

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

Факультет Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

«До захисту в ЕК»
Декан факультету

_____ Андрій Форсюк
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ____ » лютого 2024 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

_____ Ярослав Смітюх
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ____ » лютого 2024 р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»

на тему: Розробка системи автоматизації приймання та попередньої сушки зерна

Виконав: здобувач 3 курсу, групи ЗАВ-3-1

_____ Таран Денис Вадимович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Смітюх Ярослав Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (підпис)

_____ (підпис)

Рецензент Володимир МАРЧЕНКО
(ім'я та прізвище) (підпис)

Я як здобувач (ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав (-ла) і не одержував (-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Факультет *Автоматизації і комп'ютерних систем*

Кафедра *Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління*

Освітній ступінь *бакалавр*

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

Освітньо-професійна програма *«Комп'ютерні системи та програмна інженерія в автоматизації»*

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри АКТСУ
Ярослав Смітюх

« » 202 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Таран Дениса Вадимовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи *Розробка системи автоматизації приймання та попередньої сушки зерна*

керівник роботи доц. к.т.н. Смітюх Ярослав Володимирович,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від — 19 грудня 2023 року №1001-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 14 лютого 2024 р.

3. Вихідні дані роботи *відомості про технологічний процес та режими приймання та сушіння зернових культур, умови експлуатації елеваторів, сушарок та вимоги до їх систем автоматизації, технічна документація на засоби автоматизації та програмні середовища і продукти, матеріали переддипломної практики.*

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

Вступ. 1. Опис об'єкта автоматизації. 1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації. 1.2. Розробка завдання на систему автоматизації. 2. Система автоматизації. 2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО). 2.2. Схема автоматизації. 2.3. Специфікація засобів автоматизації. 3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення. 3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК). 3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру. 4. Креслення встановлення технічних засобів. 5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК). 6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога. 6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI. 6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора. 7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання. 7.1.

Постановка задачі дослідження. 7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі. 7.3. Моделювання САР. 7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Функціональна схема автоматизації 2. Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК. 3. Креслення встановлення технічного засобу.

6. Дата видачі завдання 25 грудня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Здобувач

(підпис)

Денис Таран

Керівник роботи

(підпис)

Ярослав Смітюх

АНОТАЦІЯ

Дана кваліфікаційна робота присвячена розробці та впровадженню системи автоматизації для процесів приймання та попередньої сушки зернових культур. Основною метою є підвищення ефективності та точності цих процесів, забезпечення оптимальних умов для зберігання та подальшого використання зерна.

У роботі використовуються сучасні технології автоматизації, такі як сенсорні системи, мікроконтролери та програмне забезпечення для забезпечення автоматичного контролю та управління процесами. Детальний аналіз вимог та характеристик сприяє визначенню оптимальних параметрів для приймання та сушіння зерна різних видів та сортів.

Отримані результати демонструють покращення у швидкості та ефективності роботи системи, що призводить до зменшення витрат часу та ресурсів. Застосування автоматизованої системи приймання та попередньої сушки зерна відкриває перспективи для підвищення продуктивності та якості обробки зерна в сільському господарстві.

У пояснювальній записці наведено основні розділи, які стосуються розробки даної системи автоматизації.

У графічній частині проєкту наведена: схема автоматизації, схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК, схеми монтажу технічних засобів.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ANNOTATION

This qualification work is devoted to the development and implementation of an automation system for the processes of acceptance and preliminary drying of grain crops. The main goal is to increase the efficiency and accuracy of these processes, to ensure optimal conditions for storage and further use of grain.

The work uses modern automation technologies, such as sensor systems, microcontrollers and software to provide automatic control and management of processes. A detailed analysis of requirements and characteristics helps to determine the optimal parameters for receiving and drying grain of various types and grades.

The obtained results demonstrate an improvement in the speed and efficiency of the system, which leads to a reduction in time and resource consumption. The application of an automated system of receiving and preliminary drying of grain opens up prospects for increasing the productivity and quality of grain processing in agriculture.

The explanatory note contains the main sections that relate to the development of this automation system.

The graphic part of the project includes: the automation scheme, the connection schemes of sensors and VMs to the PLC, the installation schemes of technical equipment.

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

ЗМІСТ

Вступ	7
1. Опис об'єкта автоматизації	9
1.1. Технологічний опис об'єкта автоматизації	9
1.2. Розробка завдання на систему автоматизації	14
2. Система автоматизації	20
2.1. Обґрунтування вибору технічних засобів для вимірювання, виконавчих механізмів (ВМ) та регулюючих органів (РО)	20
2.2. Схема автоматизації	26
2.3. Специфікація засобів автоматизації	30
3. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК) та схеми підключення	31
3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)	31
3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК	40
3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру	45
4. Креслення встановлення технічного засобу	47
5. Опис спеціального програмного забезпечення для промислового логічного контролера (алгоритм та програма для ПЛК)	51
6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога	57
6.1. Переліки вхідних та вихідних сигналів та даних SCADA/HMI	57
6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора	58
7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання	61
7.1. Постановка задачі дослідження	61
7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі	61
7.3. Моделювання САР	67
7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків	68
Висновок	72
Список використаної літератури	73

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Сільське господарство є важливою складовою сучасної економіки, а в оптимізації процесів збирання та обробки зернових культур розкривається потенціал для підвищення ефективності виробництва. Однією з ключових сфер у цьому контексті є приймання та попередня сушка зерна, де впровадження сучасних технологій автоматизації може забезпечити оптимальні умови для зберігання та подальшого використання сільськогосподарської продукції.

В даній роботі ставиться завдання розробки та впровадження системи автоматизації для процесів приймання та попередньої сушки зерна з метою підвищення продуктивності та якості обробки. Розвиток сучасних технологій, таких як сенсорні системи, мікроконтролери та програмне забезпечення, відкриває нові можливості для автоматизованого контролю та управління цими процесами.

Автоматизація виробничих процесів призводить до збільшення випуску продукції, зниження її собівартості, поліпшення якості. Також автоматизація зменшує чисельність обслуговуючого персоналу, підвищує надійність і довговічність машин, дає економію матеріалів, поліпшує умови праці, забезпечує відповідну техніку безпеки.

Автоматизація звільняє людину від необхідності безпосереднього керування механізмами. В автоматизованому процесі виробництва роль людини зводиться до налагодження та обслуговування засобів автоматизації, спостереження за їхньою дією. Експлуатація засобів автоматизації вимагає від обслуговуючого персоналу високої кваліфікації.

При частковій автоматизації частина функцій управління виробництвом автоматизована, а частина виконується робітниками-операторами (напівавтоматичні комплекси). Як правило, така автоматизація здійснюється в тих випадках, коли управління процесами в наслідок їх складності практично недоступні людині.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При комплексній автоматизації всі функції управління автоматизовані, робітники-оператори лише налагоджують техніку і контролюють її роботу (автоматичні комплекси). Комплексна автоматизація вимагає вживання таких систем, машин, обладнання, допоміжної техніки, робота яких перетворює вихідні матеріали на готовий продукт без фізичного втручання людини. Повна автоматизація виробництва – вищий рівень автоматизації, яка передбачає передачу всіх функцій управління і контролю комплексно-автоматизованим виробництвом автоматичним системам управління.

Автоматизація виробництва завжди була однією з основних складових прискорення науково-технічного прогресу в агропромисловому комплексі. У сучасний період вона набула нових рис, що пов'язано з розвитком технічних засобів мікропроцесорної техніки, функціональні можливості якої дають змогу впроваджувати найдосконаліші методи в рамках сучасних складних систем.

Аналіз існуючих проблем у прийманні та сушінні зерна дозволяє визначити напрямки подальших досліджень та розробок, спрямованих на зниження витрат ресурсів та оптимізацію виробничих процесів. Представлення ефективних рішень у цьому напрямку може значно покращити конкурентоспроможність сільськогосподарських підприємств та сприяти стійкому розвитку аграрного сектору.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Опис об'єкта автоматизації

1.1 Технологічний опис об'єкта автоматизації

Зерновий елеватор – це спеціальний зберігальний об'єкт, призначений для приймання, зберігання та обробки зернових культур, таких як пшениця, ячмінь, кукурудза, соя та інші. Основне призначення зернового елеватору включає в себе наступні функції:

1. **Приймання зерна:** Зерновий елеватор служить для приймання сільськогосподарської продукції від фермерів та інших постачальників. Здійснюється контроль якості та кількості зерна.

2. **Зберігання:** Головна функція елеватора полягає у тривалому зберіганні зерна. Зерно може зберігатися в бункерах, силосах або інших спеціальних контейнерах з урахуванням оптимальних умов температури та вологості, що запобігає втратам та псуванню.

3. **Сортування та очищення:** Елеватори також можуть обробляти зерно шляхом його очищення від домішок, сортування за розміром чи вагою. Це допомагає підвищити якість зберігання та подальшого використання продукції.

4. **Вивантаження:** При настанні часу для продажу чи використання зерна елеватор забезпечує його вивантаження для подальшого транспортування до точок призначення, таких як млини, кормосумішеві заводи чи інші об'єкти.

5. **Контроль умов зберігання:** Зерновий елеватор оснащений системами контролю температури, вологості та інших параметрів, що забезпечують оптимальні умови для зберігання зерна та запобігають його пошкодженню чи втратам.

Основне завдання зернового елеватора полягає у підтриманні якісного та безперебійного зберігання зернової продукції, забезпеченні високої ефективності управління та максимальному зниженні втрат.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Таран Д. В.			Розробка системи автоматизації приймання та попередньої сушки зерна	Літ.	Арк.	Архивів
Керівник		Смітюх Я. В.					9	
Зав.кафедри		Смітюх Я. В.				НУХТ ЗАВ-3-1		
Секр. ЕК		Крупська Т. М.						

Основне призначення зернового елеватору - приймання, переробка, зберігання і відпуск зерна споживачам.

Основні культури: кукурудза, пшениця, рапс продовольчий, ячмінь (фуражний, пивоварний).

Проектом передбачається прийом зерна з автомобільного транспорту з зважуванням його на автомобільних вагах, очищення на 3-х сепараторах TEXAS SHAKER, сушіння на 4-х сушарках, оперативне зберігання в ємностях сирого і сухого зерна, остаточне зберігання в чотирьох металевих силосах місткістю по 20 000 т. і дванадцяти силосах місткістю по 35 000 т., відпуск зерна на залізницю та автотранспорт.

Контроль якості зерна та контроль технологічного процесу на елеваторі (рисунок 1.1) ведеться виробничо-технічною лабораторією.

До складу технологічних об'єктів зернової ділянки № 1 входять:

1. Спеціалізований склад силосного типу, якій складається з 10 ємностей для зберігання зерна (4 штуки об'ємом 20 тис. тон, 6 штук об'ємом 29 тис. тон: загальна ємність - 254 тис. тон); хопера для зберігання зерна - 8 штук по 1500 тон (загальна ємність - 12 тис. тон) - всього для одночасного зберігання задіяні 266 тис. тон ємностей; 4 оперативні ємності для зберігання вологого зерна місткістю 1500 тон кожна (загальна ємність - 6 тис. тон);

2. Технологічне обладнання на одну станцію вивантаження автотранспорту (далі - СВА) з шістьма прийомними бункерами для вивантаження а/м (ПРАГ (пристрій розвантажувальний автоматичний гідравлічний) - 2шт., прийомні бункери - 6шт.);

3. Система конвеєрних ліній та норій (10 позиція - 4 штуки: 2 – 600 тон, 1-100 тон, 1 - 500 тон; 1 позиція - 3 штуки: 2 – 600 тон, 1 – 500 тон; 12 позиція - 4 штуки: 2 - 300 тон, 2-100 тон; 13 позиція - 4 штуки: 2 -300 тон, 2-100 тон), яка забезпечує навантаження і вивантаження силосів, а також рух зерна за заданими маршрутами;

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10



Рисунок 1.1 – Загальний вигляд елеваторного комплексу

4. Підготовче відділення очистки від крупних та легких домішок (очисні машини - 3 штуки: дві - для приймання вологого зерна (виробнича потужність - 600 тон/год.), одна - для приймання сухого зерна (виробнича потужність - 500 тон/год.);

5. Сушка зерна з загальною потужністю 640 тон за годину (сушарки GSI - 2 штуки по 250тон, СІМВРІА - 2 штуки по 70тон);

6. Станції зважування вантажів - залізничні, 150 тон, 1 штука (150-тонні тензометричні залізничні ваги); автомобільні 80-тонні - 6 штук; залізничні колії - 3 штуки;

7. Пункт завантаження залізничних вагонів та автотранспорту (автовідвантаження - 2 ємності по 35 тон, потужність навантаження - 300 тон/год.; відвантаження залізницею - 6 ємностей по 60 тон, потужність навантаження - 500 тон/год.);пультова, електрощитові, операторна - 5 штук, трансформаторна - 2 штуки, трансформаторна підстанція - 3 штуки, насосна станція протипожежного водопроводу - 22,8 кв.м., компресорна - 2 штуки (59,5 кв.м.), тощо;

8. Виробничо-технологічна лабораторія - 285,4 кв.м.

До складу технологічних об'єктів зернової ділянки № 2 входять:

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

1. Спеціалізований склад силосного типу, який складається з 10 ємностей для зберігання зерна (загальна ємність - 42000 тон); 2 ємності для зберігання вологого зерна місткістю 389 тон кожна;

2. Технологічне обладнання однієї станції вивантаження вагонів (далі - СВВ) на один вагон-хопер;

3. Технологічне обладнання на одну станцію вивантаження автотранспорту (далі - СВА) з двома прийомними бункерами для вивантаження а/м (ПРАГ (пристрій розвантажувальний автоматичний гідравлічний) - 1 шт., прийомні бункери - 2 пп.)

4. Система конвеєрних ліній та норій (7 штук), яка забезпечує навантаження і вивантаження силосів, а також рух зерна за заданими маршрутами;

5. Підготовче відділення очистки від крупних та легких домішок (очисні машини - 2 штуки);

6. Сушка зерна з загальною продуктивністю 100 тон за годину (сушарки MSI - 2 штуки);

7. Станції зважування вантажів - залізничні - 1 штука (150-тонні тензометричні залізничні ваги); автомобільні - 60 тон - 2 штуки;

8. Залізничні колії-2 штуки;

9. Пункт навантаження залізничних вагонів та автотранспорту;

10. Електрощитова та пультова - 49,0 кв. м.; виробничотехнологічна лабораторія - 201,8 кв. м.

Для сушіння зерна зерновий комплекс устаткований сушаркою баштового типу (рисунок 1.2) в кількості 2 штуки. Сушарки встановлено паралельно для забезпечення більш вищої ефективності процесу очистки. Енергоносієм для сушарок виступає природний газ.

Загальна потужність сушарок - 100 тон/год. Передбачено сушіння з 18% до 13%.

Загальна сертифікована місткість зерносховищ - 308 тисяч тон.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12



Рисунок 1.2 – Загальний вигляд зерносушарки

Для зберігання значних однорідних партій зерна в останні часи почали використовувати окремі сталеві силоси великого об'єму, з'єднані між собою і з робочими будівлями, транспортерними галереями і тунелями. Практичний досвід зарубіжних колег вказує на те, що сталеві силоси, в порівнянні зі збірними залізобетонними, є більш зручними, економічними, та вимагають для зведення набагато менших трудових витрат.

Для виробництва сталевих силосів витрачається практично така ж кількість сталі, як і для залізобетонних, а витрата бетону та залізобетону зменшується більше ніж в 5 разів. Незначна маса конструкцій сталевих силосів дає можливість різко зменшити транспортні витрати, скоротити витрати на будівельні машини, особливо при будівництві в сільських районах. Також така характеристика дає можливість зводити елеватори на будівельних ділянках з

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

незначною несучою здатністю ґрунтів. Конструкції сталевих силосів реально виготовити повністю в умовах заводу, доставляти на будівельний майданчик укрупненими елементами, що дозволить вести швидкий монтаж їх і скоротити строк зведення [10].

Величини сталевих силосів можуть бути найрізноманітнішими. Є безліч різних прийомів виготовлення і монтажу сталевих стінок силосів. Головні переваги металевих силосів:

- Швидкий процес монтажу;
- Значно менший фундамент;
- Стандартне виконання;
- Можливість переміщення в інше місце;
- Гнучкість в плані адаптації та різних модифікацій;
- Конструкція дна має конічну або плоску форму;
- Можливість застосування зачисних шнеків.

Зберігання зерна в металевих силосах елеваторів прийнято вважати самим модернізованим та індустріальним.

1.2 Розробка завдання на систему автоматизації

Для реалізації завантаження та зерна в системі передбачений конвеєр. Зерно через засувку потрапляє на конвеєр та далі в силос через завантажувальний отвір в даху. Необхідно і достатньо мати уявлення про нижній і про верхній рівні зерна, для того щоб точно знати коли завершувати завантаження або вивантаження зерна. Загрузка зерна припиняється після спрацювання давачів верхнього рівня. Вивантаження зерна відбувається з вивантажувального отвору та триває до спрацювання нижніх давачів рівня. До засобів контролю роботи конвеєра входять давачі швидкості та сходу стрічки, а також пристрій плавного пуску та зупинки двигуна. Важливою задачею є також контроль потоку матеріалу,

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

а саме своєчасне реагування у випадках коли відсутній потік через заштибовку, підпір, забивання або просту відсутність зерна, що подається.

Одне з найважливіших завдань при зберіганні зерна є підтримання температури зерна та вологості повітря в заданому діапазоні. Перш за все це означає безперервний контроль за процесом самозігрівання зерна і зміною температури зернової маси в силосах і ємностях для зберігання. Сертифіковані системи контролю температури зерна в силосах на базі термopідвісок з цифровими давачами температури забезпечують точний і безперервний контроль за станом зерна. Не менш важливим є завдання контролю вологості всередині зерносховища [12]. Своєчасне регулювання температури зерна досягається застосуванням активного вентилявання. Активне вентилявання заключається в примусовому продуванні атмосферного повітря через нерухомий насип зерна. Цей технологічний прийом заснований на використанні сквапності зернової маси: багаточисленні між зернові простори утворюють повітропровідну систему, роблячи її проникною для повітря, яке має змогу вільно переміщуватись. Потік повітря здійснює вплив на температуру і вологість зерна, змінює газовий склад повітря міжзернових просторів, тобто впливає на ті фактори, які в першу чергу відповідають за рівень життєдіяльності всіх живих компонентів зернової маси, а отже і її збереження. Зниження інтенсивності біологічних процесів псування зерна, тобто консервація – головний технологічний ефект активного вентилявання [11]. При активному вентиляванні тільки певна кількість повітря забезпечує достатньо швидке охолодження. Якщо повітря недостатньо, зерно охолоджується повільно, а найвіддаленіші від місця надходження повітря ділянки зернового насипу часто зволожуються. В цих зонах через довготривале знаходження зерна при підвищеній температурі і вологості активно розвиваються мікроорганізми, і можливе виникнення процесу самозігрівання. Отже, вентилявання необхідно проводити з такою інтенсивністю, щоб виключити розвиток небажаних процесів та охолодити зерно набагато раніше, ніж воно може почати псуватись. Активне вентилявання необхідно проводити в строгій

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

відповідності до установлених для кожної культури режимів обробки. Під режимом активного вентилявання розуміють оптимальне поєднання основних параметрів обробки зерна повітряним потоком. До таких параметрів можна віднести: питому подачу повітря, тривалість та періодичність вентилявання, висоту зернового насипу [12]. Активне вентилявання зерна можна проводити не завжди. При вологості зерна нижче 20% в процесі вентилявання в окремих випадках можливе його незначне зволоження. Щоб цього не допустити, необхідно регулярно контролювати рівень відносної вологи повітря і за цим показником визначати величину рівноважної вологості зерна, до якої воно буде прямувати при вентиляванні. Таким чином, для визначення можливості вентилявання необхідно регулярно визначати відносну вологість повітря. Процес сушіння зерна в нерухомому насипу активним вентиляванням представляє собою найпростіший спосіб конвективного сушіння, який широко використовується в сільському господарстві. Проте при сушці зерна підігрітим повітрям проявляється вагомий негативний фактор, пов'язаний з різким пересушуванням зерна в нижній і середній частинах насипу. Важливим технологічним завданням підвищення ефективності сушіння зерна в нерухомому насипі при використанні повітря з високою температурою закладається в тому, щоб не допустити різкого пересушування зерна. Іншим негативним фактором є те, що при вентиляванні зерна підігрітим повітрям утворюється небажана волога в повітрі. В цьому і полягає основна проблема кліматозабезпечення – одночасне підтримання всіх важливих параметрів зерна на необхідному рівні. Для досягнення результату необхідно реалізувати взаємопов'язане регулювання параметрів [11]. Для отримання рівномірного по вологості зерна першу половину часу сушіння проводять гарячим повітрям, а далі проводять обробку лише холодним повітрям. На другому етапі обробки холодне повітря починає зволожувати до оптимального рівня вологості раніше пересушену нижню частину насипу зерна, при цьому агент сушіння стає більш сухим, що забезпечує досушування верхньої частини насипу [10]. Витяжні вентилятори, розміщені в даху силоса забезпечують відведення відпрацьованого

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

повітря назовні. Найкращий варіант вентилявання зерна при працюючих одночасно основному та дахових вентиляторах. Завдяки цьому вологе повітря буде легко видалятися поки зерно вентиляється. Для найкращого режиму роботи, витяжні вентилятори повинні працювати одночасно з основним та після його відключення залишатись працюючими певний час для того, щоб бути впевненим, що все вологе повітря видалено.

Сучасний елеваторний комплекс або зерносховище має в своєму складі велику кількість обладнання і вимагає простого централізованого керування технологічними процесами. Це забезпечується застосуванням сучасних систем автоматизованого керування [12].

Проаналізувавши схему інформаційно-матеріальних потоків виділимо основні функціональні задачі керування, необхідні для забезпечення матеріальних потоків: 1. Завантаження та вивантаження зерна; 2. Підтримання відповідного рівня температури зерна; 3. Забезпечення прийнятної вологості повітря. Із основних функціональних завдань можна виділити значну кількість підзадач: 1. Визначення нижнього і верхнього рівня зерна в силосі; 2. Керування роботою двигуна конвеєра; 3. Контроль положення стрічки конвеєра; 4. Контроль швидкості конвеєра; 5. Контроль потоку матеріалу, що надходить на конвеєр; 6. Керування засувом подачі зерна; 7. Контроль обертів двигуна основного вентилятора системи вентилявання; 8. Регулювання витрати повітря основного вентилятора в залежності від заданих параметрів; 9. Керування роботою калорифера; 10. Контроль положення шиберних засувок витяжних вентиляторів; 11. Керування витяжними вентиляторам.

Автоматизована система керування технологічним процесом сушіння, обробки та зберігання зерна забезпечує:

- збір інформації від аналогових і дискретних датчиків про хід технологічного процесу і стан обладнання;
- контроль і світлова сигналізація порушення технологічного процесу та зміну стану обладнання;

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

- надання персоналу оперативної інформації про об'єкт у вигляді мнемосхеми на екрані монітора ПК із поточними значеннями аналогових і дискретних параметрів.

У проєкті закладені датчики, перетворювачі і виконавчі механізми виробництва України та країн Євросоюзу, які зарекомендували себе при роботі в різних галузях промисловості.

Як програмувальний контролер застосований контролер Mitsubishi FX5U, відрізняється високою надійністю і перевірений у роботі на заводах харчової та хімічної промисловості.

Мнемосхема зображується на панелі сигналізації пункту керування досить інформативна і близька до реальної технологічної схеми ділянки прийому зерна з автотранспорту та очищення і сушіння.

Напрямок руху продукту показано жовтою лінією шириною 5-7 мм з вказівкою напрямку у вигляді стрілок.

На зображеннях обладнання та ємностей встановлена сигнальна апаратура, укомплектована для обладнання - лінзами білого кольору, для механізмів розподілу подачі зерна - зеленого кольору, контролю заповнення ємностей - жовтого, аварій, підпорів і контролю швидкості - червоного кольору.

У межах контурів машин і поруч із сигнальною апаратурою розташовуються пояснювальні написи. Написи на мнемосхеми пронумеровані. Відповідно з номерами в спеціальну таблицю вносяться пояснюючі написи.

Функціональна мнемосхема процесу забезпечує:

- Вибір маршруту;
- Перевірка і скидання попереджувальної сигналізації;
- Пуск і стоп маршруту руху зерна;
- Технологічний останов обладнання;
- Вибір і керування затворами;
- Контроль і сигналізацію рівнів в бункерах;
- Контроль підпорів головок і черевиків норії;

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

- Контроль і сигналізацію положення перекидних клапанів та засувок;
- Контроль швидкості стрічок норії і стрічкових транспортерів;
- Дистанційне, за допомогою пульта управління, включення і зміна стану механізмів - засувок, перекидних клапанів.

- Дистанційний автоматизований запуск обладнання маршруту, контроль їх стану, аварійне відключення при виході машин з ладу;

- Сигналізацію стану машин при нормальній роботі і у випадку аварії.

Блокувальні залежності, що виникають при включенні, роботі і зупинці маршруту показані в таблиці у вигляді стрілок між окремими функціональними групами приладів.

Всім засобам автоматизації, зображеним на схемі присвоєні позиційні позначення. Ці позначення утворюються з двох частин: арабська цифра - номер функціональної групи, і буква російського алфавіту - місце приладу або іншого засобу автоматизації в своїй групі.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Система автоматизації

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

Для вимірювання наступних технологічних величин використовуються такі датчики:

Вимірювання рівня – вимірювання відбувається за допомогою датчика рівня Rosemount 2120 та термопідвісками типу ТПУ;

Термопідвіска з рівнеміром (надалі - ТПУ) - призначена для безперервного вимірювання рівня та розподіленого температури продуктів неагресивних до матеріалу оболонки термопідвіски в силосах елеватора та інших технологічних ємностях у складі систем автоматизованого управління (АСУ) показана на рисунку 2.1.



Рисунок 2.1 – Термопідвіска ТПУ

Характеристики:

- кількість використовуваних датчиків від 4 до 20 (в залежності від довжини термопідвіски і області застосування);

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Таран Д. В.			Розробка системи автоматизації приймання та попередньої сушки зерна	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Смітюх Я. В.					20	
Зав.кафедри		Смітюх Я. В.				НУХТ ЗАВ-3-1		
Секр. ЕК		Крупська Т. М.						

- в порожнині кабель-троса розміщується шлейф, до якого підключені сенсори;

- ТПУ використовується в системах дистанційного вимірювання рівня і температури;

- похибка ТПУ в температурному діапазоні $-30 \dots +60 \text{ }^\circ\text{C}$ - не більше $\pm 1,5 \text{ }^\circ\text{C}$;

- похибка ТПУ при вимірюванні рівня не більш $\pm 0.3 \text{ м}$;

- час відгуку одного датчика не більше 3 сек;

- ТПУ стійка до розтягуючого зусилля не більше 1400 кг (канат $\varnothing 5 +0,6 \text{ мм}$);

- ступінь захисту оболонки IP54.

Сигналізатор рівня Rosemount 2120 простий у встановленні та забезпечує надійне визначення та контроль рівня. Завдяки гігієнічній сертифікації та сертифікації безпеки відповідно до IEC61508 (SIL2), проведених незалежною організацією, а також широкому вибору виходів сигналу цей сигналізатор підходить для різних областей застосування. Сигналізатор не має частин, що рухаються, не вимагає калібрування і на нього практично не впливають умови процесу. Налаштування часу затримки перемикачів дозволяє уникнути помилкових спрацьовувань за умов турбулентності. Миготливий світлодіодний індикатор повідомляє про стан та справність приладу, а магнітний тестовий зонд дозволяє легко перевірити працездатність сигналізатора (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Датчик Rosemount 2120

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Вихідні сигнали:

- 4-20 мА з цифровим сигналом на базі HART-протоколу;
- цифровий на базі протоколу Foundation Fieldbus;
- цифровий на базі протоколу Profibus;
- економічний 0,8-3,2; 1-5 В з цифровим сигналом на базі HART-протоколу.

Вимірювання вологості – вимірювання вологості до та після сушіння відбувається за допомогою датчика вологості зерна типу Wile 55.

Основне призначення вимірювача "Wile 55" (рисунок 2.3) - оперативний контроль вологості зернових, олійних і бобових культур.



Рисунок 2.3 – Перетворювач вологості Wile 55

Приладом можна вимірювати вологість наступних культур:

- пшениця, жито, кукурудза, ячмінь, рис, гречка;
- ріпак, насіння льону, соняшник, овес, просо, сорго;
- боби, горох, соєві боби;
- гірчиця, борошно пшеничне, борошно житнє, висівки.

Вимірювання температури – термоперетворювачі опору Rosemount 765.

Термоперетворювачі Rosemount 765 (рисунок 2.4) можуть застосовуватися у вибухонебезпечних зонах, в яких можливе утворення вибухонебезпечних сумішей газів, парів, горючих рідин з повітрям.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Призначені для вимірювання температури нейтральних і агресивних середовищ, по відношенню до яких матеріал захисної арматури є корозійностійким.

Чутливий елемент первинного перетворювача і вбудований в головку датчика вимірювальний перетворювач перетворюють вимірювану температуру в уніфікований вихідний сигнал постійного струму, що дає можливість побудови АСУТП без застосування додаткових перетворювачів.



Рисунок 2.4 – Перетворювач температури Rosemount 765

Основні вимоги до встановлення датчиків температури:

1. У місці встановлення датчика, потік вимірюваного середовища не повинен порушуватися відкриттям розташованої поблизу запірної та регулюючої арматури, підсмоктуванням зовнішнього повітря тощо.

2. На датчики не повинні впливати сторонні джерела тепла.

3. Монтаж датчика на трубопроводі як правило здійснюється за допомогою бобишок приварних, що мають різьбу (або без різьби).

4. При вимірюваннях температури робочих середовищ з високим робочим тиском і великою швидкістю потоку, в бобишках спочатку повинна встановлюватися захисна гільза, в яку потім поміщається датчик температури.

5. Глибина занурення датчика температури зазвичай вибирається рівної (від 0,3 до 0,7) D трубопроводу, де D - зовнішній діаметр трубопроводу.

На трубопроводах з зовнішнім діаметром від 80 до 150 мм глибина занурення датчика температури становить 0,7 D (у тому числі і при встановленні

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

датчика похило), а на трубопроводах з зовнішнім діаметром від 400 мм і вище глибина занурення може скорочуватися до 0,3 D. На тонких трубопроводах (з зовнішнім діаметром трубопроводу від 50 до 65 мм) датчик температури найкраще ставити в коліні. Якщо «відповідного» коліна немає, то здійснюється встановлення датчика в розширювачі.

Вимірювання витрати – виконується за допомогою вихрових витратомірів Rosemount 8800.

Інтелектуальний вихровий Rosemount 8800D (рисунок 2.5) належить до відомого сімейства приладів Rosemount SMART FAMILY.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд витратоміра Rosemount 8800D

Вимірювані середовища: газ, пар, рідина.

Діаметр умовного проходу трубопроводу 15 Ду, 25, 40, 50, 80, 100, 150, 200, 250, 300 мм.

Надмірний тиск вимірюваного середовища до 25 МПа.

Вихідні сигнали:

- 4-20 мА з цифровим сигналом на базі HART протоколу С.

Межі основної відносної похибки вимірювань витрати:

- для рідини $\pm 0,65\%$;

- для пари, газу $\pm 1,35\%$;

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

- по струмовому виходу: додатково $\pm 0,025\%$ від діапазону.

Вимірювання маси зерна на транспортерах – за допомогою вагових стрічкових дозаторів ДВЛ з ваговими процесорами ПВ-310 (рисунок 2.6).

Стрічкові вагові дозатори використовуються для безперервного динамічного зважування та дозування сипких матеріалів в технологічних потоках металургійної промисловості, а також на підприємствах цементної, гірничорудної, вугільної, будівельних матеріалів та інших галузей промисловості. Дозатор є комплектним обладнанням в системах управління технологічними процесами, але може мати і самостійне автономне застосування. Дозатор ДВЛ - система, що складається з вагового конвеєра, електроприводу, мікроконтролера, що функціонує на основі принципу безперервного зважування і дозування.



Рисунок 2.6 – Стрічковий дозатор ДВЛ

В якості виконавчих механізмів були використані МЭО 250/25-0,25 (рисунок 2.7).

МЭО (механізм електричний одно обертовий) - електромеханічна система призначена для приведення в дію запірно-регулюючої трубопровідної арматури в системах автоматичного регулювання технологічними процесами, відповідно до командних сигналів регулюючих і керуючих пристроїв, управління механізмом контактне або безконтактне.

Принцип роботи виконавчих механізмів полягає в перетворенні електричної енергії в обертальне переміщення вихідного валу відповідно до сигналу надходять від регулюючого або керуючого пристрою.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Виконавчі механізми МЭО встановлюються безпосередньо поблизу регулюючих пристроїв і жорстко пов'язані з ними за допомогою тяг і важелів.

Виконавчі механізми працюють в системах автоматичного регулювання (з датчиком зворотного зв'язку - блоком сигналізації положення вихідного валу) і в режимі ручного управління (без датчиків зворотного зв'язку - з блоком кінцевих вимикачів).

Характеристики:

- тип керуючого пристрою при безконтактному управлінні пускачі ПБР-3, ПБР-3А або підсилювачі ФЦ-0610, ФЦ-0620;
- напруга і частота живлення - 380 В, 50 Гц;
- ступінь захисту - IP65 по ГОСТ 14254;
- максимальна частота включень - до 1200 в годину при ПВ до 5%.



Рисунок 2.7 – Загальний вигляд МЭО-250

2.2. Схема автоматизації

Автоматизована система керування технологічним процесом сушіння, обробки та зберігання зерна забезпечує:

- збір інформації від аналогових і дискретних датчиків про хід технологічного процесу і стан обладнання;
- контроль і світлова сигналізація порушення технологічного процесу та зміну стану обладнання;

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

- надання персоналу оперативної інформації про об'єкт у вигляді мнемосхеми на екрані монітора ПК із поточними значеннями аналогових і дискретних параметрів.

Технологічним алгоритмом передбачається наступний варіант автоматичного взаємозалежного керування елеватором:

- **контур регулювання маси на транспортерах** здійснюється наступним чином: на транспортерах подачі зерна в бункер очисної машини встановленні дозатори вагові (поз. 1а, 2а, 3а), які подають сигнал на нормуючий перетворювач ПВ 310 процесор ваговий, який перетворює сигнал від датчика в уніфікований 4-20мА (поз. 1б, 2б, 3б) потім на мікропроцесорний контролер Mitsubishi FX5U при збільшенні заданої ваги контролер подає керуючий сигнал 4-20мА, який підсилюється на підсилювачі потужності ПБР-2М (поз 1в, 2в, 3в) і надходять на механізм електричний однообертвий МЭО - 250/25-0,25М-99К (поз. 1г, 2г, 3г.), які в свою чергу зменшують подачу зерна на транспортер;

- **регулювання рівня в бункері подачі зерна** на очисну машину здійснюється наступним чином: сигнал 4-20 мА від датчика рівня Rosemount 2120 (поз. 4а) подається на мікропроцесорний контролер Mitsubishi FX5U який при збільшенні заданого рівня подає керуючі сигнали 4-20мА, які перетворюються на частотних перетворювачах MICROMASTER 420 (поз. 4д, 4е, 4є.) і в свою чергу частотні перетворювачі зменшують або збільшують оберти двигунів і тим самим зменшують або збільшують подачу зерна в бункер;

- **регулювання рівня в силосі** забезпечується наступним чином: при перевищенні заданого рівня сигнал 4-20мА від датчика рівня Rosemount 2120 (поз. 5а) подається на мікропроцесорний контролер Mitsubishi FX5U, який в залежності з завданням видає керуючий сигнал 4-20мА, який підсилюється на підсилювачі потужності ПБР-2М (поз. 5в) і надходять на механізм електричний

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

однообертовий МЭО - 250/25-0,25М-99К (поз. 5г), що відповідно змінюють або перериває подачу зерна в силос;

- **регулювання та контроль температури** в силосі забезпечується наступним чином: сигнал 4-20мА від термopідвіски ТПУ (поз. 6а) подається на мікропроцесорний контролер Mitsubishi FX5U, який в залежності з завданням видає керуючий сигнал при збільшенні заданої температури контролер видає керуючий сигнал 4-20мА, який перетворившись на пристрої плавного пуску SIRIUS 3RW40 (поз. 6в) вмикає вентиляцію в силосі зберігання зерна, що призводить до зменшення температури та кращого зберігання зернових культур.

- **регулювання співвідношення газ-повітря** в сушці здійснюється наступним чином: в трубопроводах подачі повітря та газу встановлені витратоміри типу Rosemount 8800 (поз. 7а, 7б) з яких сигнал 4-20мА поступає на мікропроцесорний контролер Mitsubishi FX5U при збільшенні або при зменшенні заданих меж контролер видає керуючий сигнал 4-20мА, який підсилюється на підсилювачі потужності ПБР-2М (поз. 7в) і поступає на механізм електричний однообертовий МЭО - 250/25-0,25М-99К (поз. 7г), який в свою чергу зменшує або збільшує подачу газу в сушку;

- **регулювання температури та контроль рівня** в силосі зберігання зерна забезпечується наступним чином: сигнал від термopідвіски ТПУ (поз. 8а) подається на мікропроцесорний контролер Mitsubishi FX5U і на ЕОМ де і відбувається показання температури та рівня в силосі, при перевищенні заданої температури сигнал 4-20мА подається на мікропроцесорний контролер Mitsubishi FX5U, який подає сигнал на пристрій плавного пуску SIRIUS 3RW40 (поз. 8в) і вмикається вентиляція в силосі зберігання зерна;

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

- **регулювання температури в сушці** здійснюється наступним чином: в сушці встановлено термоперетворювачі опору Rosemount 765 (поз. 9а, 9б) сигнал 4-20мА від датчиків поступає на мікропроцесорний контролер Mitsubishi FX5U, при збільшенні температури в сушці контролер видає керуючий сигнал 4-20мА, який поступає на частотний перетворювач MICROMASTER 420 (поз. 9г) і з частотного перетворювача сигнал поступає на вентилятор при збільшенні або при зменшенні температури збільшує або зменшує оберти дуттєвого вентилятора;

- **регулювання рівня в сушці** здійснюється наступним чином: в сушці встановлено датчики рівня Rosemount 2120 (поз. 10а, 10б) з яких сигнали 4-20мА подаються на мікропроцесорний контролер Mitsubishi FX5U, який в залежності від датчиків рівня подає керуючий сигнал на підсилюється на підсилювач потужності ПБР-2М (поз. 10г) і після цього надходять на механізм електричний однообертний МЭО - 250/25-0,25М-99К (поз. 10д), який в свою чергу збільшує або зменшує подачу зерна в сушку;

- **регулювання співвідношення вологості** до та після сушки забезпечується наступним чином: сигнали 4-20мА від датчиків вологості типу Wile 55 (поз. 11а, 11б) подається на мікропроцесорний контролер Mitsubishi FX5U, який при збільшенні або при зменшенні співвідношення вологості до та після сушки видає керуючий сигнал 4-20мА, який поступає на частотний перетворювач MICROMASTER 420 (поз. 11в) і надходить на двигун який змінює за допомогою дистриб'ютора напрямку руху зерна;

Як резерв для керування усіма видами виконавчих механізмів було використано блоки ручного управління БРУ-5 (поз. 4б, 4в, 4г, 5б, 6б, 8б, 9в, 10в).

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

2.3. Специфікація засобів автоматизації

№ пор	№ поз. на схемі	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Од. виміру	Кількість	Примітка
1	2	3	4	5	6	7
1	4а,5а, 10а, 10б	Перетворювач рівня прапорцевий	Rosemount 2120	%	4	
2	9а,9б	Термоперетворювач опору з уніфікованим вихідним сигналом, діапазон вимірювання 0-150 °С	Rosemount 768	°С	2	
3	7а, 7б	Вихровий витратомір, діапазон вимірювання 0-150 м ³ /год, клас точності 0,5	Rosemount 8800	м ³ /год	2	
4	6а,8а	Термопідвіска, клас точності 0,5	ТПУ	°С	2	
5	1а,2а,3а	Дозатор ваговий стрічковий	ДВЛ	м ³ /год	3	
6	1г,2г,3г, 5г,7г,10д	Виконавчий механізм	МЭО		6	
7	1в,2в, 3в,5в, 7в, 10г	Безконтактний пускач	ПБР-М		6	
8	6в,8в	Пристрій плавного пуску та гальмування	SIRIUS 3RW40		2	
9	4д,4е, 4є,9г 11в	Частотний перетворювач	MICROM ASTER 420		5	
10	11а, 11б	Датчик вологості зерна типу	Wile 55	%	2	
11	1б,2б, 3б	Процесор ваговий	ПВ-310		3	
12	4б,4в, 4г, 5б,6б, 8б, 9в,10в	Блок ручного управління	БРУ-5		8	
13		ПЛК Mitsubishi FX5U			1	
14		ПЕОМ				

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

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

3.1. Проектне компонування промислового логічного контролера (ПЛК)

Програмовані Логічні Контролери (ПЛК) одержали можливість управляти іншими ПЛК і могли перебувати далеко від устаткування, якими вони управляли - питання про необхідність переходу на повсюдне використання контролера стало очевидним для всіх.

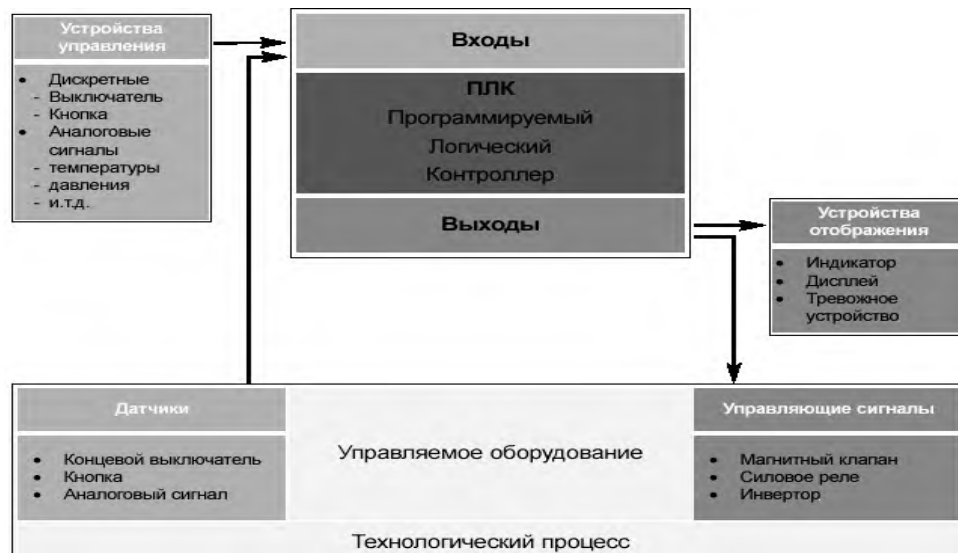


Рисунок 3.1 – Структурна схема ПЛК

Програмований Логічний Контролер - це пристрій, що було винайдено для заміни релейно-контактних схем. ПЛК опитує входи (вимикачі, датчики й т.д.) і залежно від їхнього стану (Включене - 1, виключене - 0) включає-виключає виходи (виконавчі механізми).

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Таран Д. В.			Розробка системи автоматизації приймання та попередньої сушки зерна	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Смітюх Я. В.					31	
Зав.кафедри		Смітюх Я. В.				НУХТ ЗАВ-3-1		
Секр. ЕК		Крупська Т. М.						

Використовуючи програмне забезпечення, користувач має можливість програмувати ПЛК або вносити зміни у вже існуючу програму.

Програмований Логічний Контролер може використовуватися скрізь там, де є виробництво - будь-яке завдання, що вимагає використання електричних пристроїв керування, має потреба в ПЛК [8].

Базові блоки контролера можуть мати різні варіанти виконання з :

- живленням 220В або = 12/24В;
- релейними або напівпровідниковими виходами;
- кількістю убудованих входів/виходів від 6 до 128;
- можливість об'єднання контролерів у мережу;
- убудованим інтерфейсом RS232\RS422;
- підтримкою тригонометричних функцій, убудованого співпроцесора;
- убудованим ПИД регулятором;
- годинниками реального часу;
- підтримкою рахункових входів до 50 кГц і імпульсного виходу до 20 кГц;
- аналогових сигналів уведення/виводу, Pt100, $\pm 10В$, до 12 Біт;
- можливістю нарощування системи.

У кожному разі структура контролера залишається незмінної, і вибір моделі визначається тільки вимогами до технологічного процесу.

Структура контролера

Програмований Логічний Контролер (ПЛК) - головним чином складається зі ЦП (Центрального процесора), області пам'яті, і функцій обробки сигналів висновку-виводу-вводу-виводу. Можна вважати, що ПЛК - це сотні або тисячі окремих реле, лічильників, таймерів і пам'ять. Всі ці лічильники, таймери, і т.д. фізично не існують, а моделюються ЦП і призначені для обміну даними між убудованими функціями лічильниками, таймерами.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

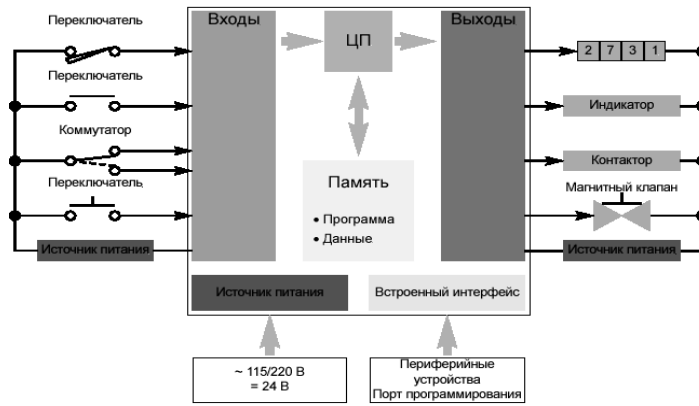


Рисунок 3.2 – Структура контролера

- ВХОДИ – забезпечують зв'язок із зовнішніми пристроями. Фізично існують і одержують сигнали від вимикачів, датчиків, і т.д.
- ВНУТРІШНІ РЕЛЕ - фізично не існують. Вони моделюються ЦП - і призначені тільки для забезпечення роботи програми.
- ЛІЧИЛЬНИКИ - фізично не існують. Існують у двох варіантах:
 - Програмні - швидкість рахунку залежить від об'ємного програмного коду;
 - Апаратні - рахунок іде незалежно від виконання програми.
- ТАЙМЕРИ - фізично не існують. Призначені для установки часу затримки включення-вимикання;
- ВИХОДИ - забезпечують зв'язок із зовнішнім миром. Фізично існують і забезпечують включення-вимикання виконавчих механізмів. Існують два варіанти виконання: реле й транзистори.
- ПАМ'ЯТЬ - призначена для зберігання програми й даних.

Час реакції - швидкодії

Швидкодія Програмувального Логічного Контролера - це основний фактор, що впливає на вибір ПЛК.

Прикладом швидкодії може служити, то час, що потрібно для осмислювання відповіді на поставлене питання, подібно часу, необхідного людині для ухвалення рішення. Так і ПЛК - необхідно якийсь час для обробки поточного стану. Для деяких додатків - цей параметр може не бути критичним, і вибір того

або іншого значення швидкодії повинен зіставлятися з реальними вимогами додатка.

Час реакції контролера залежить, як від числа опитуваних ВХОДІВ/ВИХОДІВ, так і від продуктивності самого процесора.



Рисунок 3.3 – Час реакції

Дійсна швидкодія ПЛК

Розглянемо, що відбувається в дійсності при обробці Програмувальним Логічним Контролером поточних станів ВХОДІВ і як - це впливає на час спрацьовування ВИХОДІВ.



Рисунок 3.4 – Діаграма опитування контролера

На рисунку наведено:

1 ПЛК не зафіксував перемикаання ВХОДУ (X1). Це відбулося тому, що перемикаання відбулося після обробки контролером станів ВХОДІВ. А виходить,

контролер зможе виконати операцію, що відповідає ВХОДУ (X1) тільки на наступному циклі опитування.

2 ПЛК не зафіксував перемикання ВХОДУ (X2). Отже, якщо контролер повинен був виключити ВИХІД (Y1) при одночасному включенні ВХОДУ (X1) і ВХОДУ (X2), та ця подія не була оброблена контролером і операція не виконана.

3 ПЛК не зафіксував перемикання ВХОДУ (X3). І, можливо не зможе обробити зміна стан даного ВХОДУ (X3) ніколи.

Є три варіанти рішення цієї проблеми:

1 Використовувати контролер з більше високою швидкодією;

2 Скористатися функцією затримки часу Викл. Ця функція збільшить тривалість вхідного сигналу;

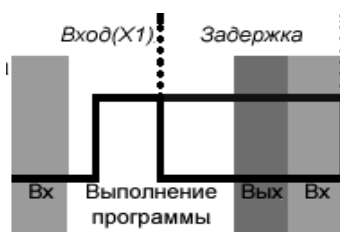


Рисунок 3.5 – Приклад використання затримки

3 Використовувати функцію обробки переривань. Тобто, як тільки ВХІД включений, те незалежно від того етапу, на якому в даний момент перебуває програма ПЛК, негайно зупиняє виконання основної програми й виконує підпрограму переривання.

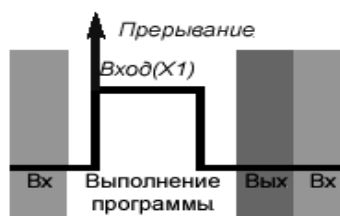


Рисунок 3.6 – Приклад використання переривання

Таким чином, можна вважати, що оптимальним часом тривалості імпульсу буде час проходження одного циклу програми.

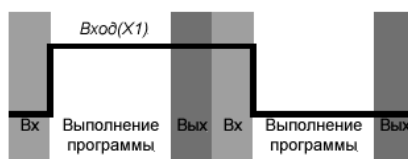


Рисунок 3.7 – Приклад оптимального циклу програми

Контролери серії MELSEC FX

Контролери серії MELSEC FX поєднує в собі широкий спектр базових і нарощуваних модулів, що дозволяють з конфігурувати оптимальну систему безпосередньо під дане завдання. Залежно від вимог можна вибирати як невеликі й недорогі не нарощувані контролери серії - Fxos, так і масштабовані рішення на базі серій FXon\FX2n. Рішення на основі FXon і FX2n серій найбільш ефективними при установці в заводських умовах, тому що стає можливим нарощування можливостей системи в міру росту вимог до технологічного процесу. А підтримка мережної інтеграції, дозволить гармонійно вписати контролери MITSUBISHI у вже існуючі рішення на базі контролерів інших виробників і з панелями керування.

Програмування: Всі процесори мають стандартизований програмний інтерфейс для приєднання до програматора або до персонального комп'ютера. Процесори можуть програмуватися за допомогою пакета MELSEC MEDOC FX\WIN, що запускається на звичайному ПК. Ця програма дозволяє використовувати при програмуванні наступні, взаємно конвертовані мови опису додатка:

- Мова релейно-контактних схем;
- Список інструкцій;
- Діаграма послідовних функцій.

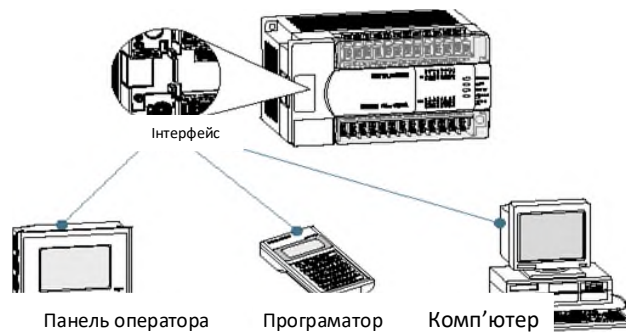


Рисунок 3.8 – Приклади підключення встаткування до інтерфейсу

- Візуалізація процесу: Для більше ефективного спостереження за процесом створюємо систему візуалізації процесу як апаратне й програмне рішення із частковою або повною графічною підтримкою. Як візуалізація використовуємо операторський термінал E700 6.0X фірми MITSUBISHI ELECTRIC , а також потужний програмний пакет візуалізації MX - SCADA. Дана програма складається з ряду графічних елементів з яких створюється якість візуальне сприйняття протікання технологічного процесу.

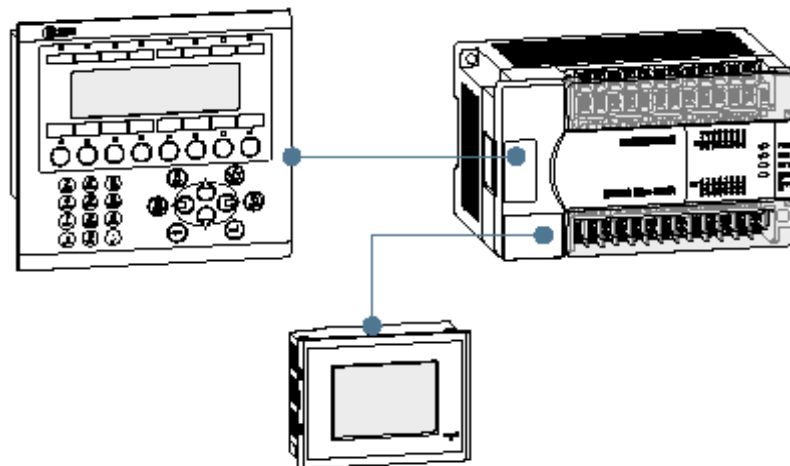


Рисунок 3.9 – Використання операторських терміналів

- Периферія: деякі модулі інтерфейсу можуть бути приєднані до пристроїв виводу (наприклад, до принтера) або ж до пристрою введення (наприклад, до зчитувача штрих-коду). Як опція, убудовані інтерфейси можуть бути

приєднані до інших операторських або програмних інтерфейсів. Широкий ряд спеціальних комунікаційних модулів, дозволить якщо буде потреба інтегрувати систему контролерів у різні мережі.

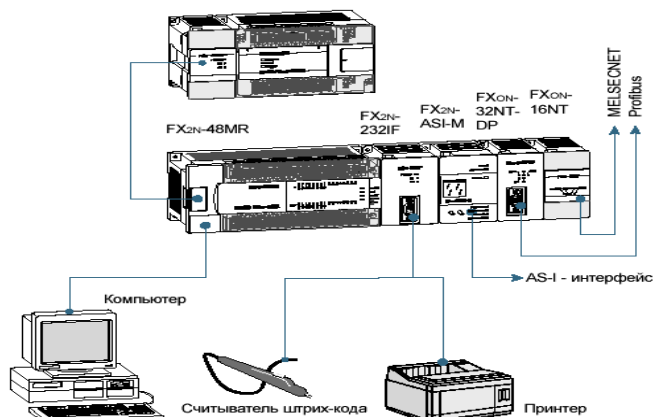


Рисунок 3.10 – Підключення до різних периферійних пристроїв

Опис контролера серії MELSEC FX

Серія MELSEC FX2n має самі потужні процесори із серії MELSEC FX. Ця серія має переваги невеликих контролерних систем із продуктивністю модульних ПЛК - систем.

- Одні із самих продуктивних ПЛК - систем, з періодом обробки однієї інструкції 0,08 мксек.
- Потужний базовий набір команд із 125-ти інструкцій для швидкого й ефективного програмування різних завдань.
- Надійність в експлуатації.
- Вбудовані годинники реального часу.
- Убудований PID-Контролер з автоматичним настроюванням.
- Підтримує векторні операції й добування квадратного кореня.
- Програмна пам'ять: до 16 000 кроків.

Структура системи

- Базовий блок з напівфункціональним контролером.
- Убудований блок живлення.
- Процесор.

- Убудовані цифрові входи/виходи.
- Додаткові плати для адаптації системи до вимог додатків по уведенню/виводу й функціональності.
- Нарощувані модулі для реалізації вимог по уведенню/виводу даних і функціональності.
- Може бути зконфігурована, як підлегла або майстер-станція в мережі peer-to-peer (з'єднання рівноправних вузлів) або як підлегла станція в мережі 1-n.
- Наявність майстер-функції по розподілі мережних ліній уведення/виводу й ASI – інтерфейсу.
- Дружній інтерфейс програмуючої системи, що включає портативний програматор, ПО задовольняюче IES 1131.3 і інтерфейс людина-машина.
- Аксесуари .

Особливості даної серії

Основою системи MELSEC F5N є базовий блок. Він містить такі компоненти ПЛК, як: процесор, пам'ять, ланцюги ВХОДУ/ВИХОДУ. Всі версії базових блоків мають той самий процесор і однакові характеристики по продуктивності. Базові блоки випускаються в 21-ой версії, з кількістю ВХОДІВ/ВИХОДІВ від 16 до 128.

Можна вибирати між модулями з напругою 230 В змінної напруги, так і 24 В живленням постійної напруги, а також між релейними й транзисторними виходами. Цифрові входи живляться через убудований блок живлення.

Широкий спектр модулів, що підбудовуються, дозволяє точно підбудовувати систему під потреби конкретного додатка.

Можна додавати необхідне число Входів/Виходів, установлюючи модулі розширення 8-и або 16-и Входами/Виходами. Так само можна додавати модулі розширення спеціального призначення, наприклад, для обробки аналогових сигналів, рішення завдань позиціонування або для реалізації додаткових інтерфейсів.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39



Рисунок 3.11 – Зовнішній вигляд контролера MELSEC F5N

Специфікації серії MELSEC F5N допускають приєднувати до базового блоку блоки розширення в наступних комбінаціях:

- Не більше 8-и блоків спеціального призначення;
- Або модулі цифрових Входів/Виходів не більше ніж на 256

Входів/Виходів.

- При використанні блоків спеціального призначення необхідне додаткове джерело живлення на 24В.

3.2. Загальна схема підключення датчиків та ВМ до ПЛК

На базі визначених функціональних задач розробляємо контури керування для системи автоматизації зберігання зерна в силосі. Контур керування температурою включає в себе отримання миттєвих значень температури в різних точках силоса з використанням термopідвісок, обладнаних датчиками температури. Ця задача спрямована на забезпечення оптимальних умов зберігання зерна шляхом точного контролю за його температурою.

Іншим важливим контуром керування є той, який відповідає за подачу повітря під певним тиском. Ця задача виконується відповідно до заданого закону та регулюється в залежності від вимог системи, користуючись вимірюваннями, здійснюваними датчиками тиску. Такий контур забезпечує оптимальні умови для зберігання зерна, контролюючи об'єм та розподіл повітря в силосі.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Вирішення цих задач контурів керування дозволить системі ефективно реагувати на зміни у середовищі зберігання зерна, забезпечуючи стабільні температурні та повітряні умови, що сприяє тривалому зберіганню та підтримці якості продукції.

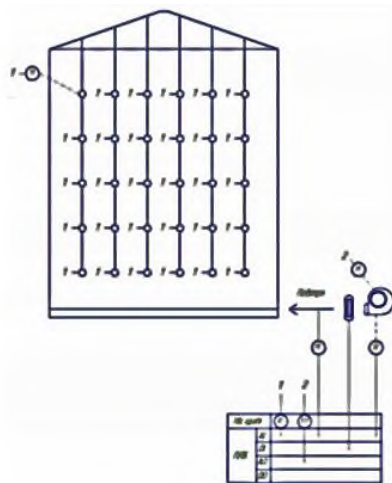


Рисунок 3.13 – Контур контролю та регулювання температури зерна

Контур регулювання рівня зерна в силосі включає в себе ряд ключових функцій, спрямованих на оптимізацію процесу зберігання та управління завантаженням. Задачі цього контуру включають:

1. Кінець загрузки силоса: Контур регулювання рівня забезпечує автоматичне завершення процесу загрузки силоса, реагуючи на інформацію, яку надають верхні датчики рівня. Це дозволяє уникнути переповнення силоса та забезпечити оптимальний рівень зерна.

2. Відкривання та закривання заслінок: Контур керування також включає в себе функцію відкривання та закривання заслінок подачі та загрузки зерна в конкретні моменти часу. Це дозволяє точно регулювати тимчасові інтервали для оптимального завантаження та розвантаження силоса.

3. Контроль роботи конвеєра: Контур також відповідає за ефективну роботу конвеєра подачі зерна. Це включає в себе моніторинг та регулювання швидкості руху конвеєра для забезпечення плавної та безперебійної подачі зерна.

В цілому, оптимізований контур регулювання рівня зерна в силосі є ключовим компонентом для забезпечення ефективності, надійності та точності у процесах зберігання та маніпуляції зерном.

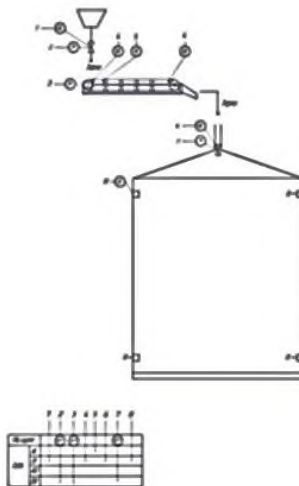


Рисунок 3.14 – Контур контролю та регулювання рівня зерна в силосі

Основною метою контуру регулювання вологості повітря є забезпечення оптимальних умов для зберігання зерна шляхом контролю вологості в зерносховищі. Задачі цього контуру включають:

1. Отримання миттєвих значень вологості: Контур використовує датчик вологості в верхній частині зерносховища для отримання точних та миттєвих значень вологості зерна. Ця інформація є ключовою для ефективного управління вентиляційною системою.

2. Керування системою активної вентиляції: На основі отриманих даних, контур керує роботою системи активної вентиляції, яка включає в себе основний вентилятор, витяжні вентилятори на даху, шибєрні заслінки витяжних вентиляторів та датчик положення заслінок. Вентиляція регулюється таким чином, щоб забезпечити відповідні фактичні параметри вологості, враховуючи допустимі норми.

Цей контур грає ключову роль у створенні оптимального мікроклімату для зберігання зерна, де точне регулювання вологості забезпечує уникнення конденсації та псування зерна. Система активної вентиляції, управляючи

вентиляційними елементами, виконує важливу роль у підтримці стабільних умов зберігання та зменшенні ризику втрат.

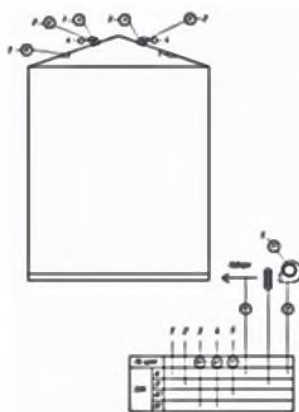


Рисунок 3.15 – Контур контролю та регулювання вологості повітря всередині силосу

Задача контуру керування загрузкою силосу спрямована на забезпечення ефективності та точності процесу завантаження зерна у силос. Цей контур виконує ряд ключових функцій:

1. Контроль роботи конвеєра: Контур використовує датчі швидкості та сходу стрічки для надання точної інформації про роботу конвеєра. Це дозволяє точно визначити швидкість та розташування зернового потоку.

2. Відкриття та закриття заслінок: Заслінки подачі та загрузки зерна контролюються відповідно до положення, яке визначається датчачими положення. Це забезпечує точне регулювання моментів відкриття та закриття заслінок, оптимізуючи процес завантаження.

Плавний пуск та зупинка конвеєра: Для підвищення ефективності та попередження надмірного зносу обладнання, контур використовує пристрій плавного пуску та зупинки. Цей пристрій дозволяє реалізувати плавний старт та зупинку двигуна конвеєра, що сприяє тривалому та безперебійному функціонуванню системи.

Результативне вирішення цих завдань контуру керування загрузкою силосу допомагає забезпечити оптимальні умови завантаження зерна, зменшує ризик непередбачених ситуацій та сприяє надійності всього процесу.

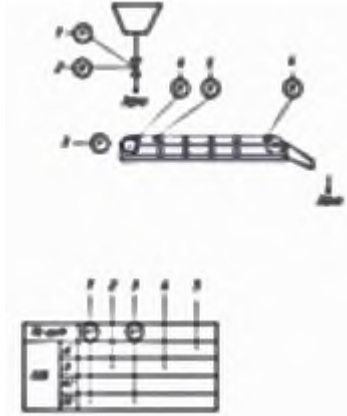


Рисунок 3.16 – Контур контролю та керування загрузкою силосу

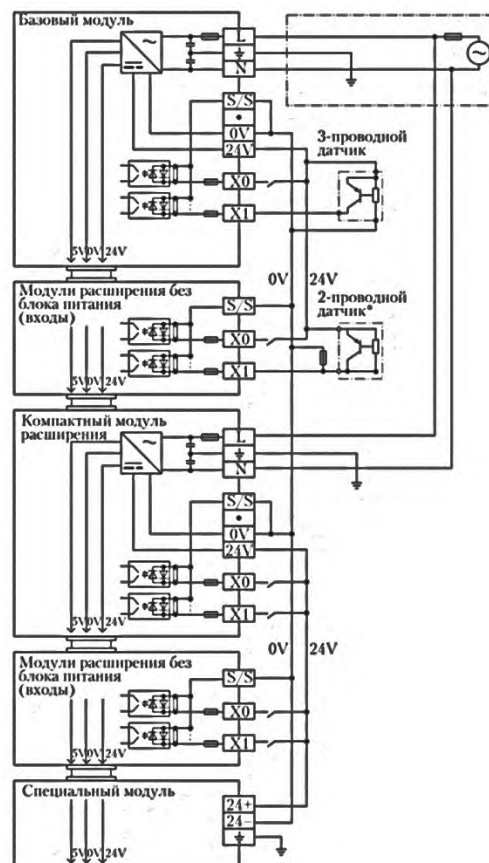


Рисунок 3.17 – Схема підключення дискретних входів ПЛК MELSEC FX

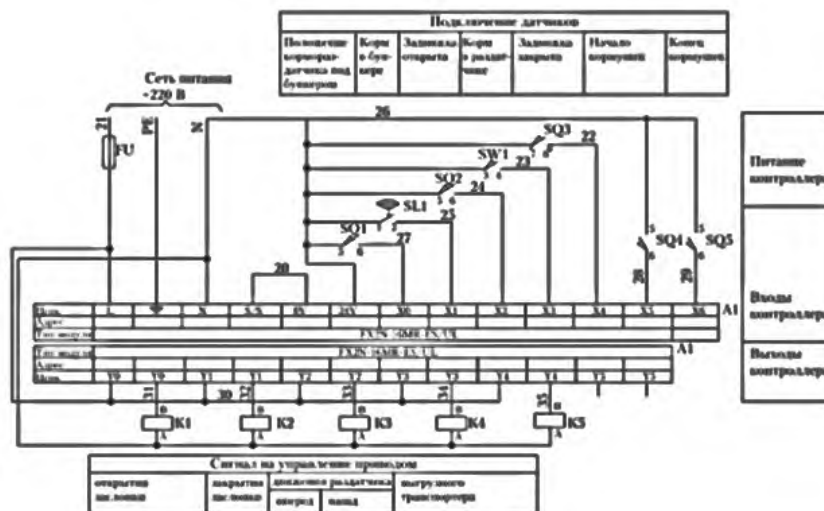


Рисунок 3.18 – Схема керування приводами на базі ПЛК MELSEC FX

3.3. Розширені схеми підключення для окремого контуру

Регулювання співвідношення газ-повітря в сушці здійснюється наступним чином: в трубопроводах подачі повітря та газу встановленні витратоміри типу Rosemount 8800 (поз. 7а, 7б) з яких сигнал 4-20мА поступає на мікропроцесорний контролер Mitsubishi FX5U при збільшенні або при зменшенні заданих меж контролер видає керуючий сигнал 4-20мА, який підсилюється на підсилювачі потужності ПБР-2М (поз. 7в) і поступає на механізм електричний однообертовий МЭО - 250/25-0,25М-99К (поз. 7г), який в свою чергу зменшує або збільшує подачу газу в пальник. Або можна реалізувати контур регулювання з використанням частотного перетворювача. При цьому регулювання буде взаємодіяти з контуром регулювання температури сушарки. Також можна передбачити можливість переходу на інші види палива, наприклад газ/мазут.

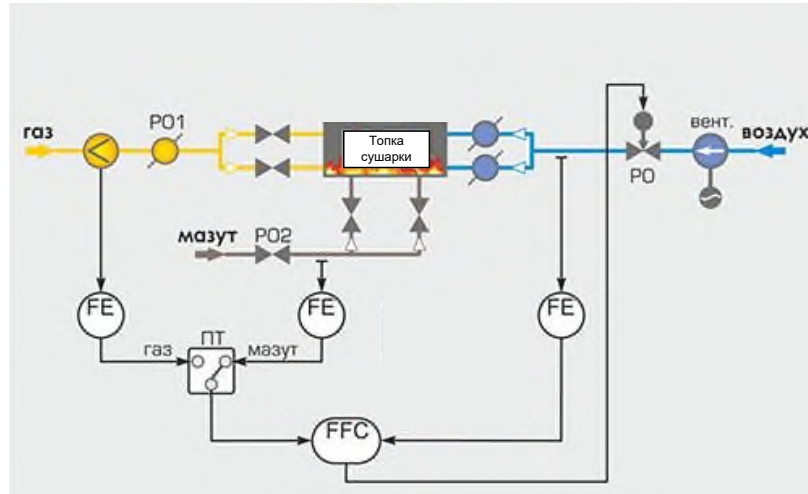


Рисунок 3.19 – Типова схема регулювання співвідношення паливо/повітря на сушарці зерна

Взявши за основу базову схему регулювання співвідношення паливо/повітря розробимо розширену схему реалізації даного контуру регулювання.

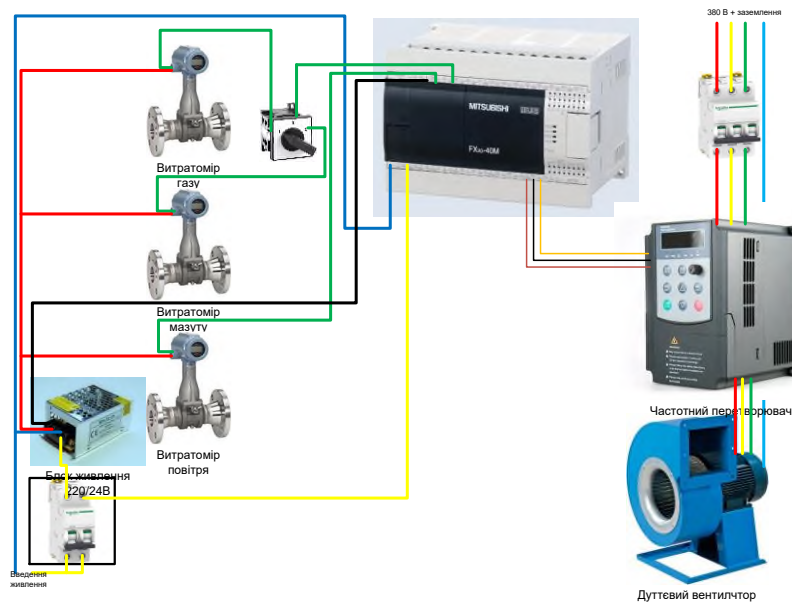


Рисунок 3.20 – Розширена схема регулювання співвідношення паливо/повітря сушарки

4. Креслення встановлення технічного засобу

Принцип дії датчика вологості зерна Wile 55 заснований на точному вимірі високочастотного поля і прямому перекладі вимірюваних величин в цифрову форму, за допомогою чого досягається висока роздільна здатність. Так як поверхня матеріалу і капілярна вологість сильно впливають на його електричну ємність, вологість може бути точно виміряна через постійно усереднену об'ємну щільність.

Калібрування приладу може бути виконана на місці простим способом - натисканням кнопки і введенням значення реальної вологості матеріалу, вимірної лабораторним способом.

Флуктуації реальної об'ємної щільності матеріалу згладжуються вбудованим цифровим фільтром. Вплив температури матеріалу і навколишнього середовища компенсується автоматично сенсором.

Датчик вологості Wile 55 розроблений для безперервного вимірювання вологості. Однією з умов коректних вимірювань є правильний вибір місця для установки сенсора. У разі похилих жолобів і стрічкових конвеєрів дуже важливо, щоб матеріал мав максимально плоску поверхню перед апертурою сенсора.

Фланець приварюється без сенсора і тимчасової заглушки в певному і добре доступному місці монтажу. Сенсор і тимчасова заглушка монтується із застосуванням герметика. Для застосувань без надлишкового тиску можна відмовитися від використання двох кільцевих ущільнень.

1. Установка в шнековому лотку подачі повернутий

Установка датчика вологості в шнековий подавач є виграшною, так як матеріал проходить під апертурою сенсора через рівні інтервали і з відносно постійною об'ємною щільністю.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА		
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Розроб.</i>		Таран Д. В.			Розробка системи автоматизації приймання та попередньої сушки зерна		
<i>Керівник</i>		Смітюх Я. В.					47
<i>Зав.кафедри</i>		Смітюх Я. В.				НУХТ ЗАВ-3-1	
<i>Секр. ЕК</i>		Крупська Т.М.					

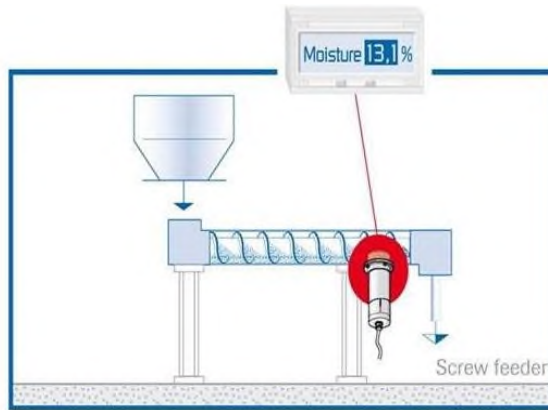


Рисунок 4.1 – Установка датчика Wile 55 в шнековому лотку подачі зерна

2. Установка на стрічковому конвеєрі

При вимірюванні поточної вологості матеріалу на стрічковому конвеєрі оператор може практично миттєво реагувати в разі занадто сухого або занадто вологого матеріалу. Як наслідок, можливо запобігти закупорювання наступних агрегатів.

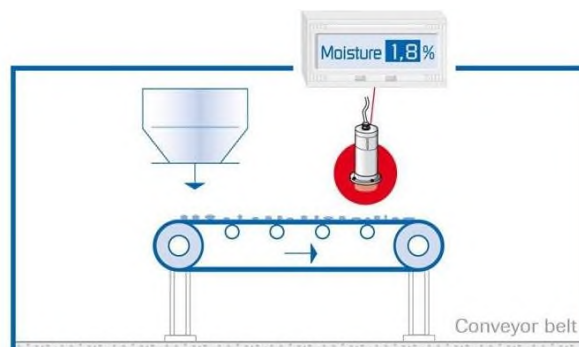


Рисунок 4.2 – Установка датчика Wile 55 на стрічковому конвеєрі

3. Установка в бункері

Інша альтернативна установка - це монтаж сенсора на виході бункера. Завдяки постійній об'ємній щільності при заповненому бункері, сенсор вимірює залишкову вологість в умовах практично незмінного вимірювального поля. Таким чином, Wile 55 дозволяє запобігти попаданню занадто вологого матеріалу на наступні технологічні цикли або в відвантаження (розфасовку).

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

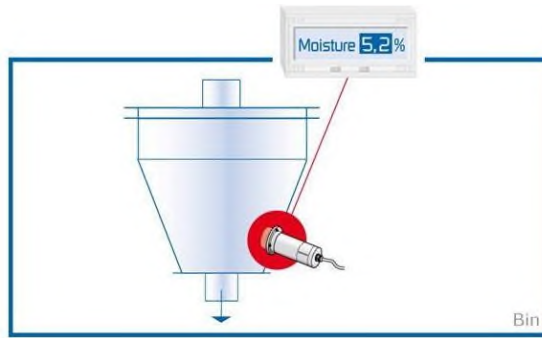


Рисунок 4.3 – Установка датчика Wile 55 в бункері зберігання зерна

4. Управління сушінням за допомогою вимірника вологості

Після того, як матеріал, що лежить на стрічці, проходить тунель сушарки, він видаляється з зони гарячого повітря. На кінці стрічки підсушений матеріал зсипається в шнековий конвеєр, за допомогою якого транспортується в технологічний процес. Оператора цікавлять такі питання: Чи досяг матеріал необхідного значення залишкової вологості? І, отже, чи правильні час циклу і температура сушки?

Датчик вологості Wile 55 забезпечує точні і надійні вимірювання вологості для управління процесом, за допомогою чого на виході може бути досягнута постійна, з мінімальними відхиленнями, вологість матеріалу.

Така оптимізація процесу дає можливість домогтися економії і поліпшити якість продукту.

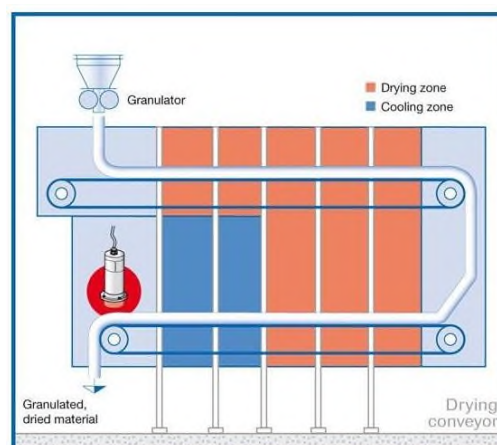


Рисунок 4.4 – Управління сушінням за допомогою вимірника вологості

5. Вимірювання вологості в міксері

Датчик Wile 55 може бути встановлений в будь-яких типах міксерів, навіть уже в використовуються. Зняття поточних значень вологості відбувається з рухомого матеріалу прямо в процесі змішування.

За допомогою вимірювання вологості може здійснюватися управління часом циклу змішування і дозуванням різних компонентів.

З цією метою Wile 55 приєднується до ПЛК або будь-якого іншого типу промислових контролерів.



Рисунок 4.5 – Установка датчика Wile 55 для вимірювання вологості в міксері

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

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

Програмне забезпечення GX Works3 для програмованого логічного контролера (ПЛК), MELSEC FX5U представляють собою наступне покоління програмного забезпечення MELSOFT для програмування і обслуговування ПЛК Mitsubishi. Найкраще в GX Works успадковано від добре відомого багатьом розробникам програмного забезпечення GX Developer. Його функціональні можливості збережені і вдосконалені для прискорення і спрощення програмування. GX Works підтримує мови стандарту IEC 61131-3. [24]

Програміст може вибрати будь-який з п'яти мов або користуватися їхніми комбінаціями: мова релейно-контактних схем (LD - найбільш популярний), функціональних блоків (FB), мова послідовних функціональних схем (SFC), структурованого тексту (ST) і список інструкцій (IL). Є емулятор апаратних засобів для налагодження і різні модулі он-лайн моніторингу. Можна оцінити переваги GX Works3 запусивши відповідну онлайн версію GXWorks3. Остання версія GX Works3 включає безліч нових можливостей, таких як графічне конфігурація системи, вбудовану настройку засобів позиціонування, консоль проектування системи, що дозволяє створювати проекти і програмувати контролери нового покоління FX5U і MELSEC iQ-R.

Конфігурація основного вікна показана нижче. На рисуюнок 5.1. представлена конфігурація основного вікна, в якому показані робоче і плаваючі вікна.

У вікні навігації відображається вміст проекту у вигляді дерева. У ньому можна проводити такі операції, як створення нових даних і відображення вікон редагування.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Таран Д. В.			Розробка системи автоматизації приймання та попередньої сушки зерна	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Архивів</i>
<i>Керівник</i>		Смітюх Я. В.					51	
<i>Зав.кафедри</i>		Смітюх Я. В.				<i>НУХТ</i>		
<i>Секр. ЕК</i>		Крупська Т. М.				<i>ЗАВ-3-1</i>		

У робочій області можна керувати кількома проєктами. При конфігуруванні системи з декількома модулями центрального процесора файл проєкту необхідно створювати для кожного модуля центрального процесора. [24]

Кілька файлів проєкту в одній системі можна зберегти у форматі робочої області.

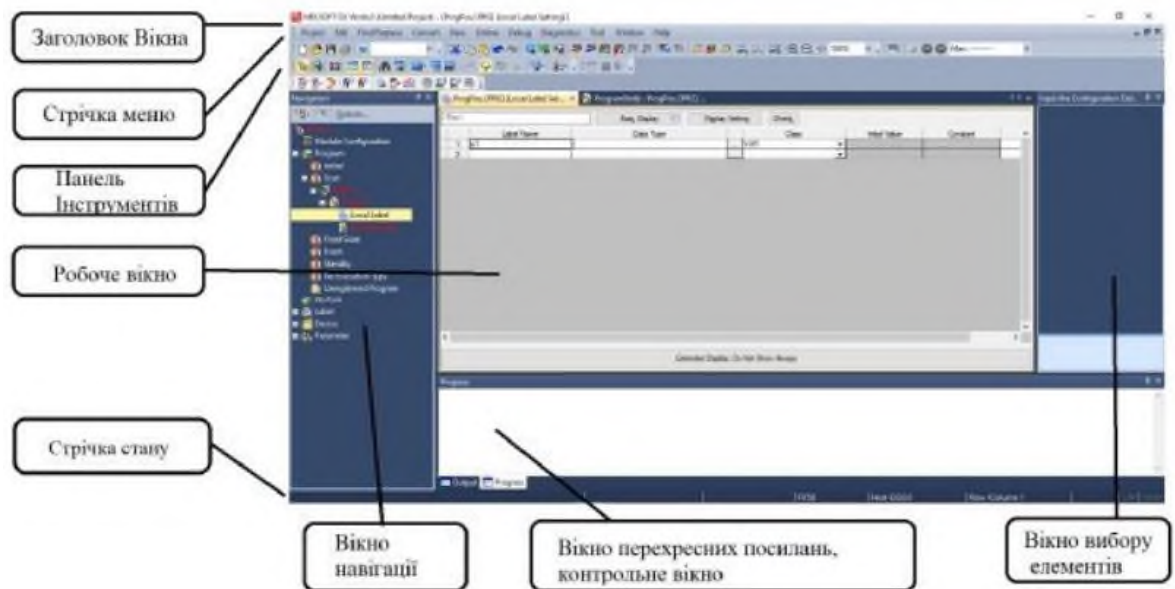


Рисунок 5.1 – Конфігурація основного вікна GX Works3

Порядок створення програми в GX Works3:

- Створення даних блоку програми;
- Встановлення порядку і типу виконання;
- Створення самої програми;
- Перевірка створеної програми;
- Перетворення створеної програми.

Налаштування порядку виконання програми розпочинається з встановлення порядку виконання блоку програми в файлі програми. Програма на мові послідовних функціональних схем виконується відповідно до номера блоку. Після чого відбувається перевірка номера блоку в списку блоків послідовних функціональних схем.

Розробка керуючої програми на мові структурованого тексту.

Редактор структурованого тексту представляє собою текстовий редактор, призначений для створення ST-програм. Між ключовими словами і іменами змінних в синтаксичній конструкції структурованого тексту можна вводити пропуски, знаки табуляції і переведення рядка. Вирази і знаки, які створюються у програмі, називаються токенами. Програма для програмованого логічного контролера (ПЛК), MELSEC FX5U представлена на рисунк 5.2.

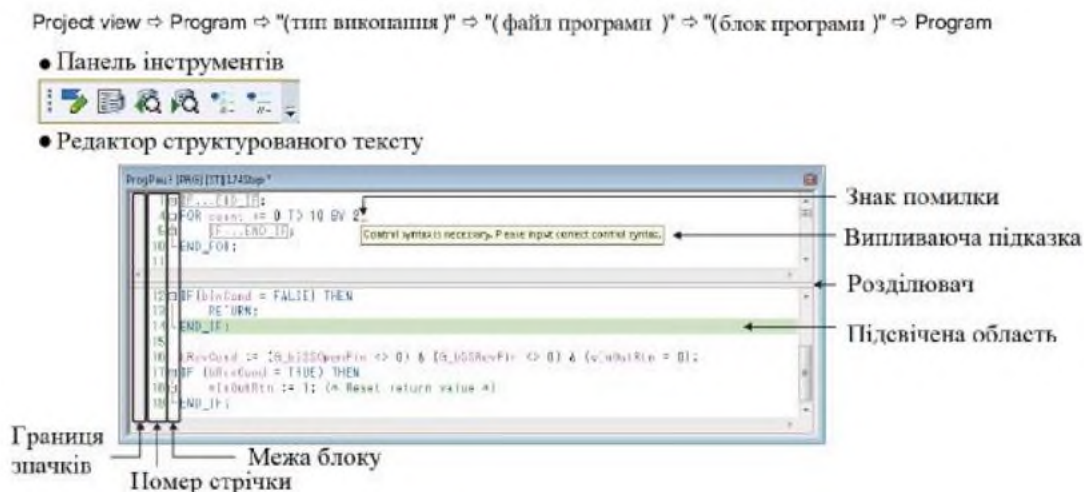


Рисунок 5.2 – Програма для програмованого логічного контролера (ПЛК), MELSEC FX5U

Приклад, опис та позначення тексту програми на мові програмування структурного тексту показано нижче на рисунк 5.3.

	Опис	Колір по замочуванню
(1)	Синтаксична конструкція	Синій
(2)	Операнд	Чорний
(3)	Оператор	Чорний
(4)	Глобальна мітка	Фіолетовий
(5)	Помилка	Червоний
(6)	Локальна мітка	Фіолетовий
(7)	Константа	Чорний
(8)	Рядкова стала	Чорний
(9)	Коментарій	Зелений

Рисунок 5.3. – Опис та позначення тексту програми на мові програмування структурного тексту

У мові структурного тексту використовують скорочення, для зменшення об'єму програми. Ключові слова показані нижче на рисунк 5.4.

Категорія	Початок	Кінець	Автоматичний злізуп
Текст коментарів	{	}	×
	/*	*/	×
Оператор вибору	IF	END IF	○
	CASE	END CASE	○
Оператори пелуду	FOR	END FOR	○
	WHILE	END WHILE	○
	REPEAT	END_REPEAT	○

Рисунок 5.4 – Ключові слова на мові програмування структурного тексту

Основними перевагами програмування контролера є, управління проектами за допомогою графічних схем конфігурацій системи. Тобто, компоненти реального часу, які відносяться до певного проекту, управляються в реальному часі в режимі графічного представлення. Зображення компонентів відповідають реальній апаратній конфігурації усієї системи, причому окремі компоненти можна представляти в графічному вигляді і зв'язувати з відповідним проектом. [24]

Наступною перевагою, можна вважати підвищена ефективність управління декількома проектами за допомогою робочої області. Можна керувати одночасно даними декількох проектів (наприклад, проектом ПЛК, контролера руху або графічною панелі оператора), за допомогою робочої області. Створені або змінені дані також, можна синхронізувати за допомогою списку проектів.

ПЛК, дозволяє виконувати налаштування значення параметрів, наприклад, призначення входів/виходів, або налаштування мережевих параметрів, не відкриваючи відповідні проекти.

Збільшення ефективності програмування завдяки використанню системних міток. Системні мітки використовуються в якості загальносистемних в кожному проекті у робочій області. Це означає, що вони доступні для всіх приладів, включених в схему конфігурації мережі або модулю. Цим самим збільшується ефективність програмування, так як це дозволяє оголошувати операнди в проекті ПЛК в якості системних міток. Ці 64 системні мітки можна

також використовувати в інших проєктах, без їх додаткового нового оголошення у відповідному проєкті. Оскільки налаштування операндів змінюються на кожному етапі роботи, застосування всіх налаштувань і зміна системних міток для всіх проєктів виконується автоматично за один раз.

Щоб використати системні мітки в середовищі MELSOFT iQ Works , яка підтримує платформу iQ можна встановлювати в якості системних міток операнди, зареєстровані у, MELSOFT Navigator безпосередньо в проєкті.

```

* File: AnalogDigitalToryanskiy.exp
*
* IEC 61131-3 Structured Text (ST) code generated for subsystem
"AnalogDigitalToryanskiy/Subsystem3"
*
* Model name           : AnalogDigitalToryanskiy
* Model version        : 1.42
* Model creator        :
* Model last modified by   : STUDENTS
* Model last modified on   : Wed Dec 11 14:39:39 2019
* Model sample time      : 0s
* Subsystem name         : AnalogDigitalToryanskiy/Subsystem3
* Subsystem sample time   : 1s
* Simulink PLC Coder version : 1.6 (R2013b) 08-Aug-2013
* ST code generated on    : Wed Dec 11 17:56:17 2021
*
* Target IDE selection    : 3S CoDeSys 2.3
* Test Bench included     : No
*
*)
FUNCTION_BLOCK Subsystem3
VAR_INPUT
  ssMethodType: SINT;
  bi_Input: LREAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
  bo_Output: LREAL;
END_VAR

(* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 1 у цифровій формі1' *)
u1 := 0.001257734719152 * u1_states_h;

(* Update for Delay: '<S1>/Delay2' incorporates:
* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 2 у цифровій формі1' *)
FOR k := 0 TO 268 DO
  Delay2_DSTATE[k] := Delay2_DSTATE[k + 1];
END_FOR;
Delay2_DSTATE[269] := 0.001598720682394 * u1_states;
(* End of Update for Delay: '<S1>/Delay2' *)

(* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 2 у цифровій
формі1' *)
u1_states := u1 - (-0.998401279317606 * u1_states);

(* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 1 у цифровій
формі1' incorporates:
* Update for Inport: '<Root>/bi_Input' *)
u1_states_h := bi_Input - (-0.996406472230993 * u1_states_h);
END_CASE;
END_FUNCTION_BLOCK

(* InitializeConditions for Delay: '<S1>/Delay2' *)
FOR i := 0 TO 269 DO
  Delay2_DSTATE[i] := 0.0;
END_FOR;
(* End of InitializeConditions for Delay: '<S1>/Delay2' *)

(* InitializeConditions for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 2 у
цифровій формі1' *)
u1_states := 0.0;

(* InitializeConditions for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Об'єкт керування 1 у
цифровій формі1' *)
u1_states_h := 0.0;
SS_STEP:

(* Output: '<Root>/bo_Output' incorporates:
* Delay: '<S1>/Delay2' *)
bo_Output := Delay2_DSTATE[0];

VAR_GLOBAL CONSTANT
  SS_INITIALIZE: SINT := 0;
  SS_STEP: SINT := 1;
END_VAR
VAR_GLOBAL
END_VAR

FUNCTION_BLOCK Subsystem3
VAR_INPUT
  ssMethodType: SINT;
  bi_Input: LREAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
  bo_Output: LREAL;
END_VAR
VAR
  u1_states: LREAL;
  u1_states_h: LREAL;
  Delay2_DSTATE: ARRAY [0..269] OF LREAL;
END_VAR
VAR_TEMP
  k: DINT;
  i: DINT;
  u1: LREAL;

```

```

* File: AnalogDigitalToryanskiy.exp
*
* IEC 61131-3 Structured Text (ST) code generated for subsystem
"AnalogDigitalToryanskiy/Subsystem2"
*
* Model name          : AnalogDigitalToryanskiy
* Model version       : 1.42
* Model creator       :
* Model last modified by : STUDENTS
* Model last modified on   : Wed Dec 11 14:39:39 2019
* Model sample time     : 0s
* Subsystem name       : AnalogDigitalToryanskiy/Subsystem2
* Subsystem sample time : 1s
* Simulink PLC Coder version : 1.6 (R2013b) 08-Aug-2013
* ST code generated on   : Wed Dec 11 17:58:51 2021
*
* Target IDE selection  : 3S CoDeSys 2.3
* Test Bench included   : No
*

```

```

VAR
  u_states: LREAL;
  u_DSTATE: LREAL;
END_VAR
VAR_TEMP
  rtb_Saturation1: LREAL;
  rtb_u: LREAL;
  u_tmp: LREAL;
END_VAR
CASE ssMethodType OF
  SS_INITIALIZE:

```

```

*)
FUNCTION_BLOCK Subsystem2

```

```

VAR_INPUT
  ssMethodType: SINT;
  bi_Error: LREAL;
END_VAR
VAR_OUTPUT
  bo_Output: LREAL;
END_VAR

```

```

(* InitializeConditions for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі' *)
u_states := 0.0;
SS_STEP:

```

```

(* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі' incorporates:

```

```

* Inport: '<Root>/bi_Error' *)
u_tmp := bi_Error - (-0.992779814873728 * u_states);

```

```

(* Gain: '<S1>/Пропорційна складова2' incorporates:

```

```

* DiscreteIntegrator: '<S1>/Інтегруюча складова1'
* DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі1'
* Inport: '<Root>/bi_Error'
* Sum: '<S1>/Sum13' *)
rtb_u := (((0.359420289855072 * u_tmp) + (-0.359420289855072 * u_states)) +
(u_DSTATE + bi_Error)) * 2.96;

```

```

(* Update for DiscreteTransferFcn: '<S1>/Диференціююча складова у цифровій формі1' *)
u_states := u_tmp;
END_CASE;

```

```

(* Saturate: '<S1>/Saturation1' *)

```

```

IF rtb_u >= 160.0 THEN
  rtb_Saturation1 := 160.0;
ELSIF rtb_u > 0.0 THEN
  rtb_Saturation1 := rtb_u;
ELSE
  rtb_Saturation1 := 0.0;
END_IF;
(* End of Saturate: '<S1>/Saturation1' *)

```

```

(* Output: '<Root>/bo_Output' *)
bo_Output := rtb_Saturation1;

```

```

(* Update for DiscreteIntegrator: '<S1>/Інтегруюча складова1' incorporates:

```

```

* Gain: '<S1>/Ti2'
* Inport: '<Root>/bi_Error'
* Sum: '<S1>/Sum8'
* Sum: '<S1>/Sum9' *)
u_DSTATE := ((rtb_Saturation1 - rtb_u) + (0.001221001221001221 * bi_Error)) +
u_DSTATE;

```

```

END_FUNCTION_BLOCK
VAR_GLOBAL CONSTANT
  SS_INITIALIZE: SINT := 0;
  SS_STEP: SINT := 1;
END_VAR
VAR_GLOBAL
END_VAR

```

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

6. Розробка людино-машинного інтерфейсу оператора технолога

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

Таблиця 6.1 – Перелік вхідних та вихідних змінних

№	Опис	Діапазон	
1	Рівень зерна в силосі	0...1	Дискретний вхід
2	Температура зерна	-55...+125 °С	Аналоговий вхід
3	Вологість повітря в силосі	5...95%	Аналоговий вхід
4	Положення шиберного засува витяжних вентиляторів	0...1	Дискретний вхід
5	Витрата повітря на виході вентилятора	0...17000м ³ /год	Аналоговий вхід
6	Частота обертів двигуна вентилятора	0...1450об/хв	Аналоговий вхід
7	Зміна положення шиберного засува	0...1	Дискретний вихід
8	Ввімкнення/вимкнення витяжних вентиляторів	0...1	Дискретний вихід
9	Ввімкнення/вимкнення основного вентилятора	0...1	Дискретний вихід
10	Завдання частоти обертів двигуна основного вентилятора	0...1450об/хв	Аналоговий вихід
11	Положення засуву подачі зерна	0...1	Дискретний вхід
12	Відкриття/закриття засуву подачі зерна	0...1	Дискретний вихід
13	Ввімкнення/вимкнення двигуна конвеєра	0...1	Дискретний вихід
14	Сход стрічки конвеєра	0...1	Дискретний вхід
15	Швидкість руху стрічки	0...5 м/с	Аналоговий вхід

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Таран Д. В.			Розробка системи автоматизації приймання та попередньої сушки зерна	Літ.	Арк.	Аркушів
Керівник		Смітюх Я. В.					57	
Зав.кафедри		Смітюх Я. В.				НУХТ ЗАВ-3-1		
Секр. ЕК		Крупська Т. М.						

6.2. Відеокадри дисплейних мнемосхем оператора

Сучасна АСУ ТП, відповідно до вимог, має включати розроблену систему автоматизації за трирівневою структурою.

Основним елементом дисплейного способу подання інформації є мнемосхема, яка відображає стан технологічного процесу, стан обладнання та виконавчих механізмів, аварії та попередження на дисплеї ПЕОМ оператора.

Розглянемо основні характеристики та функції кожного рівня:

Нижній рівень (Input/Output-level):

Опис: Цей рівень представляє обладнання, таке як давачі, пристрої контролю, та виконавчі механізми, які впливають на технологічний процес.

Функції: Контроль параметрів процесу за допомогою давачів, взаємодія з виконавчими пристроями для коригування параметрів, узгодження сигналів давачів і виконавчих пристроїв.

Середній рівень (Control level):

Опис: Це рівень контролерів, зокрема програмованих логічних контролерів (ПЛК).

Функції: Отримання даних з обладнання та давачів, видача команд керування на виконавчі механізми, виконання програмних алгоритмів керування, забезпечення зв'язку з нижнім та верхнім рівнями.

Верхній рівень (SCADA, HMI):

Опис: Це рівень операторських та диспетчерських станцій, включаючи системи диспетчерського керування і збору даних (SCADA).

Функції: Візуалізація стану технологічного процесу за допомогою мнемосхем та графічних інтерфейсів, контроль за роботою об'єктів, обробка та архівація даних, сповіщення оператора про події або аварії, забезпечення комунікації між верхнім і нижнім рівнями.

Ця трьохрівнева структура дозволяє ефективно керувати технологічним процесом, забезпечуючи операторам та диспетчерам необхідні інструменти для моніторингу, керування та взаємодії з системою. Також, важливо відзначити

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

використання SCADA, яка допомагає узагальнити та оптимізувати управління за допомогою централізованого підходу до збору та аналізу даних.

SCADA – процес збору інформації реального часу з віддалених точок для обробки, аналізу і можливого керування віддаленими об'єктами. Вимоги обробки реального часу обумовлюються необхідністю доставки всіх необхідних подій і даних на центральний інтерфейс оператора.

Сучасна SCADA базується на трьох основних структурних компонентах:

1. RTU (Remote Terminal Unit) – віддалений термінальний пристрій:

Опис: RTU є обладнанням, розташованим на об'єктах віддаленого моніторингу та керування.

Функції: Збір даних з сенсорів і виконавчих пристроїв, виконання певних локальних керувальних функцій, передача інформації до центральної системи SCADA.

2. MTU (Master Terminal Unit) – диспетчерський пункт управління:

Опис: MTU виступає як центральний пункт управління та моніторингу в SCADA системі.

Функції: Прийом і обробка даних від RTU, визначення стану системи, генерація команд для управління віддаленими об'єктами, відображення інформації для операторів.

3. CS (Communication System) – комунікаційна система:

Опис: CS відповідає за забезпечення зв'язку між RTU та MTU.

Функції: Організація передачі даних між віддаленими об'єктами та центральною системою, забезпечення надійної та безпечної передачі інформації.

Зазначені компоненти утворюють систему, яка дозволяє збирати, аналізувати та контролювати дані в реальному часі, забезпечуючи ефективне управління об'єктами віддаленого моніторингу. Системи SCADA є ключовим елементом в сучасних системах автоматизації та управління технологічними процесами.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

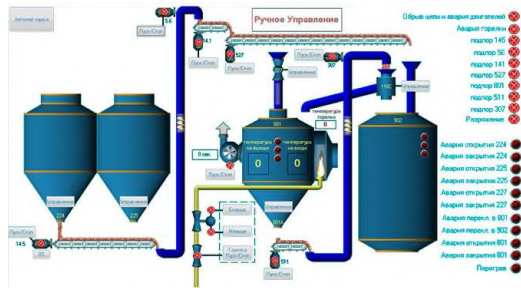


Рисунок 6.1 – Мнемосхема процесу сушіння зерна

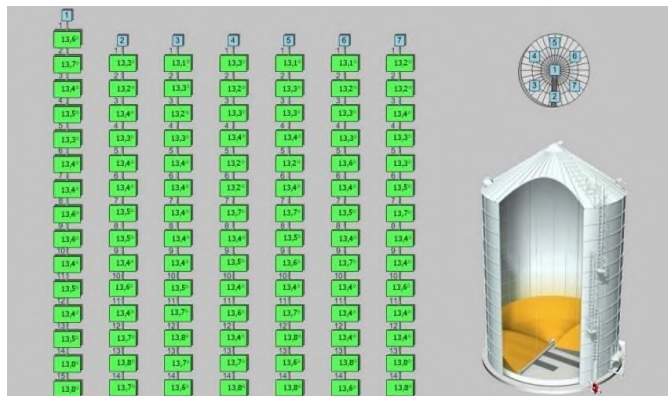


Рисунок 6.2 – Термометрія зберігання зерна в силосі

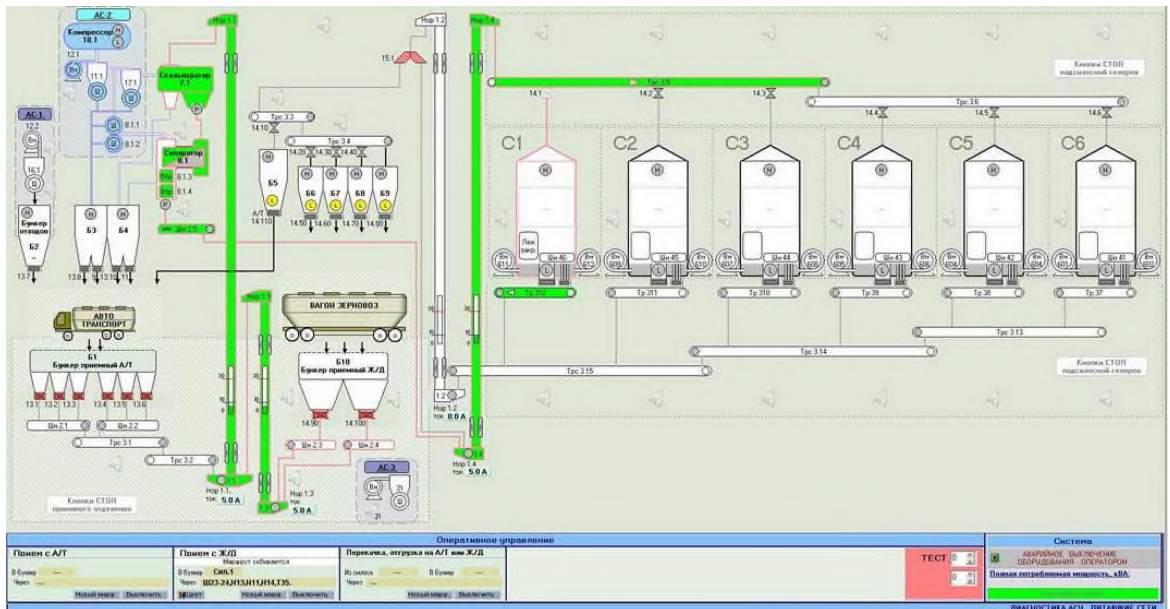


Рисунок 6.3 – Основна мнемосхема технологічного процесу приймання сушіння та зберігання зерна

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Арк.

60

7. Комп'ютерне моделювання системи автоматичного регулювання

7.1. Постановка задачі дослідження

Аналізуючи об'єкт керування, було встановлено, що ключовими параметрами для забезпечення оптимального клімату в зерносховищі є температура і вологість. Основна мета програмного керування - це збалансувати потоки вхідного та виходячого повітря з об'єкту. Складність стабілізації умов зберігання пов'язана із виділенням вуглекислого газу, який виникає під час зберігання продуктів і може впливати на тривалість зберігання. Регулювання здійснюється за допомогою зміни положення засувок у каналах повітря. Для більш точного формулювання завдання регулювання необхідно провести докладне вивчення процесу зберігання і створити багатофакторну модель, але це виходить за рамки даної роботи.

7.2. Вибір об'єкта керування та його математичної моделі

Враховуючи рівняння теплового балансу, яке описує процес обміну повітряними, необхідна температура зерносховища визначається.

$$t_{\text{см}} = \frac{F_{\text{ВОМ}} \cdot t_{\text{ТН}} + F_{\text{ЗП}} \cdot t_{\text{ЗП}}}{F_{\text{ВОМ}} + F_{\text{ЗП}}} \quad (7.1)$$

де: $t_{\text{см}}$ - температура суміші повітря, $t_{\text{ТН}}$ - температура теплоносія вентиляційно-опалювального модуля, $t_{\text{ЗП}}$ - температура зовнішнього повітря, $F_{\text{ВОМ}}$ - масові витрати повітря, $F_{\text{ЗП}}$ - масові витрати зовнішнього повітря.

Це вказує на те, що температура сховища є результатом взаємодії та балансу цих параметрів, і розраховується за допомогою відповідного рівняння теплового балансу.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Лім.	Арк.	Аркушів
Розроб.		Таран Д. В.			Розробка системи автоматизації приймання та попередньої сушки зерна		
Керівник		Смітюх Я. В.				61	
Зав.кафедри		Смітюх Я. В.			НУХТ ЗАВ-3-1		
Секр. ЕК		Крупська Т. М.					

З огляду на те, що температура теплоносія ($t_{ТН}$) і температура зовнішнього повітря ($t_{ЗП}$) вважаються постійними на певний період часу, температура повітря у сховищі залежить від масових витрат повітря та положення керованих шиберів. Можливо використовувати рівняння теплового балансу, що враховує внесок масових витрат повітря та положення шиберів у процесі регулювання температури в зерносховищі.

Внесок масових витрат зовнішнього повітря визначаються за формулою:

$$F_{ЗП} = Q_{ЗП} \cdot \rho_{ЗП} \quad (7.2)$$

де: $Q_{ЗП}$ – масова витрата зовнішнього повітря, $\rho_{ЗП}$ – щільність зовнішнього повітря.

Величина щільності повітря $\rho_{ЗП}$ обраховується за формулою:

$$\rho_{ЗП} = \frac{353}{273 + t_{ЗП}} \quad (7.3)$$

Внесок масових витрат визначаються формулою:

$$F_{ВОМ} = Q_{ВОМ} \cdot \rho_{ТН} \quad (7.4)$$

В математичній моделі системи розрізняються дві підсистеми:

Система керування витратами повітря:

В цій підсистемі визначається стратегія регулювання масових витрат повітря для підтримки оптимальних умов клімату в зерносховищі. Ймовірно, це включає в себе використання датчиків температури та вологості для оцінки потреб системи.

Система керування витратами повітря через керовані шибери:

У цій підсистемі визначається стратегія регулювання положення керованих шиберів для ефективного керування потоками повітря в системі. Це може бути зв'язано з рівнями температури та вологості, виміряними датчиками в системі.

Для обох підсистем використовуються відповідні датчики для оцінки температури та вологості в системі. Ці дані використовуються для прийняття

Датчик витрат повітря: Вимірює витрату повітря, і його вихід використовується для зворотного зв'язку з регулятором для коригування роботи системи.

У системі регулювання вентиляції параметром, який регулюється, є витрата повітря, а регулюючим впливом є частота обертання електродвигуна. Це може бути важливим для забезпечення оптимальних умов вентиляції у вентиляційно-опалювальному модулі.

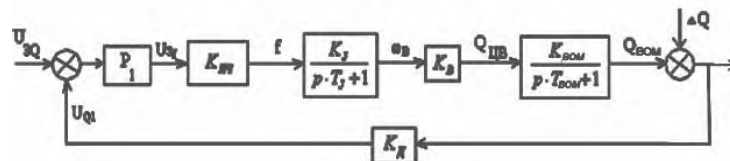


Рисунок 7.2 – Структурна схема моделі регулятора для системи вентиляції

Передаточні функції складових усіх ланок наведено нижче:

- $W_{ПЧ}(p) - K_{ПЧ}$ – коефіцієнт передачі частотного перетворювача;
- $W_{АД}(p) - K_{АД}$ – коефіцієнт передачі АД; $W_{В}(p) - K_{В}$ – коефіцієнт передачі вентилятора;
- $W_{ВОМ}(p) - K_{ВОМ}(p)$ – коефіцієнт передачі ВОМ; $W_{Д}(p) - K_{Д}$ – коефіцієнт передачі давача.

Зазвичай агрегати кліматозабезпечення мають великі сталі часу, що характеризуються значущими періодами часу для досягнення сталого стану або відгуку на зміни в управлінні. При проведенні експериментів для визначення параметрів цих агрегатів допускається введення збурень, які становлять не більше 5–10% номінального значення.

Деякі сталі параметрів, такі як стала часу частотного перетворювача та електромеханічна стала асинхронного двигуна (АД), можна отримати з довідкової літератури або інших джерел. Щодо оцінки експериментальної сталої масових витрат повітря (ВОМ), її можна визначити з перехідної характеристики активної установки, проводячи вимір витрат повітря при зміні положення засувки.

Отримання експериментальних сталих дозволяє краще розуміти та моделювати динаміку агрегатів кліматозабезпечення та вирішувати задачі їх управління з урахуванням динамічних характеристик системи.

Передаточна функція, без урахування збурень на об'єкт, має вигляд:

$$W_{ок}(p) = \frac{K_{ПЧ} \cdot K_j \cdot K_B \cdot K_{ВОМ} \cdot K_d}{(p \cdot T_j + 1) \cdot (p \cdot T_{ВОМ} + 1)} \quad (7.5)$$

де T_j – механічна стала часу АД; $T_{ВОМ} = 2с$ – стала часу перетворювача

Система керування шиберами включає наступні елементи:

- Регулятор (Р): Отримує сигнал від задачі щодо необхідного кута нахилу шиберів і забезпечує регулювання системи.

- Виконавчий механізм (ВМ) з безконтактним реверсивним пускачем (ПБР): Виконавчий механізм, який включається або вимикається за допомогою безконтактного реверсивного пускача. Приймає команду на включення або вимкнення від регулятора.

- Керовані шибери (КШ): Це частини системи, кут нахилу яких змінюється для регулювання потоку повітря через аеродинамічний об'єкт.

- Аеродинамічний об'єкт: Це частина системи, через яку пропускається повітря, і яка регулюється керованими шиберами.

- Давач витрат повітря: Давач, який надає сигнал зворотного зв'язку регулятору щодо витрат повітря.

Описаний процес включає в себе регулювання кута нахилу шиберів на основі вхідного сигналу від задачі і зворотного сигналу від давача витрат повітря. Виконавчий механізм (ВМ) змінює кут нахилу шиберів (α) за допомогою сигналу управління (U_y), що надається безконтактним реверсивним пускачем (ПБР).

На рисунку 7.3 представлена структурна схема регулятора керування шиберами.

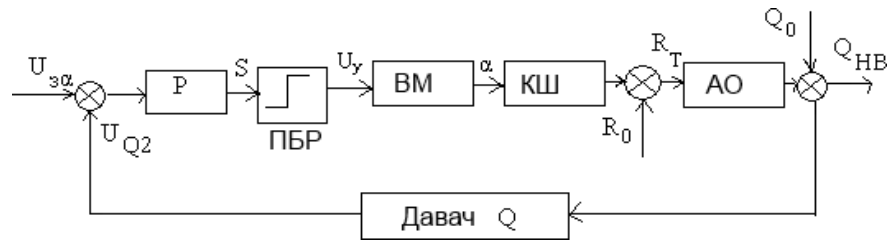


Рисунок 7.3 – Структурна схема регулятора керування шиберами

В структурній схемі використано механізм виконавчий електричний однообертний постійної швидкості (МЕО), який використовується як виконавчий орган у наведеній схемі. Управління механізмом є безконтактним та здійснюється за допомогою пускача ПБР-3А, який забезпечує можливість пуску, зміни напрямку руху (реверсу) і захисту 3-фазного асинхронного двигуна від перевантажень.

Відповідно до сигналів, які генерує ПБР, електропривід може обертатися у вперед або в реверсі, а також припинити рух (при цьому активується гальмо на валу асинхронного двигуна). Цей принцип керування може бути математично описаний як реле без зони нечутливості:

$$U_y = c \cdot \text{sign}(S) \quad (7.6)$$

де S – поверхня переключення

Математичну модель МЕО, можна представити у вигляді інтегратора з коефіцієнтом передачі K_m [20].

Входом для нього є U_y – керуючий сигнал з реле, а виходом – α – кут повороту вала.

Тоді передаточну функцію ВМ можна записати у вигляді:

$$W(p) = \frac{\alpha(p)}{U_y} = \frac{K_m}{p} \quad (7.7)$$

Із довідка характеристик МЕО, отримаємо:

$$K_m = 0,00103 \frac{\text{рад}}{[\text{В} \cdot \text{с}]} \quad (7.8)$$

Для оцінки параметрів каналу керування витратами повітря через шибери, ми розглядаємо схему керування, зображену на рисунку 7.4. Аеродинамічний опір каналу, який визначає витрати повітря, є функцією кута повороту шиберів, розташованих у каналі.



Рисунок 7.4 – цюнальна схема керування витратами повітря

$U_{п}$ – напруга живлення механізму; $U_{у}$ – сигнал керування ВМ; α – кут повороту; $R_{п}$ – аеродинамічний опір повітря; Q – витрати зовнішнього повітря.

Математична модель керованих шиберів виражається пропорційною ланкою, оскільки можна ігнорувати реактивні параметри пристрою.

7.3. Моделювання САР

Для полегшення обчислень та моделювання можна здійснити лінеаризацію наведеної функції (рисунок 7.5) при несуттєвих похибках і визначити коефіцієнт регулятора:

$$ККШ_{min} = 0,00105; ККШ_{max} = 0,002$$

Номінальне значення коефіцієнта перетворення $ККШ_{ном} = 0,00185 \frac{рад \cdot м^8}{Н \cdot с^2}$

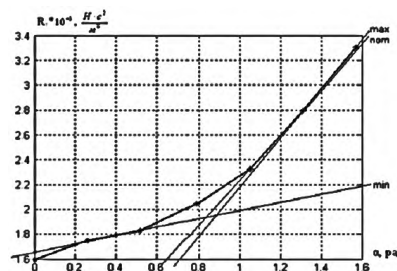


Рисунок 7.5 – Залежність аеродинамічного опору регулятора R від кута положення шибера

Враховуючи, що при $\alpha = 0$ відповідає значення $R_0 = 0,4 \cdot 10^{-3} \frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^8}$, схема моделювання характеристики $RT = f(\alpha)$ має вигляд, представлений на рисунку 7.6:

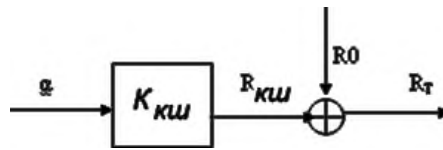


Рисунок 7.6– Структурна схема системи автоматизації керування шибером

7.4. Опрацювання результатів моделювання та формулювання висновків

Завданням управління об'єктом є забезпечення регулятором необхідного рівня витрат повітря в каналі подачі теплого повітря. Вимоги, які пред'являються до якості перехідних процесів у системі керування, включають в себе наступне:

Швидкість встановлення: Система повинна надати швидко та ефективно досягнення необхідного рівня витрат повітря після змін у вхідних умовах чи команді регулятора.

Мінімальні коливання: У процесі регулювання необхідно уникати непотрібних коливань витрат повітря, щоб забезпечити стабільність та комфортні умови в системі.

Мінімальний перерегулювання: Недоцільною є ситуація, коли витрати повітря перевищують необхідний рівень, щоб уникнути перегріву або переохолодження системи.

Стійкість до змін зовнішніх впливів: Система повинна виявляти стійкість та адаптованість до змін в зовнішніх умовах, які можуть впливати на витрати повітря.

Мінімізація часу освоєння нового рівня витрат: При зміні рівня витрат повітря система повинна якнайшвидше досягти нового установленого значення, уникнувши зайвих затримок.

Забезпечення вищезгаданих вимог дозволяє досягти ефективного та стабільного управління системою витрат повітря для підтримки необхідних кліматичних умов: $t_{п-} \approx 10 \text{ с}$, $\sigma \approx 30\%$, $\Delta \approx 5\%$

Математична модель об'єкта керування представляється як послідовне з'єднання двох аперіодичних ланок.

$$W_0(p) = \frac{7}{(3p + 1)(2p + 1)} \quad (7.9)$$

Схема моделювання зображена на рисунку 7.7, а перехідна характеристика розімкнутого і замкнутого контуру регулювання – на рисунку 7.8.

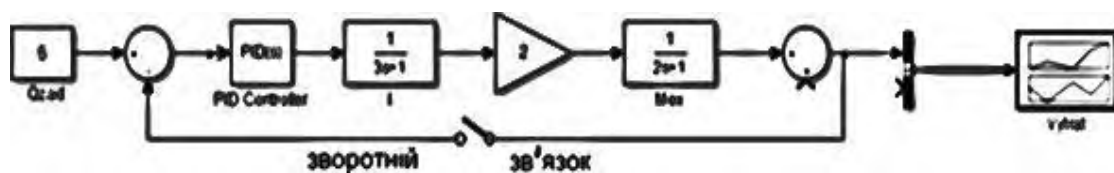


Рисунок 7.7 – Схема моделювання параметра витрат повітря без включення регулятора

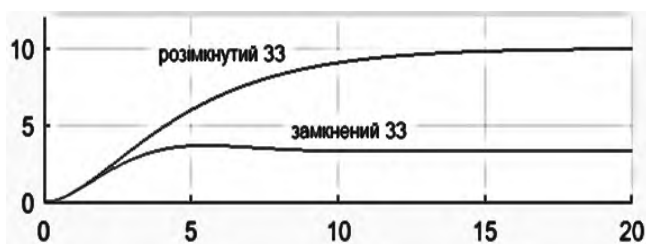


Рисунок 7.8 – Перехідний процес об'єкта керування із розімкненим і замкнутим зворотнім зв'язком

Налаштуємо параметри PID – регулятора, що включений в послідовне коло схеми.

Відповідно перехідний процес з послідовним регулятором із коефіцієнтами $P = 0,95$; $I = 0,27$; $D = 0,71$ буде мати вигляд, зображений на рисунку 7.9.

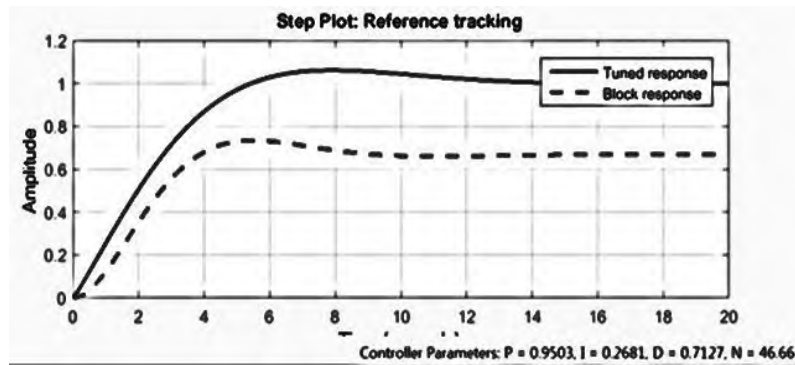


Рисунок 7.9 – перехідний процес при класичних налаштуваннях PID – регулятора

Необмежуючись стандартними настройками PID-регулятора, ми оптимізуємо форму перехідної характеристики з метою досягнення мінімального часу переходу, уважно слідкуючи за рівнем перерегулювання. Результат оптимізації представлений на рисунку. Цей підхід передбачає регулювання параметрів PID-регулятора, таких як коефіцієнти пропорційності, інтегралу та диференціації, з метою досягнення оптимальної форми перехідної характеристики. Важливо забезпечити баланс між швидкістю реакції системи та уникненням надмірного перерегулювання, що може призвести до небажаних коливань чи нестабільності, рисунок 7.10.

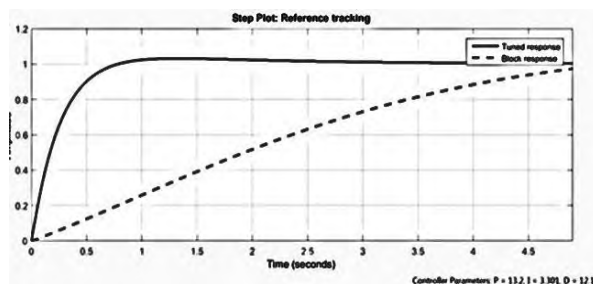


Рисунок 7.10 – Оптимальний перехідний процес

Коефіцієнти мають значення: $P = 13,2$; $I = 3,3$; $D = 12,1$.

Наступним кроком досліджень регулятора є перевірка відпрацювання збурень об'єкту керування.

Для цього до вихідного значення параметру з допомогою імпульсного генератора додамо збурюючі значення параметра, як зображено на схемі рисунок 7.11.

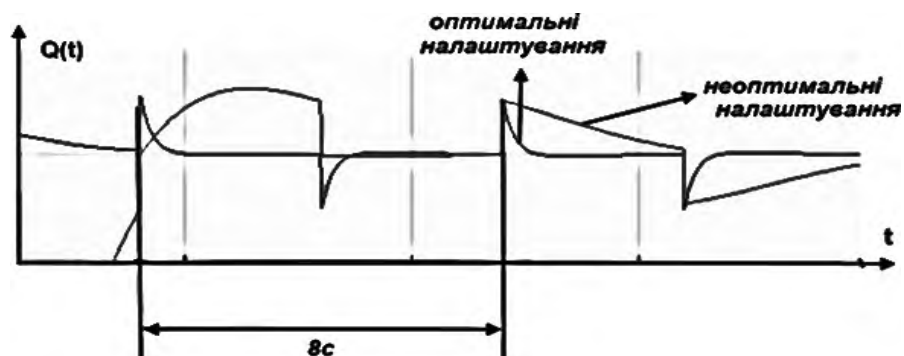


Рисунок 7.11 – Відпрацювання збурень при різних налаштування PID – регулятора

З рисунку 7.11 можна визначити, що оптимальні налаштування PID-регулятора, які досягають оптимальних значень тривалості перехідного процесу та перерегулювання, ефективніше мінімізують вплив збурень, ніж налаштування, отримані за методом Зіглера-Нікольса.

Висновок

У результаті проведеного дослідження та розробки системи автоматизації приймання та попередньої сушки зерна було досягнуто значних покращень у ефективності та контролі над цими ключовими процесами в агропромисловому виробництві.

Розроблена система, використовуючи передові технології сенсорів, мікроконтролерів та програмного забезпечення, дозволяє автоматично адаптувати параметри приймання та сушіння зерна в залежності від типу та стану зерна. Це призводить до підвищення продуктивності, зниження витрат енергії та оптимізації використання ресурсів.

Результати експериментів та тестувань підтверджують, що впровадження автоматизованої системи приймання та попередньої сушки зерна сприятиме не лише підвищенню якості обробки зерна, але й забезпечить оптимальні умови для його зберігання.

Комплекс забезпечує:

- вимірювання технологічних параметрів;
- ретрансляцію масивів інформації від вимірювальних комплексів;
- керування об'єктами, виконавчими механізмами;
- конфігурування для технологічного об'єкту;
- самодіагностика технічного стану в робочому режимі й у режимі тестування (регламентні роботи);
- архів і формування звітів.

Отримані результати свідчать про високий потенціал використання розробленої системи в сучасному агропромисловому виробництві, що може призвести до підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарських підприємств та сприяти стійкому розвитку аграрного сектору.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

Список використаної літератури

1. Бабіченко А.К., Промислові засоби автоматизації. Навч. посібник./ А.К. Бабіченко, В.І. Тошинський, В.С. Михайлов та ін.- Харків: НТУ "ХПІ", 2001 р.
2. Дацишин О.В., Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв / О.В. Дацишин, А.І. Ткачук, О.В. Гвоздєв; ред.. О.В. Дацишина. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова Книга, 2013. – 488с.
3. Ельперін І.В., Автоматизація виробничих процесів: підручник. / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед. — К.: Видавництво Ліра-К, 2015. — 378 с.
4. Ельперін І.В., Промислові контролери. Частина 2 / І.В. Ельперін // К.: НУХТ. – 2012. – 106 с.
5. Куцик А. С., Автоматизовані системи керування на програмованих логічних контролерах. / А. С. Куцик, В. О. Місюренко – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2013. – 200с.
6. Radvanovsky R, Brodsky J. SCADA / ControlSystems Security. – CRC Press, 2013. – 383р.
7. Кангин В. В., Разработка SCADA–систем. Программные аспекты. – Lambert Academic Publishing, 2015. – 472 с.
8. Ладанюк А.П., Автоматизація технологічних процесів та виробництв харчової промисловості: Підручник / Ладанюк А.П, Трегуб В.Г., Ельперін І.В., Цюцюра В.Д. // К.: Аграрна освіта. – 2001. – 224 с.
9. Ладанюк А.П., Системний аналіз складних систем управління. Навчальний. посібник / Ладанюк А.П., Смітюх Я.В., Власенко Л.О. – К.:НУХТ, 2013. – 274с.
10. Krishnamurthy TS, Majumder SK. A comparative evaluation of some storage bins for rural grain storage. – J Ind Acad Wood Sci, 2008. – 327 p.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

11. Левченко О.І., Основи автоматизації теплоенергетичних процесів та установок. Навчальний. посібник / Левченко О.І., Сідлецький В.М. – К.:НУХТ, 2014. – 227с..

12. Пузік Л. М. Технологія зберігання і переробки зерна. / Л. М. Пузік, В. К. Пузік. – Х.: Точка, 2013. – 311 с.

13. Методичні рекомендації до виконання випускної кваліфікаційної роботи на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» денної та заочної форм навчання / Уклад.: І.В. Ельперін, В.М. Сідлецький, Н.М. Луцька, Є.С. Проскурка. [Електронний ресурс]. – К. : НУХТ, 2020. – 73 с.

14. Осокіна Н. М., Технологія зберігання зерна з основами захисту від шкідників / Н. М. Осокіна, І. І. Мостов'як, О. П. Герасимчук, В. В. Любич та ін. – Умань; Київ : СІК ГРУП УКРАЇНА, 2016. – 248 с.

15. Подпратов Г. І., Технологія зберігання та переробки продукції рослинництва: підручник. / Подпратов Г. І. , Рожко В.І., Скалецька Л.Ф. – К.: Аграрна освіта, 2014. – 393 с.

16. Пузік Л. М. Технологія зберігання і переробки зерна. / Л. М. Пузік, В. К. Пузік. – Х.: Точка, 2013. – 311 с.

17. Трегуб В.Г. , Основи комп'ютерно-інтегрованого управління: Навчальний посібник. / В.Г. Трегуб // К.: НУХТ, 2006 – 139 с.

18. Трегуб В.Г., Проектування систем автоматизації. / В.Г. Трегуб Навч. пос. — К: Видавництво Ліра-К., 2014. — 344с.

19. Теорія автоматичного керування: Підручник / С.Е.Душин, Н.С.Зотов, Д.Х. Імаев и др.; під ред. В.Б.Яковлева. М.: Вища школа, 2005. – 567 с.

20. Півняк Г.Г., Тадеушевич Р.Ю., Ткачов В.В., Шаруда В.Г. Комп'ютерне моделювання та розрахунок перехідних процесів в автоматичних системах. Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2003. – 338 с.

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

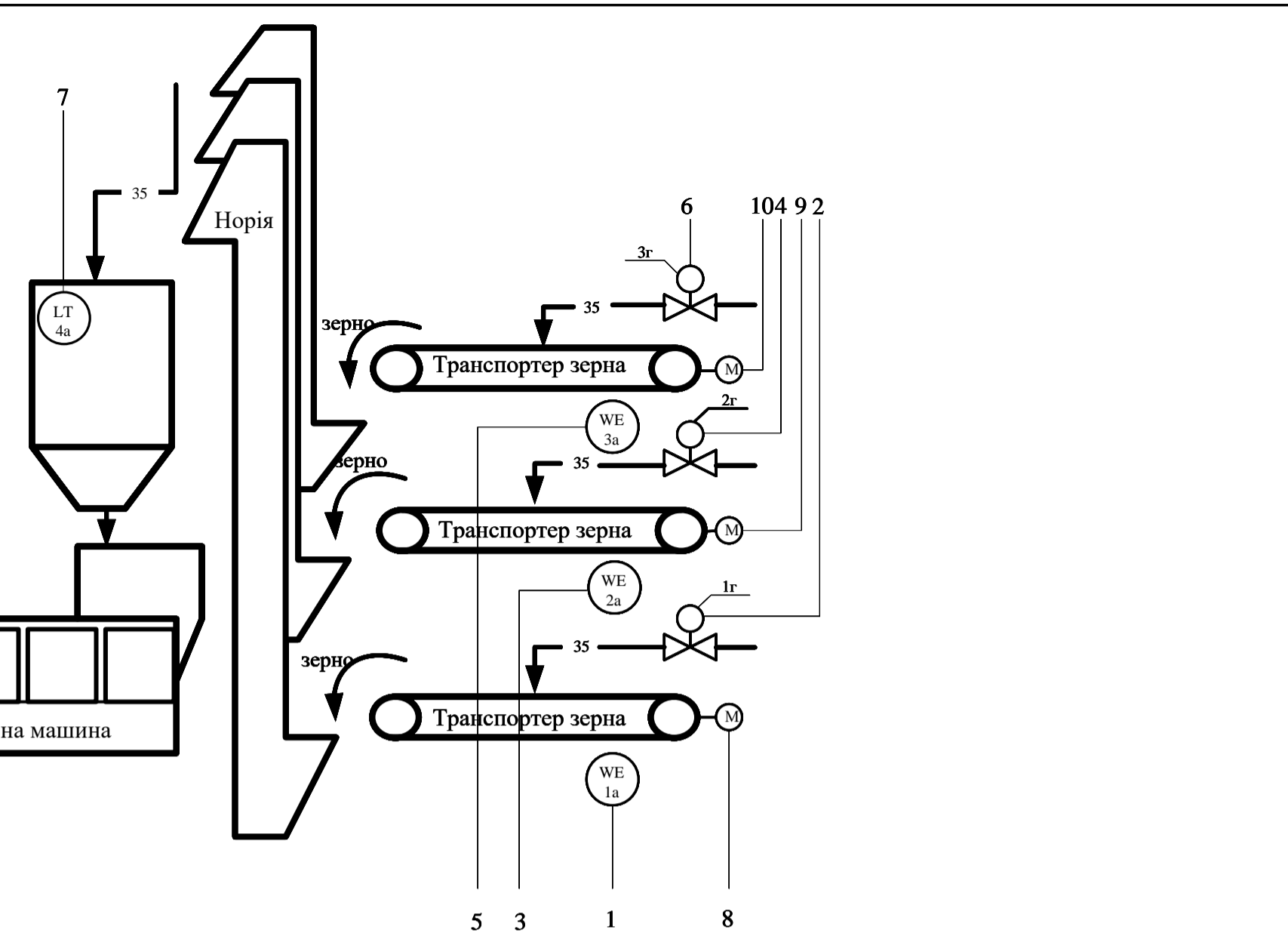
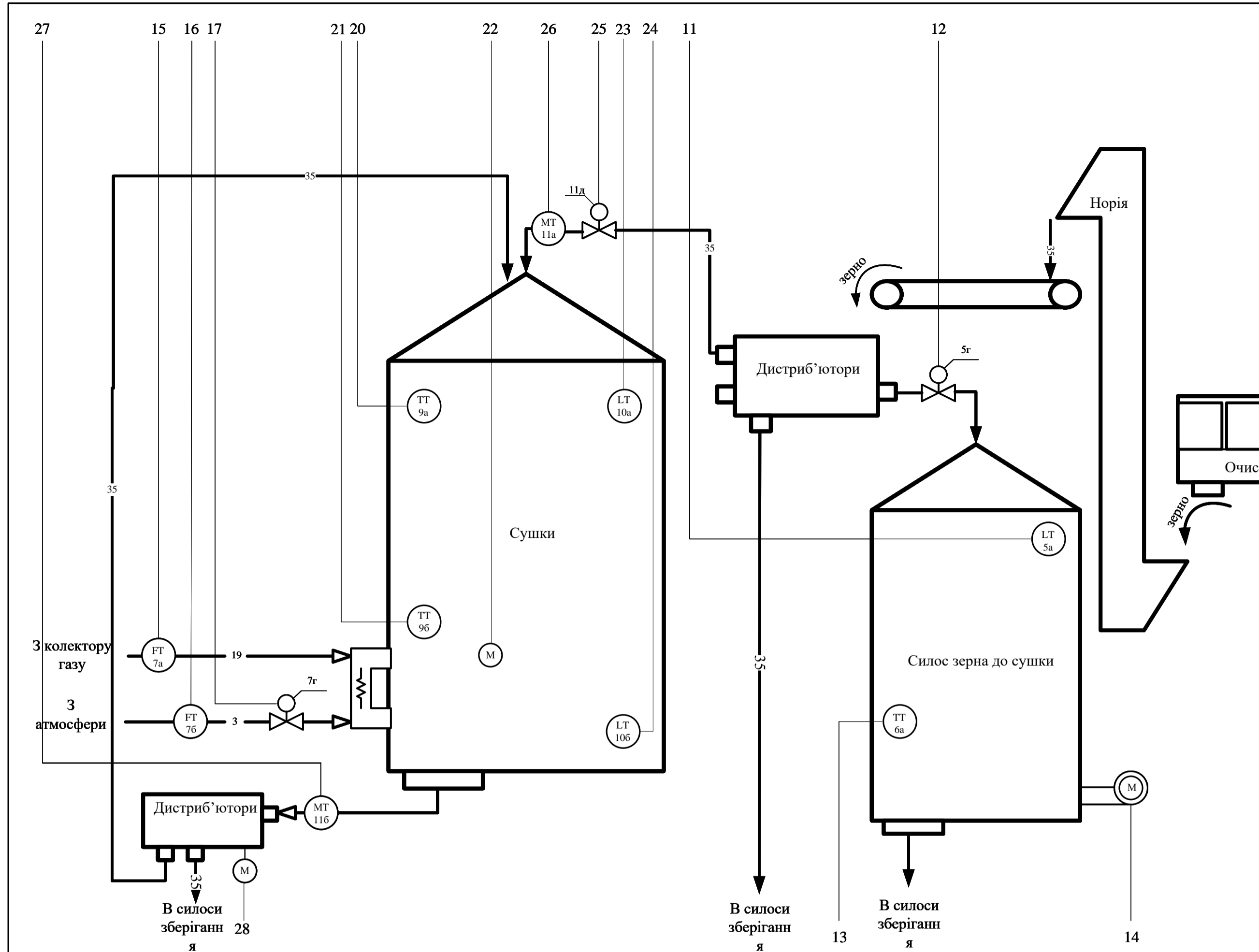
21. Інтернет-журнал «Зернокорм», розділ «Зерносушильное оборудование», <https://zernokorm.biz/zernosushilka-dsp-32>

22. Соснин К. В. Автоматизована система управління сушіння зерна за критерієм енергоефективності : дис. канд. техн. наук : 05.13.07 / Соснин Константин Владимирович – Дніпропетровськ, 2015. – 143 с.

23. Інтернет-журнал «УКРАВТОНОМГАЗ», розділ «Сушилки для зерна», <https://ukravtonomgaz.ua/ru/blog/zernosushilka-dsp-32>

24. Офіційний сайт «КСК. Автоматизація». - доступ: <https://www.kck.ua/dir/asutp/plk/kompaktnye-plk-cerii-melsec-fxmitsubishi-electric.html>

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



Позиція	Найменування	К-ть	Примітка
Прилади за місцем			
6а,8а	Термопідвіска типу ТПУ	2	
9а,9б	Термоперетворювач типу Rosemount 768	2	
1а,2а,3а	Дозатор ваговий стрічковий ДВЛ	3	
1г,2г,3г,5г,7г,10д	Виконавчий механізм МЭО	6	
1в,2в,3в,5в,7в,10г	Безконтактний пускач ПБР-М	6	
7а, 7б	Вихревий витратомір Rosemount 8800	2	
4а,5а,10а,10б	Датчик рівня Rosemount 2021	4	
6в,8в	Пристрій плавного пуску та гальмування SIRIUS 3RW40	2	
4д,4е,4с,9г,11в	Частотний перетворювач MICROMASTER 420	5	
11а,11б	Датчик вологості зерна типу Wile 55	2	
Прилади на щиті			
16,26,36	Процесор ваговий ПВ-310	3	
4б,4в,4г,5б,6б,8б,9а,10а	Блок ручного управління БРУ-5	8	
ПЛК Mitsubishi FX5N			

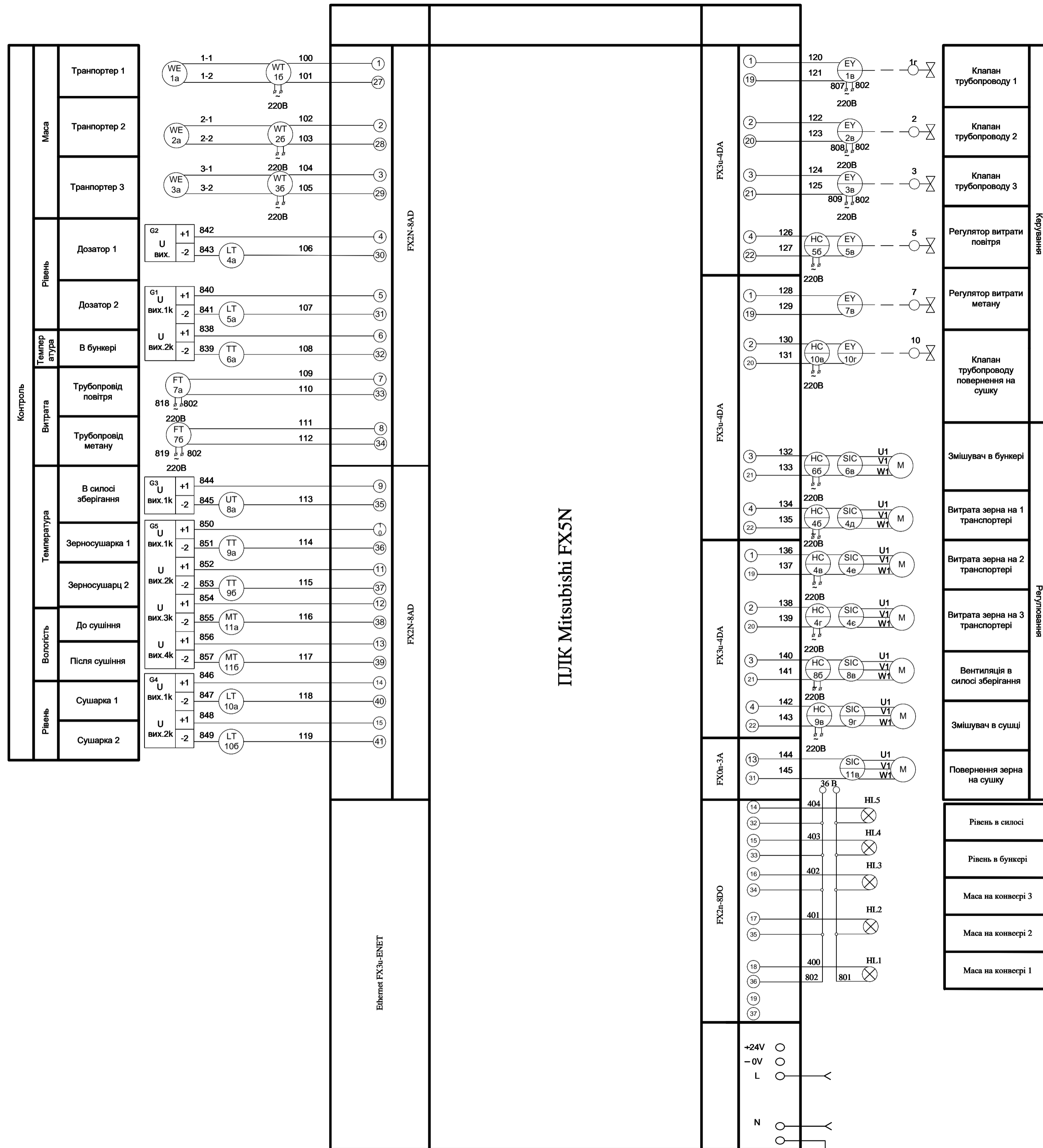
Прилади за місцем	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
1	2.7 тон/год.	регулювання	2.7 тон/год.	регулювання	2.7 тон/год.	регулювання	8м	регулювання	регулювання	регулювання	регулювання	регулювання	35 С	регулювання	95-110 С	95-110 С	регулювання	регулювання	99 С	87 С	керування	39м	4м	регулювання	17,1 більше	14,1	регулювання	
Прилади на щиті	WT 16	HL1	WT 26	HL2	WT 36	HL3	HL4	HIC 4б	HIC 4с	HIC 4г	HL5	HIC 5б	HIC 6б	HIC 7б	HIC 8б	HIC 9б	HIC 10б	HIC 8б	HIC 8б	HIC 9б	HIC 9б	HIC 9б	HIC 9б	HIC 10б	HIC 10б	HIC 10б	HIC 11б	HIC 11б
ПЛК Mitsubishi FX5N	Y																											
ЕОМ	B																											
	I																											
	A																											
	R																											

Позн.	Найменування
— 3 —	Трубопровід подачі повітря
— 19 —	Трубопровід подачі газу метану
— 35 —	Трубопровід зерна

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА				
Зм.	Арк	№ докум.	Підп.	Дата
Виконав	Таран Д. В.			
Перевірив	Смітх Я. В.			
Завкаф.	Смітх Я. В.			
Секр.	ЕК	Крупська Т. М.		

Розробка системи автоматизації приймання та попередньої сушки зерна		
Лім.	Маса	Маштаб
Арк.	Аркуші	

Схема автоматизації	
НУХТ ЗАВ-3-1	



ПЛК Mitsubishi FX5N

Позиція	Найменування	К-ть	Примітка
	ПЛК Mitsubishi FX1N		
FX2n-8DO	Модуль дискретних виходів, 8 каналів	1	
FX2N-8AD	Модуль аналогових входів, 8 каналів	2	
FX3u-4DA	Модуль аналогових виходів, 4 каналів	2	
Ethernet FX3u-ENET	Блок зовнішнього інтерфейсу	1	

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА			
Зм. Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Виконав	Таран Д. В.		
Перевірів	Сміток Я. В.		
Завкаф.	Сміток Я. В.		
Секр. ЕК	Крупська Т. М.		
Розробка системи автоматизації приймання та попередньої сушки зерна			Літ.
			Маса
			Маштаб
Схеми підключення датчиків та ВМ до ПЛК			Арк.
			Аркуші
			НУХТ ЗАВ-3-1



Постоянный мониторинг и запись во время загрузки зерна с печатью протокола



Связь с ПК через

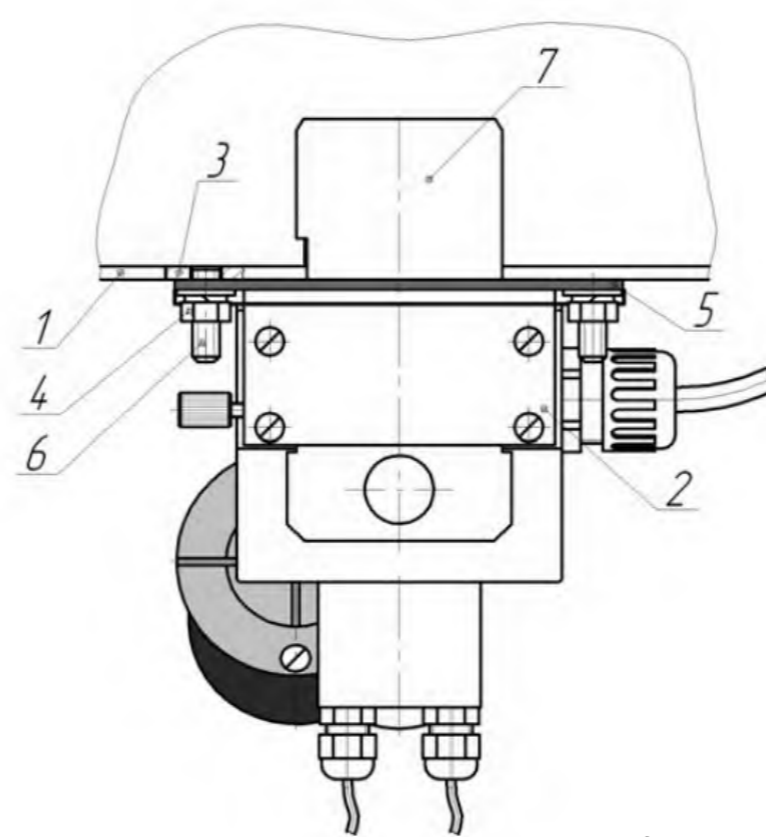
RS232V24-интерфейс для обработки полученных данных в системе управления влажностью зерна

Центр. модуль SM23U

MOISTURE: 18.5%
MOISTURE: 15.9%
MOISTURE: 71.8%

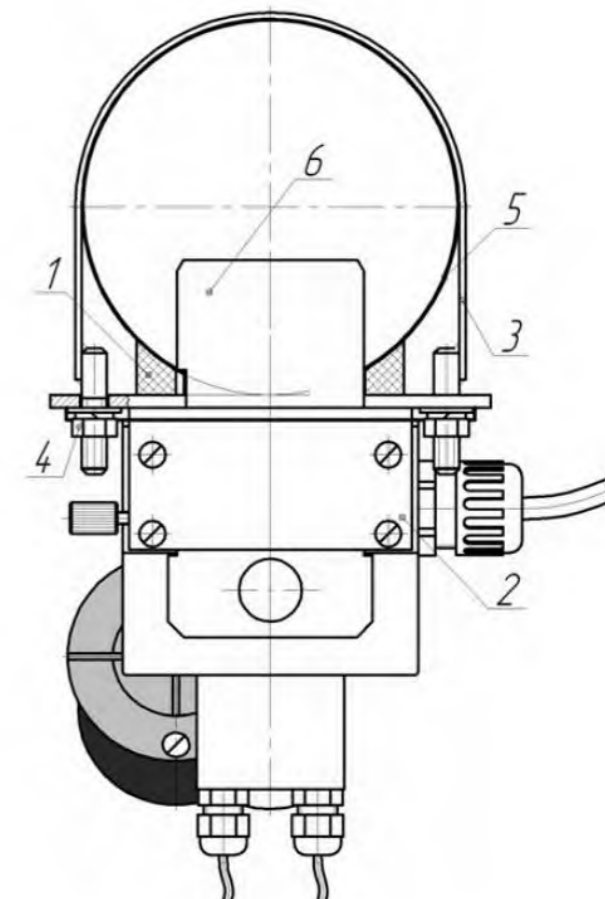
Интеграция в существующие контрольные панели или системы через стандартные аналоговые интерфейсы 0...20 мА или 4...20мА

Рекомендовані сфери застосування вимірювального комплексу вологоміра



Монтаж датчика вологості в бункері

- 1 – Корпус бункера
- 2 – Корпус датчика
- 3 – Приєднувальні отвори
- 4 - Гайка
- 5 – Фланець
- 6 – Шпилька
- 7 – Сенсор датчика



Монтаж датчика вологості в потоці

- 1 – Приєднувальні опори
- 2 – Корпус датчика
- 3 – Хомут
- 4 - Гайка
- 5 – Трубопровід
- 6 – Сенсор датчика

					КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	Розробка системи автоматизації приймання та попередньої сушки зерна	Літ.	Маса	Маштаб	
Виконав		Таран Д. В.							
Перевірів		Смітюх Я. В.							
					Креслення встановлення технічного засобу	Арк.		Аркушів	
Завкаф.		Смітюх Я. В.				НУХТ ЗАВ-3-1			
Секр. ЕК		Крупська Т. М.							