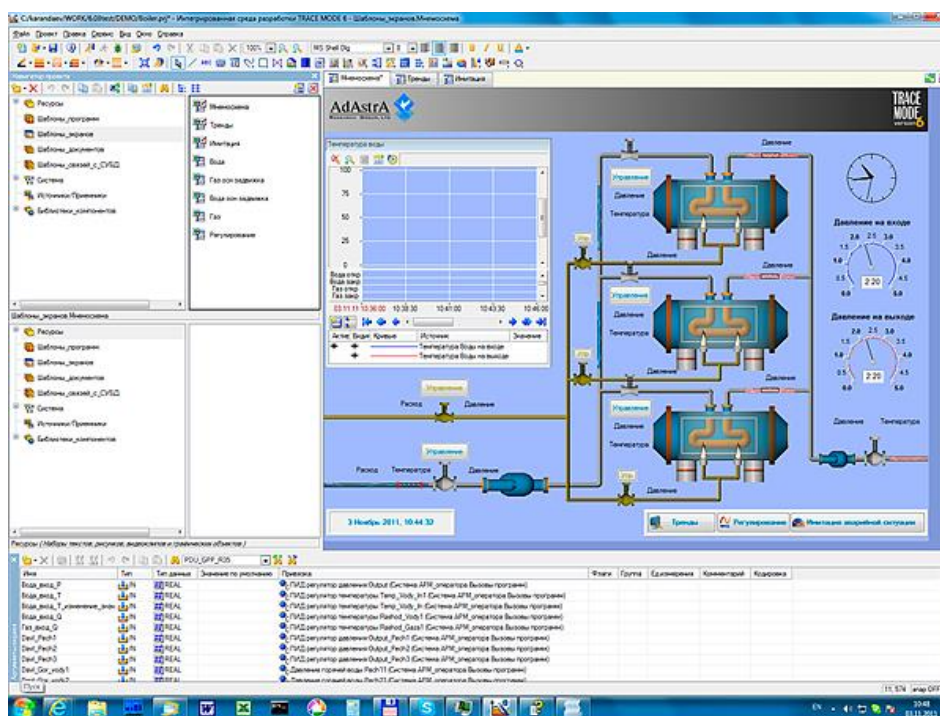


Рисунок 3.37 – Середовище розробки SCADA TRACE MODE 6

Також в систему входять деякі елементи управління бізнес-процесами виробництва:

- системи управління основними коштами та технічним обслуговуванням обладнання (EAM);
- системи управління виробництвом (MES).

За допомогою SCADA TRACE MODE можна створювати системи автоматизації практично будь-яких архітектур.

Графічний редактор SCADA TRACE MODE 6 володіє розширеними засобами розробки графічного інтерфейсу для систем автоматизації технологічних процесів (АСУ ТП). У редакторі вбудовані 3D-інструменти, які дозволяють створювати об'ємні зображення різноманітних об'єктів, таких як баки, ємкості, труби, насоси тощо. Також є бібліотека електричних символів.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

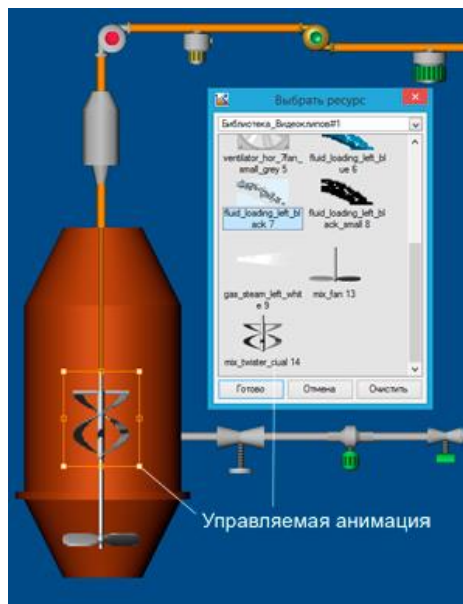


Рисунок 3.38 – Приклад візуалізації SCADA TRACE MODE

Редактор має вбудовану 3D-графіку (не бібліотеки), яка дозволяє створювати об'ємні зображення різних об'єктів. Загалом, редактор надає 132000 вбудованих 3D-інструментів для зображення трубопровідної арматури та емкостей.

Зображення можуть бути анімовані, змінюючи свій колір, розмір та положення в залежності від значень відповідного параметра. Прозорість об'єктів можна контролювати за допомогою значень з каналів і аргументів системи, відкриваючи нові можливості для графічного представлення інформації.

Редактор також має бібліотеку з 28859 символами електричних об'єктів. Система дозволяє створювати необмежену кількість графічних екранів, які можуть бути статичними чи впливаючими, і між якими можна встановлювати переходи. Можливість використовувати багатошаровий інтерфейс, де кожен шар можна інтерактивно управляти, дає нові можливості для візуалізації даних.

Технологія 3D Fast+ забезпечує швидке відображення графічних екранів в реальному часі. Редактор також включає графічні панелі з простішою графікою для використання в контролерах та на панельних ПК. Є можливість створювати багатомоніторні комплекси, включаючи десятки графічних екранів з єдиною графічною областю.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

SCADA- система керування технологічним процесом розливу йогурта передбачає візуалізацію всіх етапів на екрані ПК. Для данного проекту була розроблена мнемосхема ділянки підготовки миючого розчину та процесу мийки пляшок.

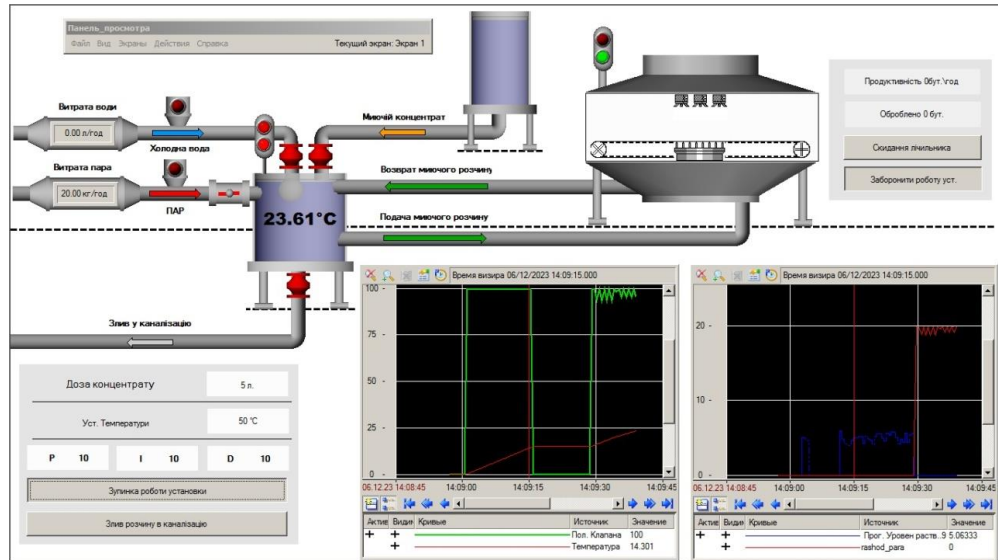


Рисунок 3.39 - Мнемосхема scada-системи

Данна мнемосхема дозволяє слідкувати за процесом підготовки розчину та мийки пляшок в реальному часі. Дозволяє відслідковувати економічні показники такі як витрата пари, витрата води, витрата миючого розчину а також вносити корективи в технологічний процес безпосередньо з ПК.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1 Розрахунок повної собівартості ПЛК на базі Arduino Mega 2560 для scada-системи керування технологічним процесом розливу йогурта.

Собівартість продукту представляє собою суму грошових витрат, які підприємство понесло на виробництво та реалізацію продукту. Вона включає в себе поточні витрати на всі етапи виробництва і збуту товару. Зокрема, витрати на виробництво формують виробничу (заводську) собівартість, а узагальнені витрати на виробництво та збут утворюють повну собівартість.

Витрати, пов'язані із виробництвом та реалізацією продукту "ПЛК на базі Arduino Mega 2560", групуються по наступних статтях:

- витрати на матеріали та комплектуючі;
- основна заробітна плата;
- додаткова заробітна плата;
- соціальні відрахування з заробітної плати;
- витрати на оренду машинного часу або експлуатацію обладнання;
- загальновиробничі витрати;
- адміністративні витрати;
- витрати на збут (реалізацію) продукту.

Витрати на сировину та комплектуючі враховуються відповідно до інформації про матеріали, сировину та комплектуючі, які використовуються для виробництва одиниці продукції (див. таблицю 4.1).

Видатки на основну заробітну плату (Z_o). Основна заробітна плата розраховується по наступній формулі:

$$Z_o = \sum_{i=1}^n TC \cdot Ч, \quad (4.1)$$

де $TC = 42$ – тарифна ставка робітника, що задіяний у виробництві устрою, грн./година;

$Ч = 20$ – витрачене робітником час на виробництво й налагодження пристрою;

$n = 1$ – кількість працівників задіяних у виробництві.

Таким чином, використовуючи вираження (4.1),

$$Z_o = \sum_{i=1}^1 42 \cdot 16 = 672 \text{ грн.}$$

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата

Додаткова заробітна плата. Видатки на додаткову заробітну плату звичайно становить від 10% до 30% від основної:

$$Z_d = Z_o \frac{K_d \%}{100}, \quad (4.2)$$

де K_d – відсоток додаткової заробітної плати.

Таблиця 4.1 – Видатки на матеріали й комплектуючі вироби

Найменування комплектуючих	Ціна, грн.	Кількість, шт.	Сума на виріб, грн.
Конденсатор електролітичний 1.0мкФ 25В CapXon	2,80	5	14,00
Резистор SMD 4.7кОм 1206	0,40	32	12,80
Резистор SMD 10 кОм 0805	0,12	63	7,56
Резистор SMD 1 кОм 1206	0,24	56	13,44
Резистор SMD 20 кОм 0805	0,40	3	1,20
Стабілітрон 1N4745A	1,50	28	42,00
Випрямний діод 1N4005	1,20	28	33,60
Транзистор IRF9510PBF	26,93	28	754,04
Оптоізолятор TLP281-4	38,70	15	580,50
Транзисторна збірка ULN2003	7,00	4	28,00
Мікросхема MAX485	13,93	1	13,93
Мікросхема MAX232	17,00	1	17,00
Плата Arduino Mega 2560	552,50	1	552,50
Лист текстоліту	30,00	1	30,00
Припій			5,50
Разом:			2106,07

Приймаючи $K_d = 10\%$, по формулі (4.2) знаходимо

$$Z_d = 672 \cdot \frac{15\%}{100} = 100,80 \text{ грн}$$

Змін.	Арк.	№ док.ум.	Підпс	Дата

ЕЛІТ 8.171.00.10.612 ПЗ

Арк.

80

Соціальні відрахування від заробітної плати включають відрахування від суми основної та додаткової зарплати за встановленими ставками, які включають: на обов'язкове державне пенсійне страхування;

- обов'язкове державне пенсійне страхування;
- державне страхування від нещасних випадків;
- у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності й витратами, обумовленими народженням дитини і похоронами:
 - обов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття;
 - відрахування у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності, а також витратами, пов'язаними з народженням дитини та похоронами.

$$B_{cb} = (Z_o + Z_d) \cdot \frac{36,3\%}{100}. \quad (4.3)$$

Підставляючи у вираження (4.3) значення Z_o й Z_d ,

$$B_{cb} = (672 + 100,80) \cdot \frac{36,3\%}{100} \approx 282,84 \text{ грн.}$$

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання розглядаються з урахуванням того, що обладнання є частиною активів підприємства. Витрати на утримання та експлуатацію обладнання (ВУЕ) становлять визначений відсоток від основної заробітної плати. Цей відсоток визначається на основі аналізу повної собівартості продукту і, у середньому, становить 120-150%.

$$B_{UE} = Z_o \cdot \frac{B_{UE}\%}{100}, \quad (4.4)$$

або з обліком (4.4), приймаючи $B_{UE} = 120\%$, одержуємо

$$B_{UE} = 672 \cdot \frac{120\%}{100} = 806,40 \text{ грн}$$

Загальновиробничі видатки охоплюють витрати, пов'язані з управлінням підрозділом (цехом), витрати на службові відрядження працівників цього підрозділу (цеху), амортизаційні відрахування від вартості основних фондів загального призначення та інші витрати. Рівень загальновиробничих видатків (B_z) визначається на основі аналізу повної собівартості продукту і, в середньому, може складати 130-250%. Розмір загальновиробничих видатків

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

визначається як відсоток B_3 виробничих видатків від основної заробітної плати.

$$B_3 = Z_o \cdot \frac{B_3\%}{100}. \quad (4.5)$$

Отже, з обліком $B_3 = 150\%$ з вираження (4.5) можна визначити

$$P_n = 672 \cdot \frac{150\%}{100} = 1008,00 \text{ грн.}$$

Виробнича собівартість C_6 включає видатки на виробництво пристрою (таблиця 4.2, сума пп. 1-6):

$$C_6 = 672 + 100,80 + 282,84 + 2106,07 + 806,40 + 1008 \approx 4976 \text{ грн.}$$

Адміністративні видатки охоплюють різноманітні витрати, пов'язані з управлінням виробництвом та діяльністю підприємства. Серед елементів адміністративних видатків можуть бути витрати на керування виробництвом, службові відрядження адміністрації, пожежну та загальну охорону, підготовку кадрів, транспортування працівників, виплату відсотків за різними видами кредитів, оплату лізингованих матеріальних цінностей, а також послуг комерційних банків та інших фінансових установ.

Рівень адміністративних видатків (B_a) визначається шляхом аналізу повної собівартості продукту i , у середньому, може складати 140-200%. Розмір адміністративних видатків визначається як відсоток адміністративних видатків від основної заробітної плати.

$$B_a = Z_o \cdot \frac{B_a\%}{100}. \quad (4.6)$$

Таким чином, приймаючи $B_a = 140\%$, з виразу (4.6) слідує

$$B_a = 672 \cdot \frac{150\%}{100} = 1008 \text{ грн}$$

Позавиробничі (комерційні) видатки B_n включають видатки на рекламу й передпродажну підготовку продукту. Орієнтовно ці видатки визначаються в розмірі 5-10 % від виробничої собівартості:

$$B_n = C_6 \cdot \frac{B_n\%}{100}. \quad (4.7)$$

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата

Отже, приймаючи $B_n = 5\%$, з вираження (4.7) можна визначити

$$B_n = 4976 \cdot \frac{5\%}{100} = 248,80 \text{ грн}$$

Повна собівартість C виробленого продукту обчислюється як

$$C = C_e + B_a + B_n,$$

тобто з урахуванням знайдених значень $C_e = 4976$ грн., $B_a = 1008$ грн. і $B_n = 248,80$ грн. одержуємо

$$C = 4976 + 1008 + 248,80 = 6232,80 \text{ грн.}$$

Калькуляція собівартості продукту зведена в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Калькуляція собівартості продукту

Найменування статей калькуляції	Значення, грн.
1. Основна заробітна плата	672
2. Додаткова заробітна плата	100,80
3. Відрахування від заробітної плати	282,84
4. Матеріали й комплектуючі вироби	2106,07
5. Видатки на утримання й експлуатацію встаткування	806,40
6. Загальвиробничі видатки	1008
Виробнича собівартість:	4976
7. Адміністративні видатки	1008
8. Позавиробничі (комерційні) видатки	248,80
Повна собівартість:	6232,80

4.2 Розрахунок ціни ПЛК на базі Arduino Mega 2560

У рамках ринкової економіки існують різні методи формування цін, включаючи собівартість плюс прибуток, забезпечення фіксованого обсягу прибутку та адаптацію до рівня попиту. Підхід "собівартість плюс прибуток" використовується для розрахунку оптової ціни продукту.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

$$C_{opt} = C + П, \quad (4.8)$$

де C – собівартість продукту;

$П$ – величина прибутку.

Прибуток ($П$) визначається на основі нормативу (показника) рентабельності (R) виробництва продукції, який встановлюється підприємством.

$$R = \frac{П}{C} \cdot 100\%, \quad (4.9)$$

Рентабельність R продукту береться в розмірі до 35%.

Тоді з формул (4.8) і (4.9) оптова ціна продукту визначається як

$$C_{opt} = C + \frac{R \cdot C}{100}, \quad (4.10)$$

а роздрібна ціна з урахуванням ПДВ, що становить 20%,

$$C_{роз} = 1,2 \cdot C_{opt}. \quad (4.11)$$

Застосовуючи вираження (4.10) і (4.11) з обліком $R = 8\%$, знаходимо значення оптової ціни

$$C_{opt} = 6232,80 + \frac{8\% \cdot 6232,80}{100} \approx 6732,42 \text{ грн.}$$

і значення роздрібною ціни

$$C_{роз} = 1,2 \times 6732,42 \approx 8077,70 \text{ грн.}$$

Отже, надана орієнтовна оцінка собівартості розробленої системи та розрахована роздрібна ціна за методикою "собівартість плюс прибуток" дозволяє приблизно оцінити економічну вигоду від впровадження даного продукту. Переваги цієї методики полягають у її простоті та чіткості, яка виражається у відшкодуванні витрат на виробництво та забезпеченні прибутковості від створення та реалізації продукту.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Проте, недолік даної методики полягає в тому, що вона слабо враховує ринкові фактори ціноутворення, зокрема, попит. В реальній перехідній економіці можуть виникати ситуації, коли цей метод є доцільним, наприклад, в умовах відсутності конкуренції (монополії), при обмеженні рентабельності продукції з боку держави, виконанні одноразових замовлень або виготовленні оригінальної продукції.

Використання ПЛК на базі Arduino Mega 2560 передбачає використання додаткових електронних вузлів, які повинні бути сумісні за методами кодування та передачі даних. Це може призвести до певного збільшення загальної вартості устрою. Для визначення реальної ціни, яка відповідала б умовам існуючого ринку, необхідні відповідні маркетингові дослідження.

Розглянутий ПЛК може бути використаний в складі SCADA-систем для різних розподілених інформаційних систем, таких як локальні та глобальні обчислювальні мережі, автоматизовані системи керування і т.д. Його характеристики включають багатоточковий послідовний канал зв'язку RS485, RS232 для асинхронного інтерфейсу (UART), 32 дискретних входи (24V) та 28 дискретних виходів (24V).

Інші подібні рішення на ринку існують, але вони часто мають складну реалізацію та високу вартість. Багато з їх функцій можуть бути непотрібними на практиці. Ціна таких пристроїв зазвичай коливається від 20 до 50 тис. грн.

Отже, розроблений ПЛК для системи керування технологічним процесом розливу йогурту, з ціною в 2-5 разів нижче, є конкурентоспроможним і економічно вигідним у порівнянні з існуючими рішеннями.

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

ВИСНОВКИ

У даній роботі була висвітлена актуальна проблема в харчовій промисловості, пов'язана з необхідністю впровадження інноваційних технологій для оптимізації процесів та підвищення якості продукції. Дипломний проект, спрямований на автоматизацію технологічного процесу розливу йогурту з використанням системи СКАДА, визначає перспективний шлях для покращення виробництва в галузі харчової промисловості.

Впровадження системи СКАДА передбачає підняття ефективності виробництва, зниження втрат ресурсів та покращення якості продукції. Шляхом заміни ручного контролю система СКАДА надає можливість реального моніторингу, аналізу та автоматизації ключових параметрів, що сприяє оптимальному використанню ресурсів та точному управлінню процесом.

Важливим аспектом проекту є не лише розробка програмного забезпечення для інтеграції з системою СКАДА, але й глибокий аналіз технологічного процесу розливу йогурту з метою визначення оптимальних умов функціонування. Це дозволяє встановлювати точні параметри, моніторити процес та виявляти можливі несправності.

Впровадження автоматизованої системи СКАДА вирішує не тільки завдання підвищення продуктивності та зниження витрат, але й покращує якість продукції, що особливо важливо в умовах сучасного ринку з високим попитом на безпечні та якісні харчові продукти.

Завдяки впровадженню SCADA-системи для автоматизації ділянки підготовки тари, проект розвиває ефективно та автоматизоване виробниче середовище, сприяє підвищенню продуктивності, зниженню витрат та забезпечує стабільну якість продукції. Ця ініціатива відкриває нові перспективи для модернізації та удосконалення процесів в харчовій промисловості, сприяючи інтелектуалізації виробництва.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. АВТОМАТИКА ТА ЕЛЕКТРОПРИВОД ТЕХНІКИ РЕЄСТРАЦІЇ ІНФОРМАЦІЇ: Навчальний посібник / Г.Г. Власюк, В.М. Співак, К.О. Трапезон, В.Б. Швайченко – К.: Освіта України, 2010. – 159 с
2. Економіка підприємства: підручник. / І.М.Бойчик. – К.: Кондор - Видавництво, 2016. – 378 с.
3. Reference Manual ATmega1280/1281/2560/2561 / – К.: Atmel Corporation, 2005. – 407 с.
4. Technical Documents ULN2003AN High-Current Darlington Transistor Arrays [Електронний ресурс]. 2022, Texas Instruments Incorporated
Режим доступу : <https://www.ti.com/lib>
5. General Description MAX485[Електронний ресурс]. 2014, Maxim Integrated Products, Inc. Режим доступу : maximintegrated.com
6. Datasheet TLP281-4 TOSHIBA PHOTOCOUPLER GaAs IRED & PHOTO-TRANSISTOR [Електронний ресурс]. 2002, Режим доступу : <http://www.semicon.toshiba.co.jp/eng>
7. ДСТУ 3008:2015 Інформація та документація. Звіти у сфері науки і техніки. Структура та правила оформлювання [Електронний ресурс]. [Чинний від 2017-01-07.]. – (Національні стандарти України). – Режим доступу : <https://bit.ly/3YKIq4g>.
8. ДСТУ ГОСТ 2.104:2006 Єдина система конструкторської документації. Основні написи (ГОСТ 2.104-2006, IDT) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://bit.ly/3yzzw98j>.
9. ДСТУ ГОСТ 2.051:2006 Єдина система конструкторської документації. Електронні документи. Загальні положення (ГОСТ 2.051-2006, IDT) [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://bit.ly/3mNvWMj>.
10. ДСТУ 2941-94 Системи оброблення інформації. Розроблення систем. Терміни та визначення [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://bit.ly/3ZLuCrC>.
11. ГОСТ 19.701-90 (ИСО 5807-85). Єдина система програмної документації. Схеми алгоритмів, програм, даних та систем [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://bit.ly/3JAWIFN>.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпс	Дата

12. ГОСТ 34.201-89. Інформаційна технологія. Комплекс стандартів на автоматизовані системи. Види, комплектність та позначення документів при створенні автоматизованих систем [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://bit.ly/3ZKq6JU>.
13. ДСТУ 8302:2015 Інформація та документація. Бібліографічне посилання. Загальні положення та правила складання [Електронний ресурс]. – Київ : УкрНДНЦ, 2017. – Режим доступу : <https://bit.ly/3TeLsN2>.
14. ГОСТ 2.105-95 ЕСКД. Єдина система конструкторської документації. Загальні вимоги до текстових документів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://bit.ly/3YJsf7q>.
15. ГОСТ 2.106-96 ЕСКД. Єдина система конструкторської документації. Текстові документи [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://bit.ly/3Tadvxj>.
16. ГОСТ 2.701-2008 ЕСКД. Єдина система конструкторської документації. Схеми. Види та типи. Загальні вимоги до виконання [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://bit.ly/3JhhBPу>.
17. ГОСТ 2.102-2013 ЕСКД. Єдина система конструкторської документації. Види та комплектність конструкторських документів [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://bit.ly/3JAXXiP>.
18. ДСТУ ГОСТ 2.702:2011 ЕСКД. Єдина система конструкторської документації. Правила виконання електричних схем [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://bit.ly/3JayFqB>.
19. ГОСТ 2.709-81 ЕСКД. Єдина система конструкторської документації. Правила виконання електричних схем цифрової обчислювальної техніки [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://bit.ly/404bCEK>.
20. ДСТ 2.709-89 (СТ СЭВ 3754-82, СТ СЭВ 6308-88). Єдина система конструкторської документації. Позначення умовні проводів і контактних з'єднань електричних елементів, устаткування і ділянок ланцюгів в електричних схемах [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://bit.ly/3yJm6xp>.
21. ГОСТ 2.710-81 ЕСКД. Єдина система конструкторської документації. Позначення буквено-цифрові в електричних схемах [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://bit.ly/407S0Q8>.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

22. ГОСТ 2.301-68 ЕСКД. Єдина система конструкторської документації. Формати. – Режим доступу : <https://bit.ly/3TeZqi2>.
23. ГОСТ 2.004-88 ЕСКД. Єдина система конструкторської документації. Загальні вимоги до виконання конструкторських та технологічних документів на друкуючих та графічних пристроях виведення ЕОМ [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://bit.ly/3yFiRqT>.
24. Теорія автоматичного управління: Навчальний посібник [Електронний ресурс] : навч. посіб.: О. Й. Штіфзон, П. В. Новіков, В.П. Бунь. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 144 с.
25. Методичні вказівки щодо виконання кваліфікаційної роботи магістра зі спеціальності 171 «Електроніка» освітньо-професійної програми «Електронні системи та компоненти» / укладачі: І. А. Кулик, А. І. Новгородцев, В. В. Арбузов, М. С. Шевченко. – Суми : Сумський державний університет, 2023. – 58 с.

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата