

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

**Інститут (факультет) автоматизації і комп'ютерних систем
Кафедра автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління**

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
_____ Андрій ФОРСЮК
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 2024р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
_____ Ярослав СМІТЮХ
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 2024р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА**

зі спеціальності 151«Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми «Комп'ютерні технології та програмування
в автоматизованих системах управління»

на тему: Розробка інтегрованої автоматизованої системи управління
процесом сушки зерна

Виконав: здобувач _____ курсу, групи ІА-2-2М

_____ Роговик Артем Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Заєць Наталія Анатоліївна
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

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

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____
(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 - 2024р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Автоматизації і комп'ютерних систем

Кафедра Автоматизації та комп'ютерних технологій систем управління

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології"
(код і назва)

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерні технології та програмування в автоматизованих системах управління»
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри _____

“ _____ ” _____ 20 ____ року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Роговика Артема Валерійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка інтегрованої автоматизованої системи управління процесом сушки зерна

керівник роботи проф., д.т.н. Заєць Наталія Анатоліївна,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ _____ ” _____ 20 ____ року № _____

2. Строк подання здобувачем роботи _____

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

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. 1. Аналітичний огляд літератури та мета магістерської роботи. 2. Загальносистемні рішення. 3. Розробка системи управління технологічним процесом. 4. Опис спеціального програмного забезпечення. Висновок. Список використаної літератури

5. Перелік графічного матеріалу

Структурна схема КТС; Схема функціональна автоматизації; Схема функціональної структури; Схема компонування ПЛК; Схема з'єднань промислових проводок; Схема електрична принципова регулювання, управління та сигналізації

Анотація

В магістерській роботі розглядається розробка інтегрованої автоматизованої системи управління процесом сушки зерна.

В роботі представлено опис технологічного процесу в агрегаті для сушки зерна А1 ДСП-50, завдання на систему автоматизації, схема автоматизації, специфікація технічних засобів автоматизації, монтажна схема технічного засобу автоматизації – датчика температури Aplisens CTR-4, схема підключення датчиків та виконавчих механізмів до ПЛК та розширені схеми підключення технічних засобів.

Розроблено алгоритм та програму для управління агрегатом для сушки зерна А1 ДСП-50. Програма розроблена для ПЛК SIEMENS S7 1200. Інтерфейс дисплейної мнемосхеми процесом управління агрегатом для сушки зерна розроблено в програмному забезпеченні WinCC professional від фірми Siemens AG та її вигляд представлено в записці.

Ключові слова: Система керування, ПЛК, HMI/SCADA, ДСП -50.

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

Annotation

The development of a system for automated control system for the grain drying process..

In this qualification work describes the technological process in the unit for drying of grain A1 ДСП-50, tasks for an automation system, an automation scheme, a specification of automation equipment, a wiring diagram for a technical automation tool – temperature sensor Aplisens CTR-4, a connection scheme for sensors and actuators to the PLC.

An algorithm and program for controlling the process the unit for drying of grain A1 ДСП-50 have been developed. The program is developed SIEMENS S7 1200 PLC. The interface of the display mnemonic process control of the unit for drying of grain A1 ДСП-50 is developed in the software provided by the WinCC professional from Siemens AG and its appearance is presented in the note.

Keywords: Control system, PLC, HMI / SCADA.

					МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА МЕТИ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ.....	9
2 ЗАГАЛЬНОСИСТЕМНІ РІШЕННЯ.....	14
2.1 Загальний опис об'єкту та системи.....	
2.2 Розробка загальної ієрархічної моделі обладнання.....	
2.3 Структурна схема комплексу технічних засобів.....	
2.4 Схеми з'єднань та підключеньпроводок промислових мереж.....	
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ.....	25
3.1 Схема автоматизації.....	
3.2 Схема компонування ПЛК та засобів РІО.....	
4 ОПИС СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПРОМИСЛОВГО КОНТРОЛЕРА	36
ВИСНОВОК.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	49

					Кваліфікаційна робота	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Зерно - живий організм. У ньому протікають біохімічні процеси, інтенсивність яких залежить від вологості зерна.

У вологого зерна посилюються процеси дихання, що веде до виділення води, вуглекислого газу та тепла, а ще утворюється при цьому вода підвищується загальний відсоток вологості зернової маси, і процеси дихання протікають ще швидше. Інтенсивність дихання зерна визначають за кількістю виділеної їм вуглекислоти. Виділення вуглекислоти, а отже, і інтенсивність дихання пропорційні підвищенню вологості зерна. Тепло, що утворюється при диханні зерна, залежить від умов зберігання і в свою чергу до певної межі сприяє посиленню дихання. При цьому з підвищенням температури зерна до 55°C виділення вуглекислоти збільшується, а при подальшому підвищенні температури різко знижується, так як життєві процеси в зерні при високих температурах припиняються. Процес самозігрівання вологого зерна йде в подальшому за рахунок гниття і призводить до повного псування насіння.

У вологому зерні швидко розмножуються хлібні шкідники (кліщ, довгоносик та ін.), які не тільки руйнують зерно, але й сприяють прискоренню процесу самозігрівання.

Тому у відповідності з прийнятою технологією весь урожай зернових після комбайнової обробки підлягає очищенню, а близько 60% зібраного урожаю піддається штучній сушці.

Сушарка - найбільш складна машина потокової лінії після збиральної обробки зерна. При сушінні необхідно здійснювати контроль рівня зерна в приймальному бункері, контроль температури зерна і сушильного агента, контроль вологості зерна та контроль роботи форсунки топкового блоку.

Обслуговуючий персонал, що виконує великий обсяг робіт по сушці (регулювання подачі палива, перестановка рейки вивантажувального апарату та ін), як правило, не в змозі підтримувати необхідний режим сушки і, через інерційності зміни параметрів управління, параметри на заданих умовах, що

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

викликає порушення ходу процесу сушки, а продуктивність не перевищує 70% номінальної. Наприклад, при зниженій температурі теплоносія продуктивність сушарки різко падає і збільшуються питомі витрати енергії на сушіння. При підвищеній температурі погіршується якість зерна. Тому підвищення ефективності роботи сушарок можливо тільки при оснащенні їх приладами автоматичного регулювання процесу роботи топки, контролю температури агента сушіння й нагрівання зерна.

Таким чином, завданням автоматизації сушарок є контроль розпалу й роботи топки, контроль температури теплоносія і зерна, вимірювання граничних значень рівня в ємностях і вологості зерна на вході і виході сушарки, а також забезпечення дистанційного управління, необхідних блокувань і захисту з попереджувальною сигналізацією.

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

1 АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ ТА МЕТА МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

Сушка зерна є важливою складовою харчової промисловості, що спрямована на оптимізацію процесу висушування сільськогосподарської продукції, зокрема зернових культур. Ця галузь діяльності ставить перед собою завдання забезпечення ефективного та швидкого видалення вологи з зерна, щоб зберегти його якість та запобігти виникненню плісняви та гнилі.

Основною тенденцією в розвитку сушки зерна є постійна інтенсифікація технологічного виробництва. Це включає в себе впровадження сучасних агрегатів з більшою виробничою потужністю. Одночасно з цим важливо зменшувати габарити обладнання, металомісткість, споживання енергії та знижувати собівартість одиниці готової продукції.

Мета цього напрямку розвитку полягає в покращенні ефективності виробничого процесу сушки зерна, що призводить до підвищення конкурентоспроможності та економічної вигоди для підприємств харчової промисловості.

На сучасному етапі розвитку виробництва сушки зерна, орієнтованого на безперервні технологічні процеси, існують всі передумови для комплексної та повноцінної автоматизації, а також для впровадження та удосконалення існуючих систем. При розробці та вдосконаленні систем автоматизації обладнання з великою потужністю виникають нові завдання, які потребують вирішення з урахуванням особливостей конкретного об'єкта, таких як наявність механічних включень, самоутворень, відкладень твердих осадків, залипань..

Підвищена вологість та температура оточуючого середовища становлять виклик для використання загальнопромислових засобів вимірювання та автоматизації. Це пов'язано з необхідністю розробки спеціальних засобів автоматизації, зокрема приладів для контролю складу та властивостей готової продукції.

					МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Економічна ефективність є основним критерієм якості функціонування автоматизованої зерносушарки. Системи управління автоматизованого обладнання спрямовані на досягнення максимальної економічної вигоди, що визначається результативністю виробництва та оптимізацією витрат.

Цільова функція автоматизованих систем управління зерносушарок полягає в отриманні максимальної величини додаткового прибутку. Це досягається шляхом досягнення основних техніко-економічних показників виробництва на рівні чи вище їх нормативів. Системи автоматизації мають на меті підвищення продуктивності, зменшення витрат енергії та матеріалів, а також оптимізацію робочих процесів для досягнення максимальної прибутковості сушіння зерна. Отже, економічна рентабельність є визначальним фактором при визначенні успішності та ефективності автоматизованих систем управління сушкою зерна.

Цільова функція сушки зерна досягається завдяки впровадженню сучасних автоматизованих систем управління технологічними процесами. Ці системи спрямовані на досягнення таких цілей:

- Автоматизовані системи в сушці зерна допомагають оптимізувати процеси сушіння, забезпечуючи ефективний контроль параметрів, які впливають на якість та вміст цукру у виробленому продукті. Це включає в себе точне регулювання температури, вологості та тривалості сушіння.
- Автоматизовані системи управління сприяють ефективному використанню потужності обладнання, оптимізуючи робочі процеси. Це може включати управління швидкістю сушіння, раціональне використання енергії та оптимальне розподіл багатофункціонального обладнання.

Сучасні автоматизовані системи управління використовують мікропроцесорні пристрої та електронно-обчислювальні машини (ЕОМ). Ці системи мають широкий функціональний спектр, забезпечуючи точне

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

регулювання параметрів сушки. Прийняття рішень щодо управління технологічними процесами здійснюється людиною на основі оперативної інформації, яку надають ці автоматизовані системи.

Зерносушарка є ключовим елементом на зерновому елеваторі. В процесі сушки зерна, ця обладнання відіграє важливу роль у забезпеченні оптимальних умов для зберігання та обробки зернових культур. Сушарка дозволяє ефективно видаляти надлишкову вологість з зерна, щоб попередити його псування та зберігання придатним для подальшого використання.

У процесі сушки зерна зерносушарка забезпечує:

1. Видалення вологи: Зерно, щойно зібране, часто має високий вміст вологи, що може призвести до розвитку грибків та псування. Зерносушарка дозволяє контролювано видаляти цю вологу, забезпечуючи оптимальний рівень вологості при зберіганні.
2. Підтримання якості продукту: Процес сушки допомагає у підтриманні якості та витривалості зерна, забезпечуючи його відповідність стандартам якості.
3. Підвищення терміну зберігання: Зниження вмісту вологи в зерні допомагає підвищити термін зберігання, запобігаючи розвитку грибків і зберігаючи продукт у відмінному стані.
4. Оптимізацію енергоефективності: Сучасні зерносушарки можуть бути обладнані системами автоматизації та контролю, що дозволяють оптимізувати використання енергії та зменшувати витрати на процес сушіння.
5. Забезпечення безпеки продукту: Сушарка допомагає у попередженні виникнення метаболічних процесів у зерні, які можуть впливати на його смак, аромат та якість.

Таким чином, зерносушарка виконує ключову функцію в етапі після збирання на зерновому елеваторі, забезпечуючи оптимальні умови для зберігання та обробки зернових культур.

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

Аналіз існуючих систем автоматизації процесу сушки зерна виявляє наявність наступних контурів, які часто реалізовані в таких системах:

1. Контур регулювання температури повітря:

Цей контур відповідає за автоматичне регулювання температури повітря, яке використовується для сушіння зерна. Використовуються датчики для вимірювання температури та системи регулювання, щоб підтримувати оптимальні умови для процесу сушіння.

2. Контур регулювання вологості повітря:

Цей контур відповідає за автоматичне регулювання вологості повітря, що використовується для сушіння. Датчики вимірюють вологість повітря, а системи автоматизації встановлюють параметри для забезпечення ефективного видалення вологи з зерна.

3. Контур моніторингу вологості зерна:

Система включає в себе датчики для моніторингу вологості зерна. Цей контур важливий для визначення кінцевого результату сушіння та визначення моменту завершення процесу.

4. Контур керування швидкістю подачі зерна:

Система автоматизації може включати контур, що керує швидкістю подачі зерна в сушарку. Це дозволяє оптимізувати час сушіння та забезпечити рівномірність процесу.

5. Контур моніторингу та управління обладнанням:

Включає систему відстеження та управління роботою сушарки, вентиляційною системою, теплообмінниками та іншим обладнанням. Може використовувати дані з датчиків та вести журнали для аналізу продуктивності та ефективності обладнання.

6. Контур безпеки:

Цей контур включає систему моніторингу та аварійного вимикання у випадку виявлення надмірних температур, перевищення визначених параметрів або інших небезпечних умов для забезпечення безпеки обладнання та процесу сушіння.

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

В якості програмованого логічного контролера обрано ПЛК «Siemens S1200».

Ці контури спільно працюють у системах автоматизації для забезпечення ефективного та безпечного процесу сушіння зерна

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

2 ЗАГАЛЬНОСИСТЕМНІ РІШЕННЯ

2.1 Загальний опис об'єкту та системи

Зерносушарка А1-ДСП-50 призначена для сушки різних зернових, зернобобових культур і олійних, забезпечуючи високе знімання вологи, очищення відпрацьованого теплоносія (агента сушки) і повітря від легких домішок і пилу. Сушильна і охолоджувальні шахти працюють на нагнітання

Зерносушарка А1-ДСП-50 відкритого типу (ВТ) випускається замість зерносушарок ДСП-32 (ОТ). Зерносушарка працює на газоподібному паливі, але може працювати на суміші топкових газів з повітрям.

Зерносушарка А1-ДСП-50 складається з двох вертикальних шахт і складає єдину конструкцію з металевих секцій, тепло-волого-обмінника з регульованим охолодженням, охолоджувача, випускних механізмів, надсушильних бункерів, вентиляторів, норій, топки і шафи управління.

Технологічна схема зерносушарки А1-ДСП-50 представлена на рисунку 2.1. Сире зерно подають з оперативного бункера і змішують його з сухим нагрітим зерном, яке поступає з другої сушильної шахти. Суміш направляють в надсушильний бункер (він же служить тепло-волого-обмінником) і далі в першу сушильну шахту і тепло-волого-обмінника з регульованим охолодженням.

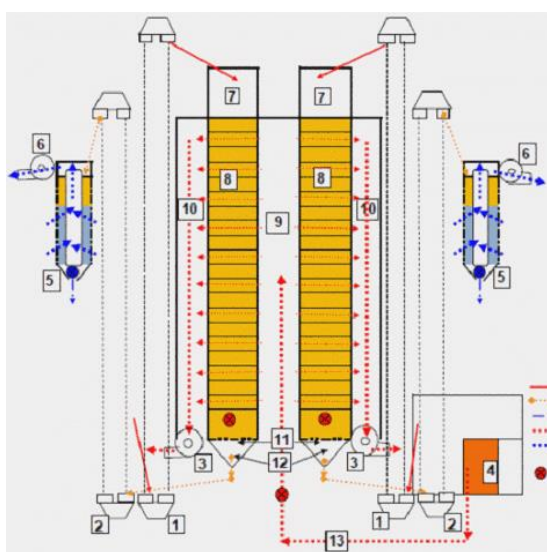


Рисунок 2.1 технологічна схема

Потім зерно поступає на другу рециркуляційну норію, яка подає його в надсушильний бункер другої сушильної шахти. З надсушильного бункера зерно направляють в другу сушильну шахту і в охолоджувач шахтного типу. Випуск просушеного і охолодженого зерна виробляють випускними механізмами періодичної дії.

Агент сушки і повітря відпрацьованого теплоносія з топки засмоктується вентиляторами Ц-70-10, зміщується і подається через дифузор в напірно-розподільну камеру в короби сушильних шахт, проходить через шар зерна і виходить з коробів, що відводять в осадову камеру і потім в атмосферу. Просушене і охоложене зерно з другої сушильної шахти подається на норію сухого зерна і далі в накопичувальний бункер або зерносховище.

Контроль стану зерна по вологості здійснюється потоковим вологоміром, датчики якого встановлюються в шахті остаточної сушки. Вологомір може бути автоматичним (для управління роботою випускним механізмом) або для візуального спостереження.

Контроль температури теплоносія (агента сушки), нагріву зерна і температури охолодженого зерна здійснюється первинними датчиками, встановленими в дифузорах і шахтах, де зерно нагрівається максимально і потім охолоджується атмосферним повітрям. Вторинний датчик манометричний або електронний, встановлюється в шафі.

Система управління і контролю автоматизації зерносушарки забезпечує стабільний і економічний режим сушки зерна при мінімальних витратах ручної праці

Конструкція зерносушарки відповідає вимогам безпеки, встановленим в стандартах, що діють. Частина, що обертається і рухомі, закриті обгороджуваннями. Гарячі поверхні мають теплоізоляцію. Електробезпека забезпечується прокладкою електропроводів в металевих трубах і гнучких дротах. Зерносушарка має автоматичний пристрій контролю наявності факела, а також звукову і світлову сигналізацію

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

Для експлуатації зерносушарки допускається спеціально навчений персонал під спостереженням досвідченого фахівця. Весь процес сушки зерна фіксується у вахтовому журналі.

Перелік устаткування зерносушильного агрегату ДСП-50 (ОТ)

- норія сирого зерна Н – 100;
- норія рециркуляційна Н – 100;
- норія сухого зерна Н – 100;
- приймальний бункер сирого зерна;
- накопичувальний бункер сирого зерна;
- надсушильний бункер;
- шахта рециркуляційна;
- шахта остаточної сушки;
- випускні механізми;
- електроприводи випускних механізмів;
- бункер або склад сухого зерна;
- топка на газоподібному паливі;
- вентилятор 1-ої зони Ц4-70 №10;
- вентилятор 2-ої зони Ц4-70 №10;
- електроприводи вентиляторів;
- зона відслідковування зерна;
- вентилятор подачі повітря на форсунку;
- форсунка Ф-1.

Для обліку кількості просушеного зерна його зважують до і після сушки, проте, облік ведуть по масі зерна, що направляється на сушку. Роботу зерносушарки реєструють в спеціальному журналі.

Журнал веде оператор, в нього переносяться дані (показання) приладів і дані аналізів лабораторії. При двократному пропуску зерна (і більш) через зерносушарку однієї партії, кожен пропуск враховується окремо. Продуктивність зерносушарки, у фізичному численні, виражається в тонах за

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

годину, маса просушеного зерна в тоннах, а в умовному численні відповідно в планових тоннах. Звітність ведуть як у фізичному, так і в плановому численні.

Витрату натурального палива (використовується природний газ 8100 Ккал/м³, щільністю 0,73 кг/см³) при сушці зерна враховують по показанню лічильника або по виміру витраченого палива. Витрату натурального палива, для зіставлення, наводять до умовного значення, калорійність якого приймається 29330 кДж/кг палива.

Витрату електроенергії враховують по показанню електролічильника або виміром електрокліщами і обліку фактичного часу роботи зерносушарки

Верхні межі температури агента сушки і нагріву зерна продовольчого і кормового в шахтних рециркуляційних зерносушарках.

Культура	Початкова вологість, %	Температура, °С	
		Нагрів зерна	Агента сушки
Пшениця з нормальною клейковиною	до 17,0	60	180
	більше 17,0	55	170
Пшениця твердих сортів	до 20,0	60	160
	Більше 20,0	55	150
Гречка	не залежить від початкової вологості	45	120
Високомасляні сорти соняшників	до 15,0	60	160
	більше . 15,0	55	150
	більше 20,0	55	130

Таблиця 2.1 – Вищі межі температури агента сушки і нагріву зерна.

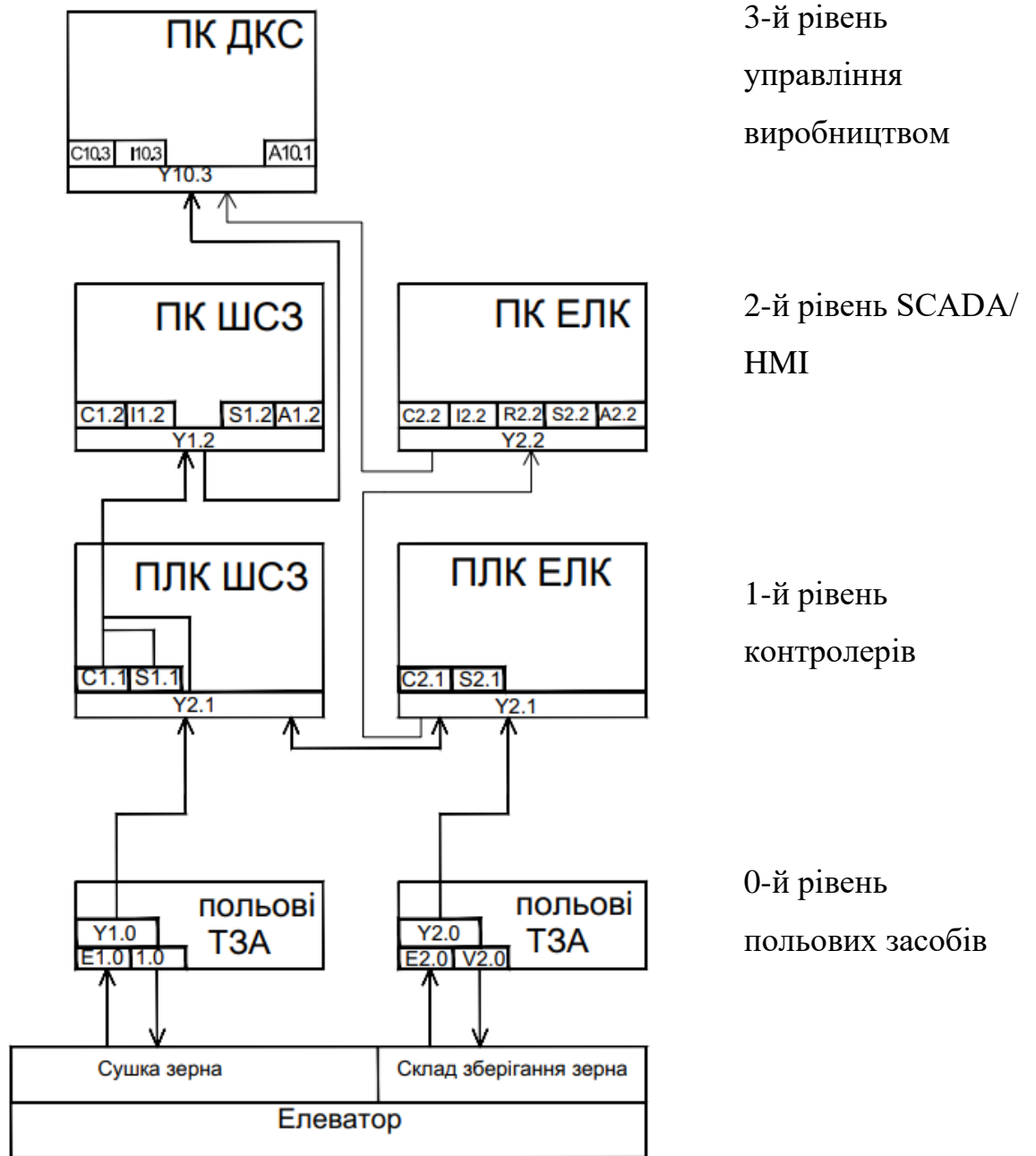
Автоматизація і контроль роботи зерносушарки

У даній зерносушарці передбачається система автоматизації управління і контролю (САУ). Вона передбачає безпеку спалювання палива, куди включено:

- попереджувальна звукова сигналізація;
- електричний розпал через електроди. На електроди подається струм високої частоти від високочастотного трансформатора. Струм подається протягом 15...30 с. Після розжигу, трансформатор автоматично вимикається;
- контроль наявності факела за допомогою приладу Луч 1АМ 2К. В разі згасання факела або відриву полум'я, прилад фіксує і подає команду на електромагнітний клапан на перекриття газопроводу;
- перевищення температури теплоносія понад 15 град. від заданої контролюється приладом. В цьому випадку автоматично припиняється подача палива;
- перевищення температури зерна понад 10 °С від заданої контролюється приладом. В цьому випадку автоматично припиняється подача палива.

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

2.2 Розробка загальної ієрархічної моделі обладнання



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

2.3 Структурна схема комплексу технічних засобів

Структурна схема комплексу технічних засобів наведена у графічній частині.

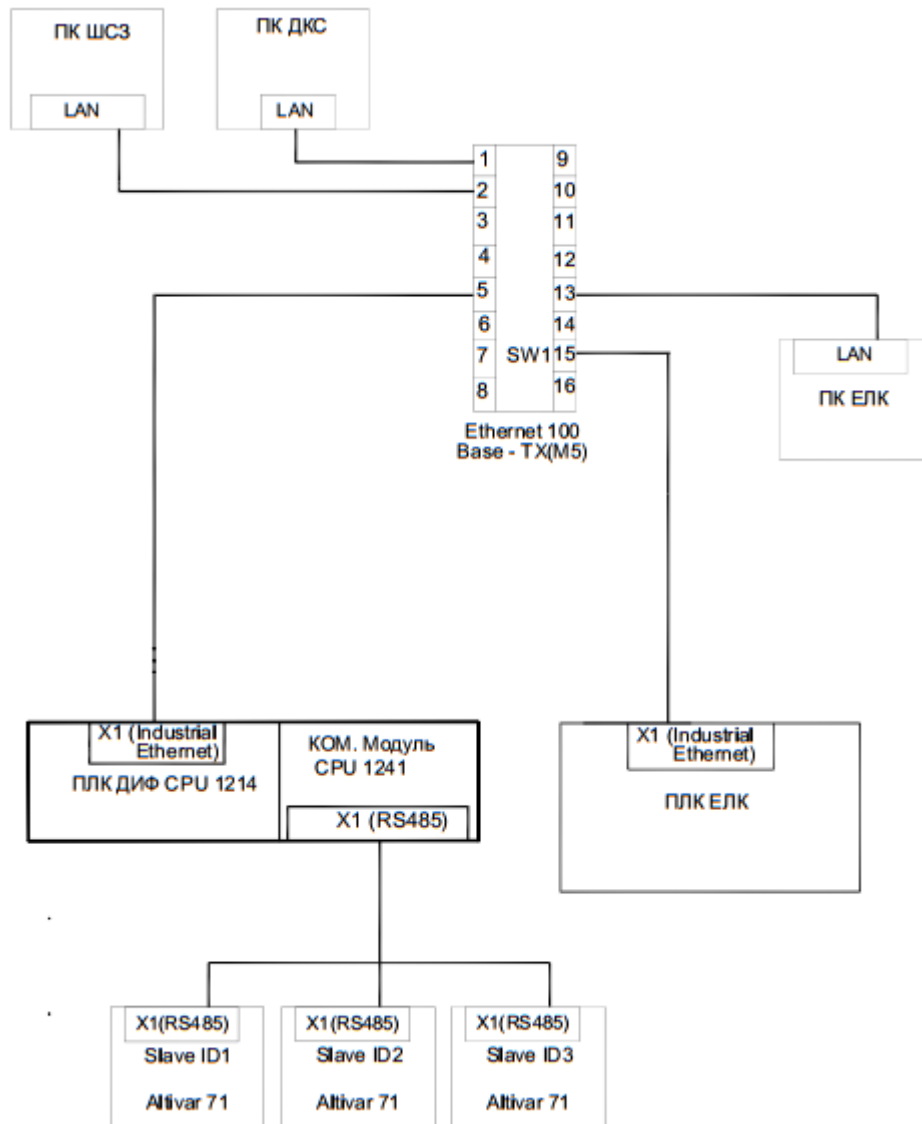


Рисунок 2.3 - Структурна схема комплексу технічних засобів

Перелік технічних засобів автоматизації КІСУ

Позн.	Найменування	К-ть	Примітка
ПК ДКС	ПК начальника зміни	1	Офісного виконання
ПЛК ШСЗ	Мікропроцесорний контролер для зерносушарки	1	CPU 1214
ПЛК САТ	Мікропроцесорний контролер елеваторного комплексу	1	Siemens CPU
ПК ШСЗ	ПК оператора зерносушарки	1	Офісного виконання
ПК ЕЛК	ПК оператора елеваторного комплексу	1	Офісного виконання
SW1	Промисловий комутатор	1	Ethernet 100 Base - TX(M5)
ПК ДКС	Диспетчерська-координуюча станція - АРМ начальника зміни на базі комп'ютера	1	Офісного виконання

2.4 Схеми з'єднань та підключень проводок промислових мереж

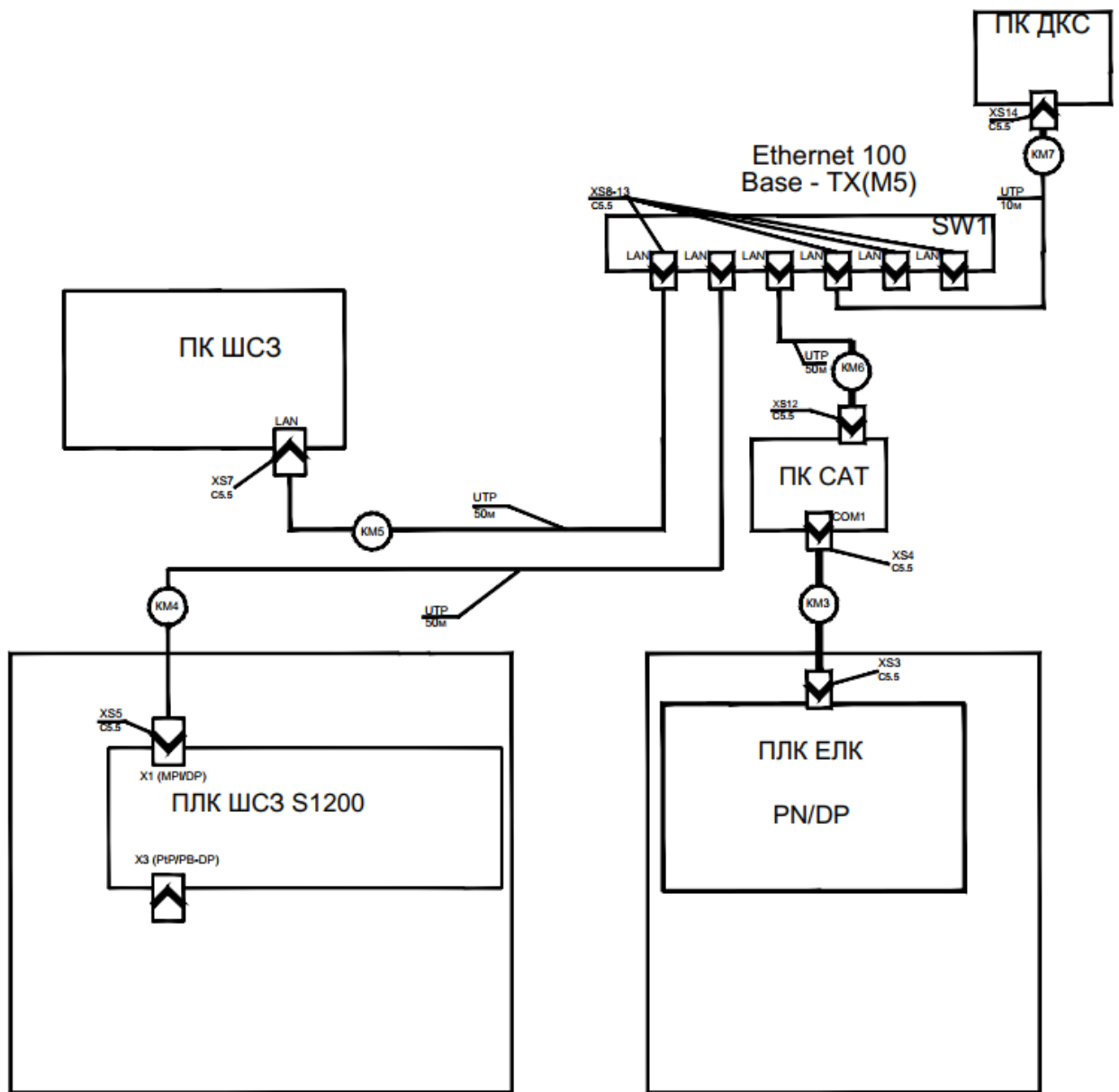


Рисунок 2.4 - Схема з'єднань проводок промислових мереж

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Перелік технічних засобів автоматизації

Позн.	Найменування	К-ть	Примітка
ПК ДКС	ПК начальника зміни	1	Офісного виконання
ТС	Технологічний сервер виробництва цукру	1	Офісного виконання
ПЛК ШСЗ	Мікропроцесорний контролер для зерносушарки	1	IM151-7 CPU
ПЛК ЕЛК	Мікропроцесорний контролер відділення сатурації	1	Siemens CPU 317-2 PN/DP
ПК ШСЗ	ПК оператора зерносушарки	1	Офісного виконання
ПК ЕЛК	ПК оператора відділення елеватору	1	Офісного виконання
SW1	Промисловий комутатор	1	Ethernet 100 Base - TX(M5)
ПК ДКС	Диспетчерська-координуюча станція - АРМ начальника зміни на базу комп'ютера	1	Офісного виконання
КМЗ-8	Кабель UTP Вита пара	150	м
Х5-15	Мережний з'єднувач RJ45 швидкого монтажу для Ethernet	11	

Опис схеми автоматизації:

Канал контролю та регулювання температури в різних точках сушарки.

Температура автоматично вимірюється та відображається. Для регулювання та контролю температури повітря, яке подається в сушку використовується термоперетворювач опору Aplisens CTR – 4 (позиція 11а,13а) з уніфікованим вихідним сигналом постійного струму 4-20 мА сигнал поступає на мікропроцесорний технологічний індикатор ІТМ-122У(позиція 11б). З нього на ПЛК SIMATIC S7-1200 , далі керуючий сигнал поступає на частотний перетворювач ALTIVAR 71(поз. 11б), та на магнітний пускач Siemens 3RT1015-1AP01 (поз. КМ8) і на МЕО-40/25-0.63

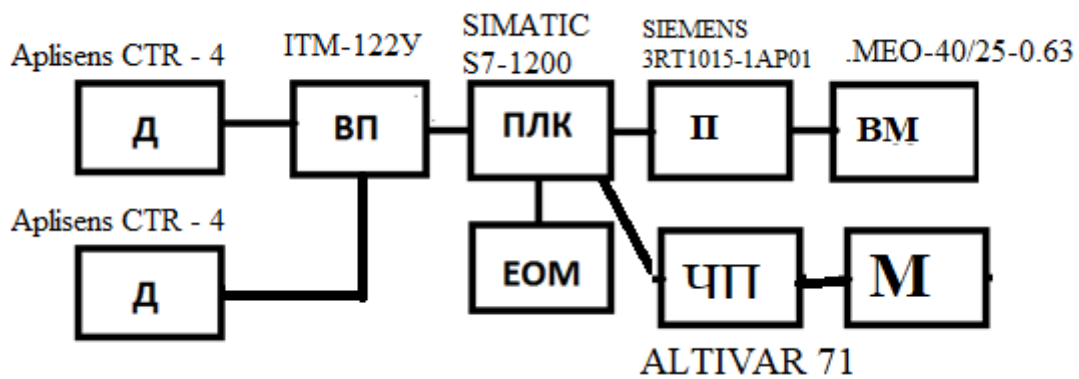


Рисунок 3.2.2 - Схема регулювання температури

Канал контролю рівня в буферних ємностях.

Рівень автоматично вимірюється та відображається. Для вимірювання використовується мікрохвильовий радарний рівномір Micropilot M FMR 230 (позиції 3а,4а,14а) з уніфікованим вихідним сигналом постійного струму 4-20 мА сигнал на індикатор технологічний ІТМ122У(позиція 4б,14б). В даному конторі також проходить сигналізація критичного значення. З нього на програмуючий логічний контролер, сигнал ретранслюється на ПЕОМ з якого ведеться ручне управління приводами норій.

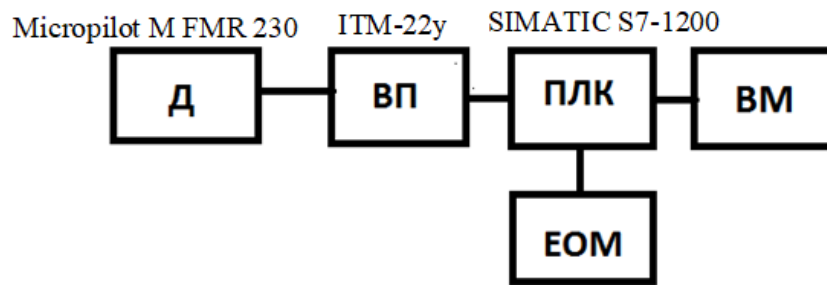


Рисунок 3.2.1 - Схема регулювання рівня

Канал контролю вологості продукту.

Вологість автоматично вимірюється та відображається та впливає та подальше регулювання. Для вимірювання вологості використовується потоковий вологомір зерна Мікрорадар 113.2 (позиція 5а) з уніфікованим вихідним сигналом постійного струму 4-20 мА сигнал поступає на програмуємо логічний контролер та відображається на ПЕОМ.

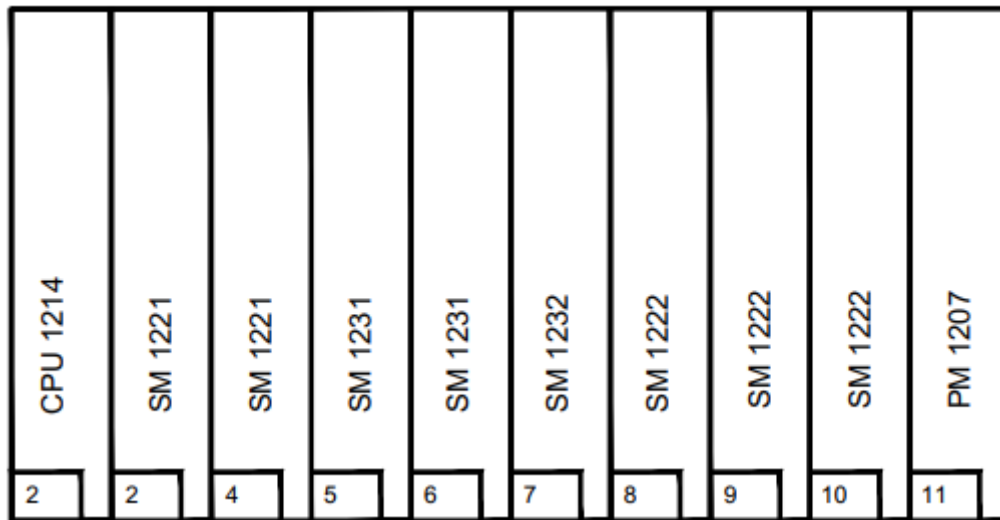


Рисунок 3.2 - Схема компонування ПЛК

Відповідно до технічного завдання та з урахуванням вибраних технічних засобів автоматизації був скомпонований наступний мікропроцесорний контролер.

Позначення Модуля	К-сть	Найменування модуля	Характеристика модуля
-	1	Профільна шина 35мм	Довжина 830мм
CPU 1214	1	Центральний процесорний модуль	Ethernet
SM 1221	2	Модуль дискретних входів	На 8 каналів
SM 1231	2	Модуль аналогових входів	На 8 каналів
SM 1232	1	Модуль аналогових виходів	На 8 каналів
SM 1222	3	Модуль дискретних виходів	На 8 та 16 каналів
PM 1207	1	Модуль живлення	100...240VAC, 20Вт

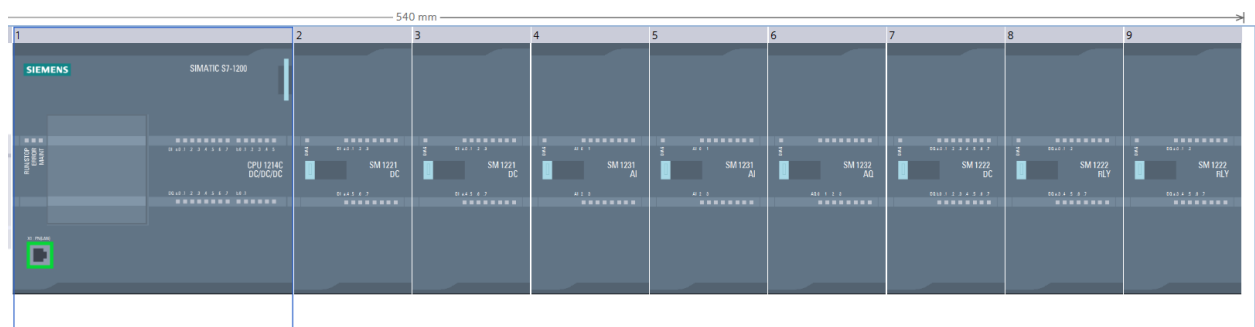


Рисунок 3.1 Проектне компонування в програмному пакеті TIA Selection Tool

Для підключення засобів автоматизації до мікропроцесорного контролера "S1200" були використані наступні модулі:

CPU 1214: "6ES7214-1AG40-0XB0" Центральний процесорний модуль з Ethernet

- SM 1221: "6ES7221-1BF32-0XB0" Модуль дискретних входів на 8 каналів
- SM 1231: "6ES7231-5PF32-0XB0" Модуль аналогових входів на 8 каналів
- SM 1232: "6ES7232-4HD32-0XB0" Модуль аналогових виходів на 8 каналів
- SM 1222: "6ES7 222-1BF22-0XA0" на 8 каналів та "6ES7 222-1HF22-0XA0" на 16 каналів.
- PM 1207: "6ES7 207-1KA22-0AA0" Модуль живлення 100...240VAC, 20Вт

Процесорний модуль використовується для управління та координації роботи інших модулів в системі автоматизації. Він виконує обчислення та обробку інформації, здійснює контроль за виконанням програми, яку розробляє користувач для автоматизації конкретного технологічного процесу чи системи. Процесорний модуль є центральним елементом, який дозволяє системі взаємодіяти з іншими частинами обладнання та забезпечує виконання програмного забезпечення для автоматизації визначених завдань.



Рисунок 3.2 – Процесорний модуль «6ES7 214-1AG40-0AB0»

Модуль дискретних входів на 8 каналів використовується для зчитування цифрових сигналів від зовнішніх джерел чи пристроїв. Дискретний вхід може вимірювати два стани: "Ввімкнено" або "Вимкнено" (1 або 0), що вказує на присутність або відсутність сигналу.

Застосування модуля дискретних входів може бути різноманітним, наприклад:

1. **Введення сигналів від датчиків:** Модуль може використовуватися для прийому сигналів від датчиків рівня, кнопок, перемикачів тощо.
2. **Моніторинг стану обладнання:** Відслідковування стану різних пристроїв чи механізмів за допомогою цифрових сигналів.
3. **Контроль та автоматизація:** Використовується для взаємодії зі зовнішніми пристроями та системами в залежності від стану вхідних сигналів.



Рисунок 3.3 – Дискретний модуль «6ES7221-1BF32-0XB0»

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Модуль аналогових входів є складовою частиною автоматизованої системи та призначений для зчитування аналогових сигналів від датчиків, вимірювальних приладів чи інших аналогових джерел. Основна особливість аналогових входів полягає в тому, що вони здатні отримувати безперервні сигнали, що можуть змінюватися в діапазоні значень.

Основні аспекти використання модуля аналогових входів:

1. **Вимірювання фізичних величин:** Модуль може зчитувати аналогові сигнали, які представляють фізичні параметри, такі як температура, тиск, рівень рідини, напруга тощо.
2. **Точне вимірювання:** Для додаткової точності вимірювань модуль аналогових входів може мати вбудовані опції калібрування та фільтрації сигналів.
3. **Моніторинг і керування:** Інформація, отримана з аналогових входів, може використовуватися для моніторингу стану об'єктів або процесів, а також для прийняття управляючих рішень в системі автоматизації.



Рисунок 3.3 – Модуль аналогових вхідних сигналів «6ES7231-5PF32-0XB0»

Модуль аналогових виходів є компонентою автоматизованої системи, спрямованою на генерацію аналогових сигналів для керування зовнішнім обладнанням чи пристроями. Основна функція цього модуля полягає в тому, щоб перетворювати цифрові сигнали, що представляються внутрішньою логікою системи, в безперервні аналогові сигнали для впливу на фізичні параметри системи чи процесу.

Основні характеристики та застосування модуля аналогових виходів:

1. **Віддача аналогового сигналу:** Модуль генерує аналогові сигнали з числових значень, що дозволяє системі керувати величинами, такими як напруга, тиск, швидкість, тощо.
2. **Регулювання і керування:** Використовується для точного регулювання параметрів у системі чи процесі з метою досягнення певних цілей.
3. **Інтеграція з виконавчим обладнанням:** Забезпечує взаємодію з різноманітним виконавчим обладнанням, яке вимагає аналогового управління.
4. **Забезпечення плавної зміни параметрів:** Може використовуватися для створення плавних переходів у системі, що дозволяє уникнути різких змін у величинах.

Модуль аналогових виходів є важливим елементом для реалізації точного та ефективного керування в системах автоматизації.



Рисунок 3.3 – Модуль дискретних виходів «6ES7231-5PF32-0XB0»

Модуль дискретних виходів є ключовим компонентом автоматизованих систем і відповідає за надання цифрових сигналів для керування зовнішнім обладнанням чи пристроями. Основна функція цього модуля полягає в тому, щоб генерувати дискретні сигнали, які можуть приймати два стани: увімкнено (логічна одиниця) або вимкнено (логічний нуль).

Основні характеристики та застосування модуля дискретних виходів:

- 1. Керування зовнішнім обладнанням:** Модуль генерує цифрові сигнали для управління зовнішнім обладнанням, таким як мотори, клапани, світлові сигнали тощо.
- 2. Реалізація логічного виведення:** Використовується для передачі команд в системі з використанням логічних одиниць, що дозволяє визначити стан увімкнено/вимкнено.

3. **Індикація стану:** Може використовуватися для сигналізації або індикації різних станів системи через підключені світлові елементи чи інші візуальні засоби.

4. **Спрощення системи керування:** Дискретні виходи дозволяють простим та ефективним способом впливати на окремі елементи системи.

Модуль дискретних виходів відіграє важливу роль у керуванні та взаємодії з іншими елементами автоматизованої системи, забезпечуючи надійне та ефективне управління об'єктами контролю.



Рисунок 3.3 – Модуль живлення «6ES7 207-1KA22-0AA0»

Модуль живлення (Power Module) контролера відповідає за надання необхідної електроенергії для правильної роботи всього контролера та його додаткових модулів. Основна функція цього модуля - забезпечити стабільне та безперебійне електроживлення для всіх компонентів системи автоматизації. Основні характеристики та застосування модуля живлення:

1. **Захист від перепадів напруги:** Деякі моделі модулів живлення можуть мати вбудовані захисні механізми від перепадів напруги, що забезпечує надійну роботу системи при непередбачуваних змінах напруги.
2. **Енергоефективність:** Модуль може бути спроектований з урахуванням енергоефективності для оптимізації використання електроенергії та зменшення споживання.

3. **Відповідність стандартам:** Модуль живлення може відповідати конкретним стандартам та вимогам безпеки для електронних пристроїв.
4. **Інтеграція з іншими модулями:** Взаємодіє з іншими компонентами контролера та його периферійними пристроями.

Модуль живлення визначає стійкість та ефективність роботи всієї системи автоматизації, тому вибір правильного модуля є ключовим для надійності та довговічності системи.

					МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 ОПИС СПЕЦІАЛЬНОГО ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПРОМИСЛОВГО КОНТРОЛЕРА

Алгоритм роботи:

4.1.1 Початок роботи АСУТП. Переведення всіх виконавчих механізмів в початковий стан

Запуск системи проводиться після введення пароля доступу, попередження про необхідність візуального контролю стану виконавчих органів, дотримання вимог ДНОП, техніки безпеки з нагадуванням телефонів екстрених служб, проведення підготовчих регламентних робіт згідно керівництва з експлуатації. У цьому стані вимкнені всі приводи вентиляторів, норій. Пальники погашені. Засувки аспірації за ступенем відкриття зберігають своє становище. Засувки 1-2 закриті. Розвантажувальні механізми закриті.

4.1.2. Запуск аспірації:

Оператор на робочому місці натиснувши кнопку «пуск» на «робочому столі» (пульті управління) запускає режим «автоматичної сушки зерна». Технологічні операції по завантаженню, запуску сушарки, сушінні, охолодженню і вивантаженню зерна повинні виконуватися тільки за умови працюючої аспірації. Це необхідно для запобігання скупченню займистого і вибухового пилу в камерах гарячого і відпрацьованого повітря.

4.1.3. Загрузка зерна:

Оператор вказує маршрут подачі зерна. Точка вивантаження (забору зерна) може бути змінена в процесі роботи.

4.1.4. Процес сушіння:

При завантаженні зерна в шахти зерносушарки обчислюється середня вологість завантаженого зерна за показаннями вологоміра в бункері сирого

					МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зерна. Якщо середня вологість зерна виходить за межі заданих значень, система коригує параметри сушіння.

4.1.3. Параметри сушіння:

Система автоматично регулює параметри сушіння, включаючи температуру повітря, швидкість подачі та інші фактори, для забезпечення оптимальних умов сушіння.

4.1.6. Моніторинг та управління:

Процес сушіння піддаватиметься постійному моніторингу. Система автоматично аналізує дані та вживає заходів для управління технологічним процесом сушіння.

4.1.7. Кінцева вологість та вивантаження:

Система автоматично визначає кінцеву вологість зерна та припиняє процес сушіння, після чого зерно вивантажується зі сушарки.

4.1.8. Корекція у реальному часі:

При зміні умов або вологості зерна в процесі роботи, система в реальному часі коригує параметри сушіння для досягнення оптимальних результатів.

4.1.9. Документація та звітність:

Система веде докладний журнал процесу сушіння, зберігає дані та формує звіти для подальшого аналізу та контролю якості.

4.1.10. Технічне обслуговування: - Система передбачає регулярне технічне обслуговування для забезпечення надійності та продуктивності обладнання сушарки.

Таблиця 4.1 Дискретних змінних

Джерело сигналу	Позначення		Адреса
Старт/стоп Вентилятор 2-ї зони Ц 4-70	"dut".j.f[i].START/STOP	ДВ	%Q9.1
Старт/стоп Вентилятор 1-ї зони Ц 4-70	"dut".j.f[i].START/STOP	ДВ	%Q9.5
Старт/стоп Вентилятор подачі повітря	"dut".j.f[i].START/STOP	ДВ	%Q9.2
Старт/стоп Норія подачі сирого зерна	"dut".j.n[i].START/STOP	ДВ	%Q9.0
Старт/стоп Приймальний бункер	dut".j.n[i].START/STOP	ДВ	%Q9.4
Відкрити/закрити двопозиційний клапан	dut".j.v[i].open/close	ДВ	%Q9.3
Відкрити/закрити Клапан подачі газу	dut".j.v[i].open/close	ДВ	%Q9.6
Відкрити/закрити заслонка рециркуляційної камери	dut".j.v[i].open/close	ДВ	%Q11.3
Старт/стоп Норія подачі сухого зерна	"dut".j.n[i].START/STOP	ДВ	%Q9.7
Старт/стоп Рециркуляційна норія	"dut".j.n[i].START/STOP	ДВ	%Q10.0
Відкрити/закрити заслонка охолоджувальної камери	"dut".j.n[i].START/STOP	ДВ	%Q10.4
Високий рівень в накопичувальному бункері сирого зерна	"high_level_22_1";	ДВ	%Q10.6
Вітсутність факелу в теплогенераторі	"fire_n";	ДВ	%Q10.3
Прослизання, розрив стрічки на норії подачі сирого зерна	"dut".j.n[i].speed	ДВ	%Q10.7
Прослизання, розрив стрічки на норії	"dut".j.n[i].speed	ДВ	%Q11.0

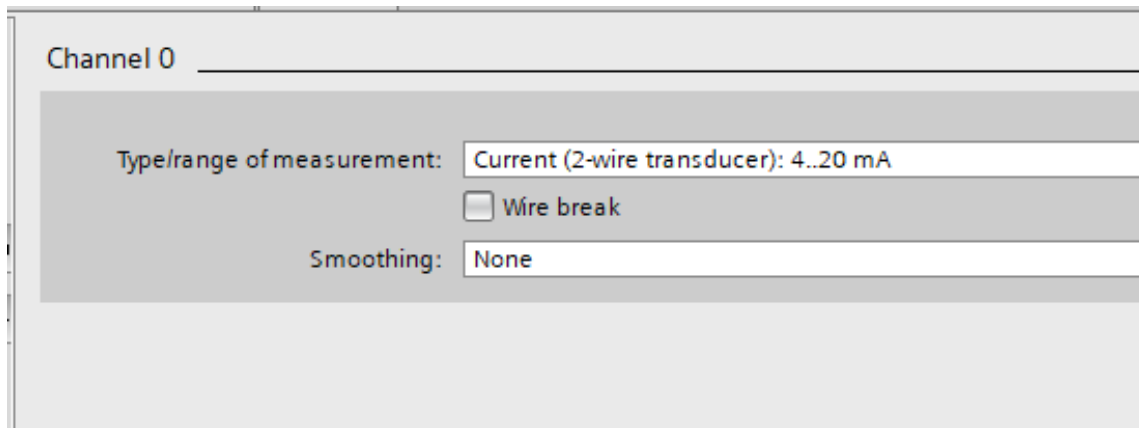


Рисунок 4.1 – Приклад конфігурування модулів аналогових входів

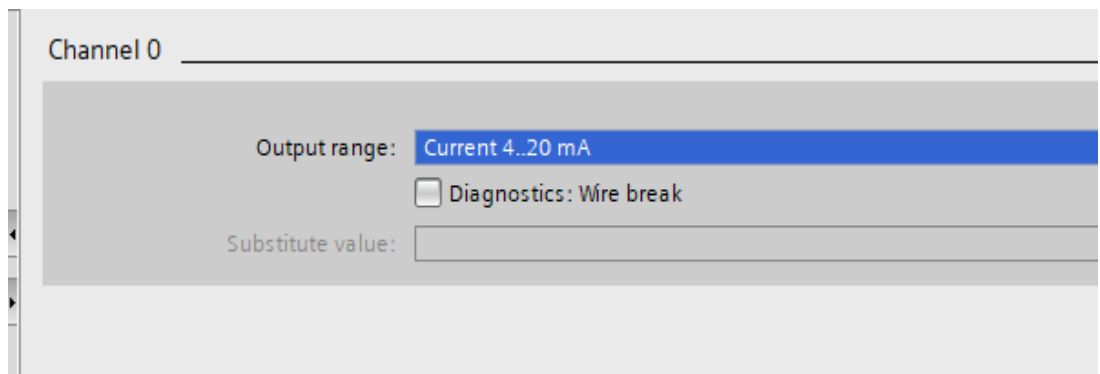


Рисунок 4.2 – Приклад конфігурування модулів аналогових виходів

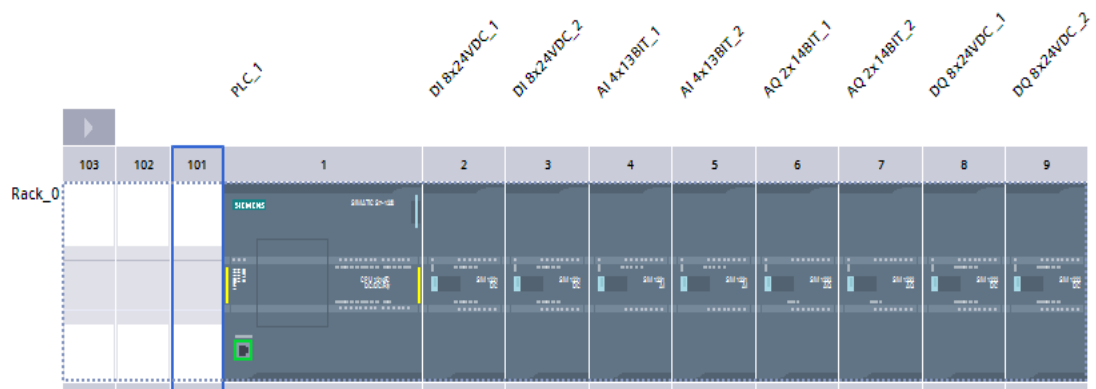


Рисунок 4.3 – Конфігурація ПЛК S1200 в середовищі TIA Portal

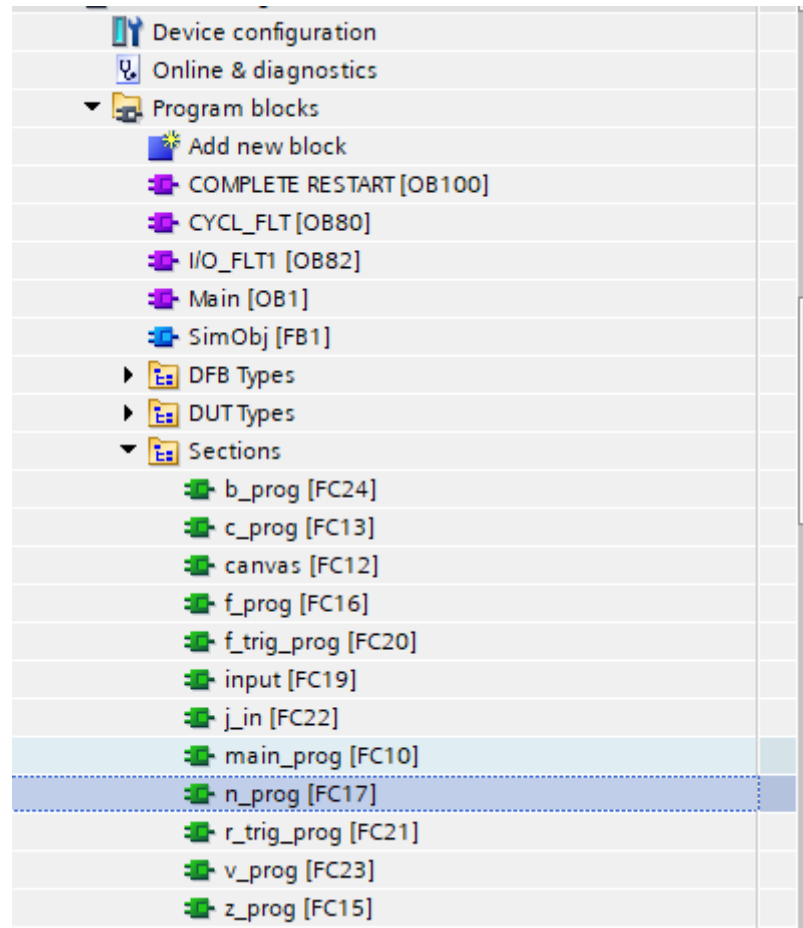


Рисунок 4.4 – Структура програми

Лістинг фрагменту опрацювання вхідних сигналів.

```
(*input level silos*)
"dut".j.Lsilos[1].High_level := "high_level_22_1";
"dut".j.Lsilos[2].High_level := "high_level_22_2";
"dut".j.Lsilos[3].High_level := "high_level_22_3";
"dut".j.Lsilos[4].High_level := "high_level_22_4";
"dut".j.Lsilos[5].High_level := "high_level_22_5";
(* TOK NORIA *)
(* tok noria 1 *)
IF #n1_tok_pp < 2.1
THEN
  #n1_tok_p := 0;
```

ELSE

#n1_tok_p := DWORD_TO_WORD(REAL_TO_DWORD(#n1_tok_pp));

END_IF;

"dut".j.n[1].ready := "ready_n1_1";

"dut".j.n[1].conf := "confirm_n1_1km1";//прямий пуск

"dut".j.n[1].conf := "confirm_n1_1km2";//плавний пуск

"dut".j.n[1].podpor := "podpor_n1_1";

"dut".j.n[1].speed := "speed_n1_1";

"dut".j.n[1].tapeUp := "lenta_bashmak_n1_1";

"dut".j.n[1].tapeDown := "lenta_bashmak_n1_1";

(*noria 1_2*)

"dut".j.n[2].ready := "ready_n1_2";

"dut".j.n[2].conf := "confirm_n1_2km1";//прямий пуск

"dut".j.n[2].conf := "confirm_n1_2km2";//плавний пуск

"dut".j.n[2].podpor := "podpor_n1_2";

"dut".j.n[2].speed := "speed_n1_2";

"dut".j.n[2].tapeUp := "lenta_bashmak_n1_2";

"dut".j.n[2].tapeDown := "lenta_bashmak_n1_2";

"dut".j.v[1].ready := "ready_b_21_6";

"dut".j.v[1].st1 := "open_b_21_6";

"dut".j.v[1].st2 := "close_b_21_6";

"dut".j.v[2].ready := "ready_b_21_5";

"dut".j.v[2].st1 := "open_b_21_5";

"dut".j.v[2].st2 := "close_b_21_5";

У даному функціональному блоку проводиться масштабування вхідних аналогових сигналів за допомогою блока "SCALE". Наприклад, для контролю будь якого аналогового сигналу на вхід блока подаються значення від 0 до 27648 одиниць, а на виході отримується відмасштабоване значення в діапазоні від «max» до «min».

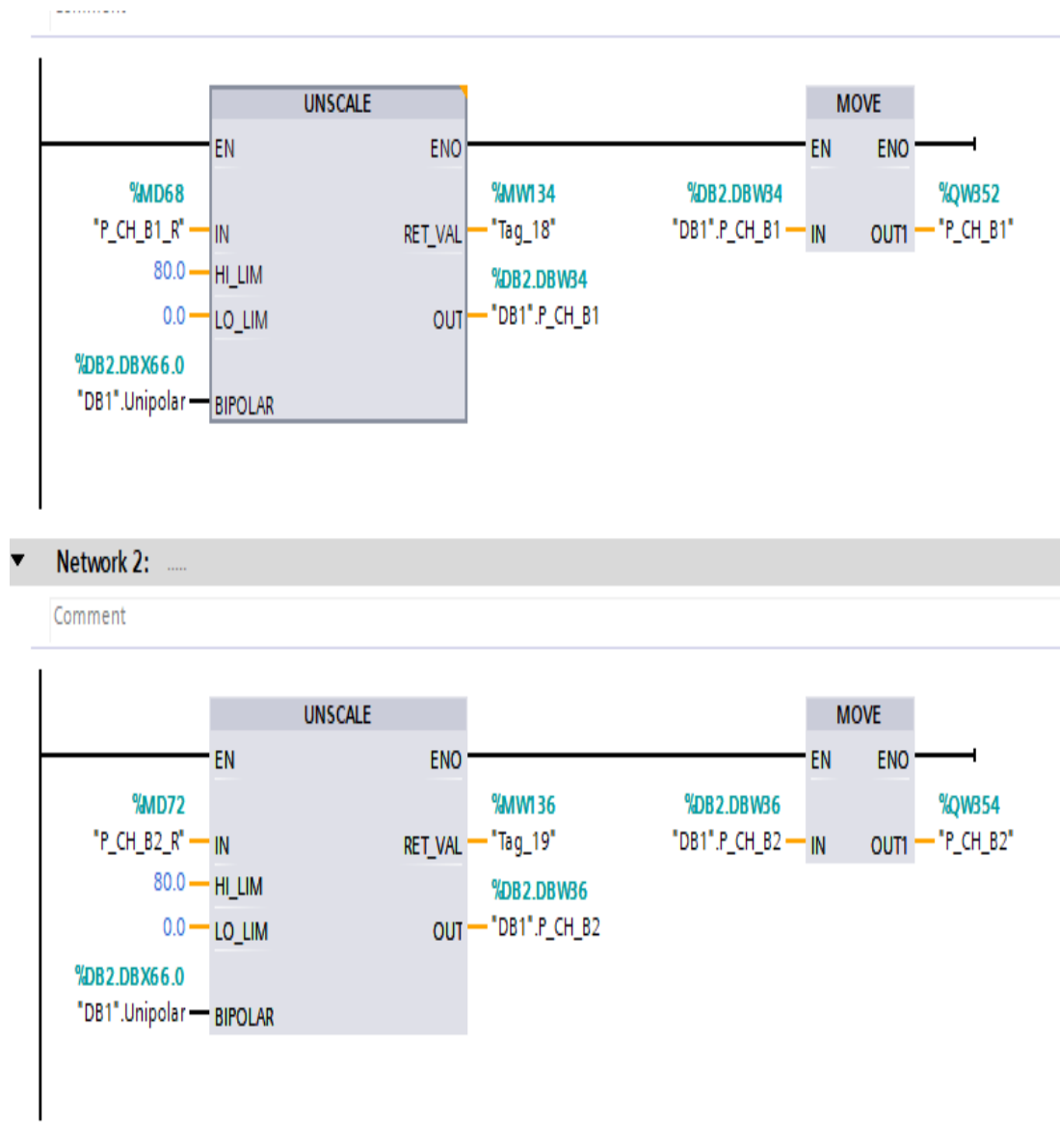


Рисунок 4.5 – Фрагмент ФБ «OUTPUTS»

У даному функціональному блоку проводиться масштабування аналогових вихідних сигналів та їх призначення для реальних виходів контролера за допомогою блоків "UNSCALE" та "MOVE".

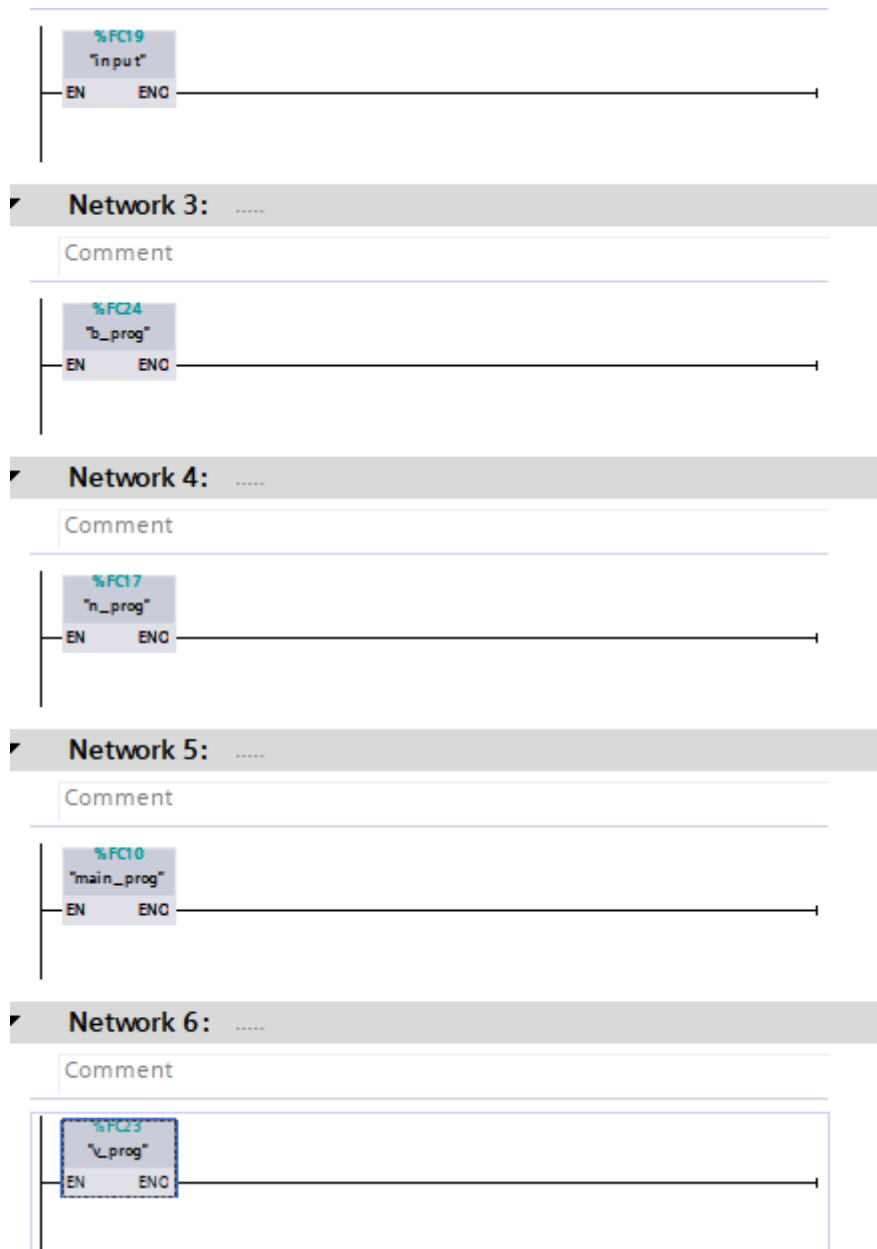


Рисунок 4.6 – Фрагмент організаційного блоку «Main»

Завдяки цьому ОБ і відбувається виконання всієї програми. Блоки не додані до цього ОБ виконуватись не будуть.


```

"dut".j.n[#i].cA := TRUE;

END_IF;

(* confirmation turning on net kontaktor *)

"T_ON_MS"(
    IN := "dut".j.n[#i].ats_on AND NOT "dut".j.n[#i].conf_net,
    CYCLE := "dut".j.cycle,
    PT := 10,
    Q := "dut".j.n[#i].conf_q_net,
    ET := "dut".j.n[#i].conf_et_net);

IF "dut".j.n[#i].conf_q_net
THEN
    "dut".j.n[#i].cA_net := TRUE;
END_IF;

(* confirmation turning on ats *)

"T_ON_MS"(
    IN := "dut".j.n[#i].ats_on AND NOT "dut".j.n[#i].r1,
    CYCLE := "dut".j.cycle,
    PT := 30,
    Q := "dut".j.n[#i].conf_q_ats,
    ET := "dut".j.n[#i].conf_et_ats);

IF "dut".j.n[#i].conf_q_ats
THEN
    "dut".j.n[#i].cA_ats := TRUE;
END_IF;

....
END_FOR;

```

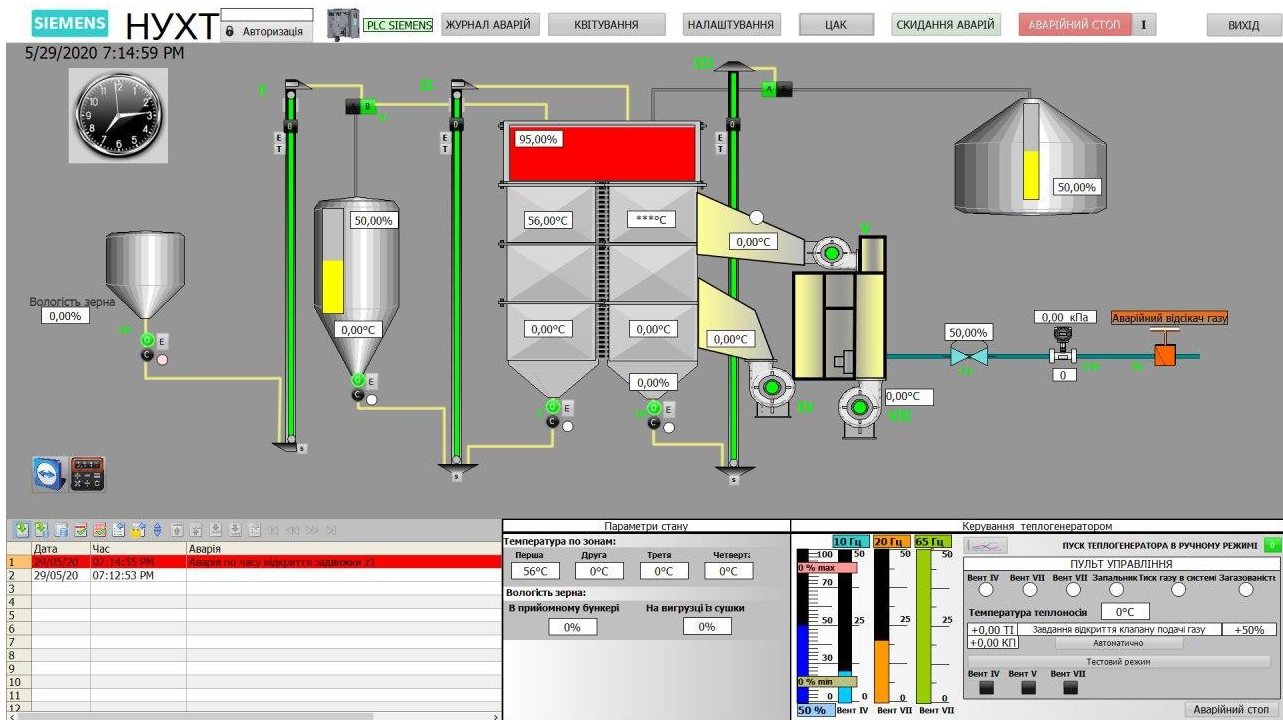


Рисунок 4.7 – Головний екран SCADA-системи

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

ВИСНОВОК

При виконанні даної магістерської роботи була розроблена схема автоматизації, схема регулювання, управління та сигналізації для шахтної сушки зерна.

Розроблена система автоматизації процесу сушки зерна виявляє високий рівень гнучкості, оскільки її функціональність дозволяє вкрай ефективно видаляти надлишкову вологість з продукту сушіння. Особливо це стосується здатності системи контролювати вологість зерна в потоці сипучого матеріалу. Це має вирішальне значення для зниження обсягу використаного палива, оскільки точний контроль вологості сприяє оптимальному регулюванню технологічного процесу сушіння зерна.

Застосування системи автоматизації в цьому контексті відзначається можливістю підтримувати оптимальний рівень вологості зерна в сипучому потоці, що в свою чергу позитивно впливає на всі технологічні процеси, забезпечуючи економію палива та оптимізацію ефективності виробництва.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні рекомендації до виконання магістерської роботи зі спеціальностей 8.05020201 «Автоматизоване управління технологічними процесами» 8.05020202 «Комп'ютерно-інтегровані технологічні процеси та виробництва» / Уклад.: А.П. Ладанюк, І.В.Ельперін, В.Д. Кишенько, В.М.Сідлецький. – К.: НУХТ, 2011. – 15 с.
2. . Нестеров, А. Л. Проектирование АСУТП. Книга 1 / А.Л.Нестеров. – СПб.: ДЕАН, 2006. – 552 с.
3. Про КРІ та ОЕЕ. Загальні розрахунки згідно ISO 22400-2. [Електронний ресурс]: Режим доступу: <http://www.slideshare.net/pupenasan/kri-oee>.
4. Промислові мережі та інтеграційні технології в автоматизованих системах: Навч. посібник / О.М.Пупена, І.В.Ельперін, Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк.– К.:Ліра-К, 2011. – 552 с.
5. Пупена, О.М. [Електронний ресурс]: Автоматизовані системи управління виробництвом (MES-рівень): курс лекцій для студ. освіт. ст. "магістр" спец. 151 "Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології" спеціалізації "Інтегровані автоматизовані системи управління " денної та заочної форм навчання / О.М. Пупена, Р.М. Міркевич. – К.: НУХТ, 2016. – 135 с.
6. Трегуб, В.Г. Проектування систем автоматизації: Навч. посібник / В.Г. Трегуб. – К.: Ліра-К, 2014.– 344 с.
7. Бутко М.О., Іванов О.П., Кравченко В.О. Автоматизація технологічних процесів в сільському господарстві: навч. посібник. Київ: Аграрна наука, 2018. – 240 с.
8. Грищенко С.І., Лисенко В.В., Петренко О.М. Автоматизація виробництва в сільському господарстві. Київ: Урожай, 2016. – 312 с.
9. Давидов, Я.С., Шинкаренко В.М., Жуков О.В. Сучасні аспекти автоматизації аграрного виробництва. Харків: Фоліо, 2019. – 420 с.

					МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

10. Зенкін Є.Д., Кобзар В.Г., Шаров І.П. Автоматизація в сільському господарстві та на агропромислових підприємствах. Дніпро: АСК, 2017. – 288 с.
11. Іванов І.С., Сидоренко О.В., Горбачова Л.М. Автоматизація виробничих процесів в аграрному виробництві. Київ: Урожай, 2018. – 264 с.
12. Карманов О.М., Кривонос О.В., Мазуренко В.В. Агротехнічні системи та технології виробництва продукції рослинництва. Київ: Лібра, 2016. – 376 с.
13. Лаврентьєв І.А., Ковальова О.Г., Павлов В.П. Автоматизація сільськогосподарських виробництв: технології та інновації. Дніпро: Аграр Медіа Груп, 2017. – 312 с.
14. Миронов О.М., Петрів В.С., Жуков О.В. Агротехніка та автоматизація виробництва рослинництва. Київ: Лібідь, 2018. – 420 с.
15. Онищенко В.П., Матвієнко В.В., Кравченко В.О. Системи автоматизованого управління сільськогосподарськими виробництвами. Київ: Урожай, 2015. – 240 с.
16. Панасенко В.М., Шаров І.П., Капустян І.С. Автоматизовані технологічні процеси в аграрному виробництві. Київ: Ліра-К, 2019. – 336 с.
17. Рогозін В.О., Грабовський А.А., Кіт А.В. Агроінженерія та автоматизація сільськогосподарських технологій. Дніпро: Аграр Медіа Груп, 2016. – 280 с.
18. Семенов О.П., Жаров А.М., Долінський М.А. Агротехнічні системи та технології в рослинництві. Київ: Лібра, 2017. – 376 с.