

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Бакалаврська дипломна робота на тему:

«АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СУШКИ ЗЕРНА
В УМОВАХ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«УКРАЇНСЬКА ЕЛЕВАТОРНА КОМПАНІЯ»»

Виконала: студент 4 курсу, гр. 1ЕМ-206
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Зоряна ТИМКІВ
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри КЕМСК
Олександр ПАЯНОК
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

«28» 05 2024 р.

Рецензент: доц. каф. ЕСЕМ.
О.М. Кравець
(прізвище та ініціали)

«10» 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри КЕМКС
«28» 05 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 – Електрична інженерія

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма «Електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

к.т.н., доц.

Микола МОШНОРИЗ

“ 11 ” 03 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Тимків Зоряні Олегівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Автоматизація технологічного процесу сушки зерна в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Українська елеваторна компанія»

Керівник роботи Паянок Олександр Анатолійович, к.т.н., доц. каф.КЕМСК

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від “ 11 ” 03 2024 року № 80

2. Термін подання студентом роботи _____

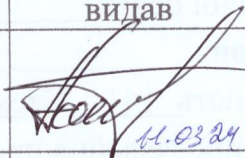
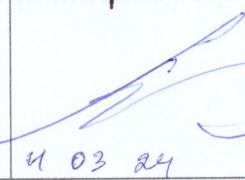
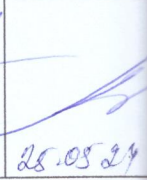
3. Вихідні дані до роботи: Шахтна зерносушарка; короткі відомості про об'єкт автоматизації; відомості про умови експлуатації об'єкта автоматизації та вимоги до системи автоматизації; атеріали переддипломної практики.

4. Зміст текстової частини: Вступ. 1 Аналіз технологічного обладнання. Постановка задачі роботи . 2 Вибір обладнання для схем автоматизації. 3 Техніко-економічне обґрунтування автоматизації технологічного процесу. 4 Розробка схем автоматизації та їх опис. 5 Розробка програмного забезпечення системи автоматизації. 6. Охорона праці. Висновки.

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

1 Об'єкт, предмет, мета та задачі дослідження. 2 Аналіз існуючих типів сушарок та систем їх автоматизації 3 Аналіз існуючих систем автоматизації. 4 Опис технологічного процесу та обладнання. 5 Загальна структурна схема досліджуваного технологічного процесу. 6 Техніко-економічне обґрунтування автоматизації. 7 Вибір та розрахунок засобів автоматизації. 8 Розробка програмного забезпечення системи автоматизації. 9 Розробка алгоритмів SCADA системи автоматизації. 10 Мнемосхема системи автоматизації. 11 Обробка відомості механізмів. 12 Типовий функціональний блок, 13 Оголошення структури даних. 14 Функціональна електрична схема. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

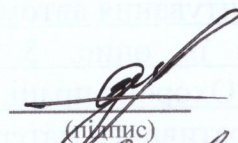
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	к. т. н., доц. каф. КЕМСК Паянок О.А	 11.03.24	 28.05.24
Охорона праці	Зав. каф. БЖДПБ, д.пед.н., проф. Кобилянський О. В.	 11.03.24	 28.05.24

7. Дата видачі завдання 11.03.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

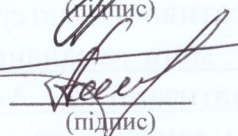
№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.2024	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	21.05.2024	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	28.05.2024	
4	Виконання розділу «Охорона праці»	28.05.2024	
5	Попередній захист БДР	28.05.2024	
6	Нормоконтроль БДР	28.05.2024	
7	Рецензування БДР	10.06.2024	
8	Захист БДР	11.06.2024	

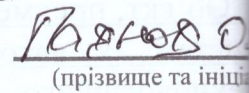
Студент


(підпис)


(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)


(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 108 сторінок формату А4, на яких є 26 рисунків, 14 таблиць, список використаних джерел містить 28 найменувань.

Дана бакалаврська кваліфікаційна робота ставить за мету є розробка та оптимізація режимів роботи технологічного процесу сушки зерна в умовах Товариства з обмеженою відповідальністю «Українська елеваторна компанія» за рахунок інтеграції в систему управління додаткових контурів регулювання температури сушарки та впровадження сучасних засобів автоматизації. Вона охоплює всі аспекти, починаючи з аналізу існуючого обладнання та систем автоматизації, що застосовуються на підприємстві, і закінчуючи розробкою та впровадженням програмного забезпечення, що відповідає міжнародним стандартам.

Робота зосереджується на визначенні вимог та задач автоматизації, а також на виборі оптимального обладнання для досягнення поставлених цілей. Особлива увага приділяється розробці ефективних схем автоматизації, які оптимізують процес сушіння зерна з точки зору якості та продуктивності. Застосування міжнародних стандартів у програмному забезпеченні забезпечує сумісність та інтеграцію системи управління з існуючими технологіями. Результати досліджень та практичні розробки, які пропонуються у роботі, мають великий потенціал для підвищення продуктивності та ефективності виробничого процесу на підприємстві. Результати досліджень та розробок надають підставу для висновків про доцільність та ефективність впровадження автоматизації в даному підприємстві.

Ключові слова: автоматизація, технологічний процес, сушіння зерна, елеватор, якість зерна, програмне забезпечення, SCADA, HMI, ПЛК.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 108 A4 pages, which include 26 figures, 14 tables, and a list of references containing 28 titles.

The purpose of this bachelor's thesis is to develop and optimize the operating modes of the grain drying process at the Ukrainian Elevator Company Limited Liability Company by integrating additional dryer temperature control circuits into the control system and introducing modern automation tools. It covers all aspects, starting with the analysis of existing equipment and automation systems used at the enterprise and ending with the development and implementation of software that meets international standards.

The work focuses on defining automation requirements and tasks, as well as selecting the optimal equipment to achieve the goals. Particular attention is paid to the development of efficient automation schemes that optimize the grain drying process in terms of quality and productivity. The use of international standards in the software ensures compatibility and integration of the control system with existing technologies. The results of research and practical developments proposed in this work have great potential for increasing the productivity and efficiency of the production process at the enterprise. The results of research and development provide the basis for conclusions about the feasibility and effectiveness of implementing automation in this enterprise.

Key words: automation, technological process, grain drying, elevator, grain quality, software, SCADA, HMI, PLC.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ РОБОТИ	7
1.1 Аналіз існуючих систем автоматизації.....	7
1.2 Основні вимоги та задачі автоматизації на ТОВ «Українська елеваторна компанія»	16
2 ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	18
2.1 Опис технологічного процесу та обладнання	18
2.2 Розробка апаратної частини схем автоматизації технологічного процесу	23
3 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ.....	32
4 РОЗРОБКА СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЇЇ ОПИС	39
4.1 Розробка структурної схеми автоматизації процесу сушки зерна.....	39
4.2 Розробка функціональної схеми автоматизації процесу сушки зерна	41
5 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	46
5.1 Міжнародний стандарт ІЕС 61131-3	46
5.2 Автоматизована система управління	53
5.3 SCADA система та програмування ПЛК.....	60
6 ОХОРОНА ПРАЦІ	68
ВИСНОВКИ.....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	80
ДОДАТКИ.....	
ДОДАТОК А (обов'язковий) Технічне завдання	
ДОДАТОК Б Графічна частина	
ДОДАТОК В Протокол перевірки дипломної роботи на наявність текстових запозичень	

ВСТУП

Зерно є одним з найважливіших продуктів харчування в Україні, його експорт відіграє значну роль в економіці країни. Станом на 2023 рік частка експорту українського зерна на світовому ринку становить 7%, що приблизно являється 15 млн.т., та вносить Україну в список ТОП 10 експортерів зерна світу. Виробництво та експорт зерна в агропромисловості України займає важливе місце, яке впливає на економіку, що в свою чергу тягне за собою ряд наслідків.

Зростання обсягів експорту зерна призводить до збільшення навантаження на транспортну систему, зокрема на елеватори. Ефективна робота елеваторів є ключовим фактором для своєчасного та безперебійного експорту зерна.

ТОВ “Українська елеваторна компанія” є одним з основних транспортерів зерна в Україні. Компанія володіє мережею елеваторів по всій країні, що дозволяє їй приймати, зберігати та відвантажувати великі обсяги зерна.

В умовах зростання обсягів експорту зерна ТОВ “Українська елеваторна компанія” стикається з рядом проблем, таких як:

Збільшення навантаження на елеватори: зростання обсягів експорту зерна призводить до збільшення навантаження на елеватори, що може призвести до їх перевантаження та виникнення проблем з обробкою зерна.

Необхідність модернізації обладнання: елеватори ТОВ “Українська елеваторна компанія” були збудовані багато років тому і потребують модернізації для того, щоб відповідати сучасним вимогам.

Зниження продуктивності: застаріле обладнання та неефективні технології роботи елеваторів призводять до зниження їх продуктивності, що може призвести до затримок з експортом зерна.

Підвищення витрат: неефективна робота елеваторів призводить до підвищення витрат на обробку зерна, що знижує рентабельність експорту.

Автоматизація технологічних процесів на елеваторах може допомогти вирішити ці проблеми. Автоматизовані системи керування елеваторами можуть:

Збільшити продуктивність: автоматизовані системи керування елеваторами можуть працювати безперервно, що значно збільшує їх продуктивність порівняно з ручними системами.

Підвищити якість: автоматизовані системи керування елеваторами можуть більш точно регулювати параметри роботи елеваторів, що гарантує більш високу якість обробки зерна.

Знизити витрати: автоматизовані системи керування елеваторами можуть економити енергоресурси та ресурси, що призводить до зниження витрат.

Поліпшити безпеку: автоматизовані системи керування елеваторами можуть зменшити ризик виникнення аварій та травм.

Актуальність теми дослідження обумовлена зростанням світового попиту на зерно, зміною клімату, яка може призвести до збільшення вологості зерна, а також впровадженням нових технологій в інших галузях промисловості.

Об'єктом дослідження в роботі є технологічний процес сушки зерна на елеваторах ТОВ «Українська елеваторна компанія».

Предметом дослідження є система автоматизованого керування технологічним процесом сушки зерна.

Метою бакалаврської дипломної роботи є розробка функціональної схеми автоматизації технологічного процесу сушки зерна з інтеграцією в її систему керування додаткового контуру регулювання температури у сушарці та контролю вологості агенту, що має беззаперечне значення для підвищення надійності та гнучкості налагодження системи автоматизації, а також забезпечення необхідної точності регулювання технологічних параметрів. В процесі виконання мети дослідження необхідно вирішити такі **задачі**:

- привести коротку характеристику та аналіз сушарок, методів сушіння зерна;
- виконати техніко-економічне обґрунтування вибору системи автоматизації технологічного процесу сушіння зерна та обрати найбільш оптимальний варіант технічного обладнання та програмування;
- вибір та побудову електричної принципової та функціональної схем системи автоматизації технологічного процесу сушки зерна в умовах ТОВ «Українська елеваторна компанія»;
- Описати процес реалізації автоматизованої системи управління технологічним процесом сушіння зерна, включаючи програмування та налаштування обладнання

Методи дослідження. Для досягнення поставленої мети використовувалися: аналіз наукової літератури, економічний аналіз, системний та процесний підходи, що дозволяє комплексно вивчити та оптимізувати процес сушіння зерна.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати досліджень доповідались та обговорювались на науково-технічній конференції Матеріали конференції «Всеукраїнська науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2024)».

Публікації. За тематикою дослідження опубліковано 1 тези доповідей матеріалів конференцій:

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СУШКИ ЗЕРНА В УМОВАХ ТОВ «УКРАЇНСЬКА ЕЛЕВАТОРНА КОМПАНІЯ» / З.О. Тимків, О.А. Паянок – Матеріали Всеукраїнська науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2024), Вінниця, 2024. [Електронний ресурс]. URL:. – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 3 с.[1].

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ. ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ РОБОТИ

1.1 Аналіз існуючих систем автоматизації

Управління процесом сушіння зерна має вирішальне значення для забезпечення якості та тривалого зберігання цінних сільськогосподарських культур. Існує широкий спектр систем автоматичного управління, які сприяють оптимізації цього процесу.

Перш за все, вони базуються на точному контролі параметрів сушіння, таких як температура, вологість повітря та час експозиції. Системи автоматичного управління вміють регулювати ці показники, пристосовуючи їх до потреб конкретного зерна та умов оточення, що дозволяє досягти оптимального рівня сушіння без втрати якості.

Основна перевага автоматичних систем управління полягає в їхній здатності до постійного моніторингу та адаптації до змінних умов, що забезпечує стабільність процесу сушіння та підтримує високу якість продукції. Такі системи також можуть мати вбудовані заходи безпеки, що робить їх ефективними та безпечними для використання в агропромисловому секторі.

Сушіння зерна, як одну з операцій післязбиральної обробки зерна, виконують на заготівельних підприємствах (хлібоприймальні пункти та елеватори). Технологія обробки продовольчого зерна на заготівельних підприємствах складається з низки операцій, у результаті виконання яких отримують зерно необхідної якості. Процес складається з наступних операцій[2,3]:

- 1) Приймання зерна: Це включає зважування та приймання зернових партій, які прибувають транспортними засобами, такими як автомашины чи залізничний транспорт.

2) Розвантаження та попереднє очищення: Зерно розвантажується та піддається попередньому очищенню для видалення небажаних домішок чи частинок.

3) Сушіння: Зерно направляється в сушильні установки для видалення надмірної вологості.

4) Первинне та вторинне очищення: Зерно проходить через процеси очищення для видалення залишкових домішок та непридатних частинок.

5) Сорткування та транспортування: Після очищення зерно сортується та транспортується відповідно до його характеристик та якості.

6) Зважування готової продукції: Завершена продукція знову важиться перед зберіганням або подальшою транспортуванням.

7) Протравлювання: Цей етап може включати обробку зерна спеціальними розчинами для захисту від шкідників чи захворювань.

8) Короткострокове та тривале зберігання: Зерно може бути збережене на короткий термін відразу після обробки та також у складах, які призначені для тривалого зберігання, таких як силоси чи спеціалізовані склади.

9) Провітрювання: Процедура вентиляції для підтримання оптимальних умов зберігання зерна.

Ці етапи технологічного процесу важливі для забезпечення якості та довговічності зберігання зернових культур, що є ключовими для їх подальшого використання у виробництві харчових продуктів та інших галузях промисловості.

В Україні та у світі на заготівельних підприємствах поширено конвективне сушіння. При конвективному способі сушіння тепло передається зерну від сушильного агенту, що переміщується, а волога переміщується від зерна до сушильного агенту.

На рисунку 1.1 продемонстровано діаграма з різновидом сушарок, як і використовуються в Україні.



Рисунок 1.1 – Діаграма використання зерносушарок в Україні

На 96% підприємств України використовуються шахтні зерносушарки (на 48 % підприємств використовуються шахтні вітчизняного виробництва; 38% - шахтні закордонного виробництва; 10% - шахтні вітчизняного виробництва та закордонного виробництва). У зв'язку з географічним розташуванням та спеціалізацією, на заготівельному підприємстві обмежений перелік культур, які підлягають заготівлі (сушінню), і включає лише кілька видів.

Зерно на заготівельних підприємствах перевозять з токів і безпосередньо від комбайнів автомобілями. Після відбору проб зерна і визначення його якості автомобілі з вантажем зважують на автомобільних вагах і розвантажують автомобілі-розвантажувачами в спеціальні бункера - одинарні або групові, надземні або заглиблення. Якщо на пункті є елеватор, то використовують бункера групові. Їх розміщують в окремому приймальному пристрої. З бункера зерно направляють на зерноочисні машини, сушать, вдруге очищають, зважують, а потім розміщують по зерносховищ.

Обов'язковою умовою, яку слід виконувати при сушінні зерна, є його попереднє очищення. Великий вміст домішки в зерні може викликати загоряння в сушильній камері, нерівномірну сушку і привести до непродуктивних втрат тепла на висушування домішок. Незалежно від очищення зерна на зерноочисних машинах надсушильний бункер повинен обов'язково мати сітку для затримання великого сміття або випадково потрапляння предметів. Після проходження зерном сушильної камери воно повинно бути охолоджене продуванням холодним повітрям.

Технологічна схема роботи поточно-транспортної лінії елеватора приведена на рисунку 1.2.

Сире зерно з приймального бункера 1 скребковим конвеєром 2 подається в норію 3. Норія 3 подає зерно в бункер-розподільник 4, з якого воно проходить через сито 5 і надходить в бункер-накопичувач 6. Після чого живильник-розподільник 7 подає зерно в каскадний підігрівач 8 у підігрівачі зерно очищається від легких домішок, які повітряним потоком відводяться в циклони і накопичуються в бункері. Очищене зерно з підігрівача надходить в приймальний ковш норії 10 і подається нагору. З норії 10 воно надходить в зерносушарку 11. У зерносушарці зерно висушується сумішшю топкових газів з повітрям, що надходять з топки 12, а потім охолоджується атмосферним повітрям. Висушене зерно з зерносушарки надходить на живильник 13 і транспортується на склад готової продукції. Якщо з зерносушарки виходить недосушене зерно, то його за допомогою живильника 13 направляють повторно на норію 10.

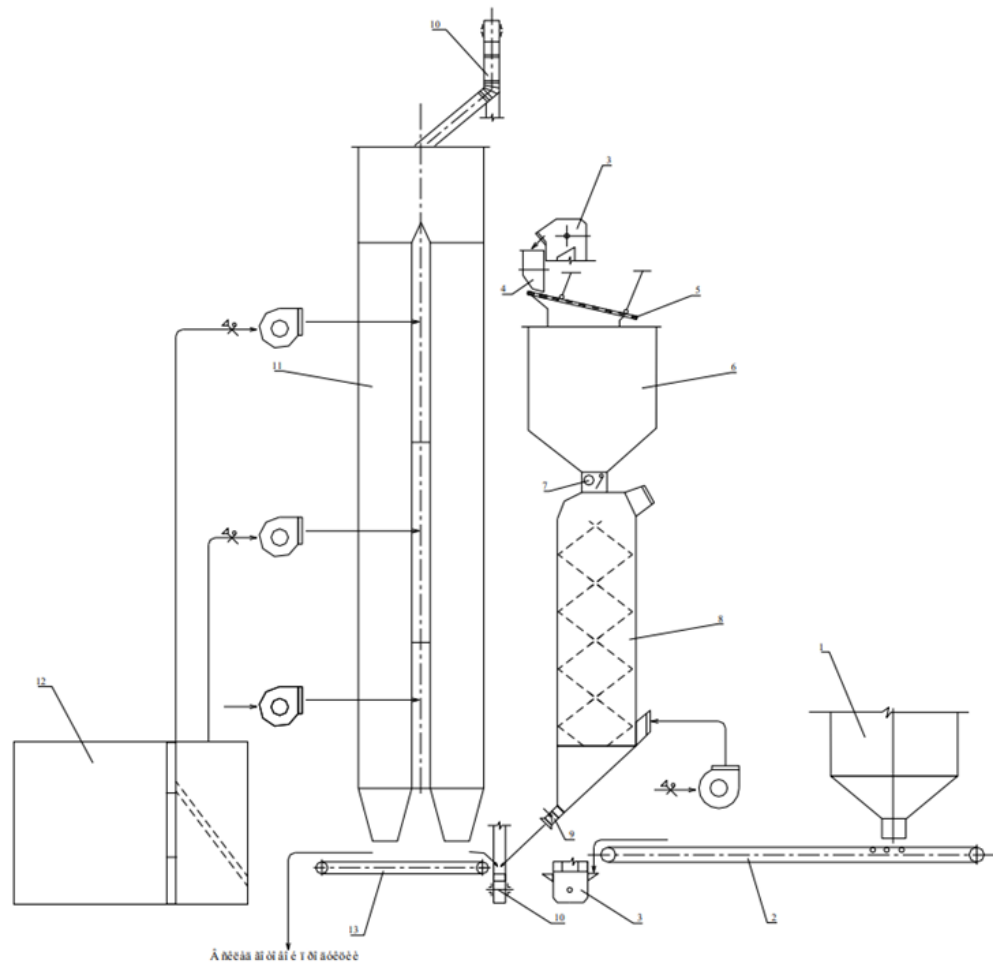


Рисунок 1.2 – Технологічна схема поточно-транспортної лінії підприємства зберігання та переробки зерна.

Застосування автоматичних систем управління дозволяє точніше контролювати параметри сушіння, такі як температура, вологість та час експозиції, що призводить до уніфікації якості готового продукту та підвищення його стабільності. Це сприяє зменшенню витрат на виробництво, оскільки уніфікований та стабільний продукт вимагає менше коригувань та утилізації браку.

Зменшення енергетичних витрат є ще однією важливою перевагою автоматичних систем управління сушінням зерна. Оптимізація технологічного процесу дозволяє ефективніше використовувати енергію, зменшуючи витрати на виробництво одиниці готового продукту та споживання енергоресурсів.

Запровадження додаткових контурів у системах управління може сприяти подальшому підвищенню точності та ефективності процесу. Врахування великої кількості факторів, які впливають на сушіння зерна, дозволить досягти ще більшої оптимізації цього процесу та забезпечити високу якість готової продукції при мінімальних витратах.

Розглянемо існуючу функціональну схему автоматизації сушарки СЗК–8, представлена на рис. 1.3.

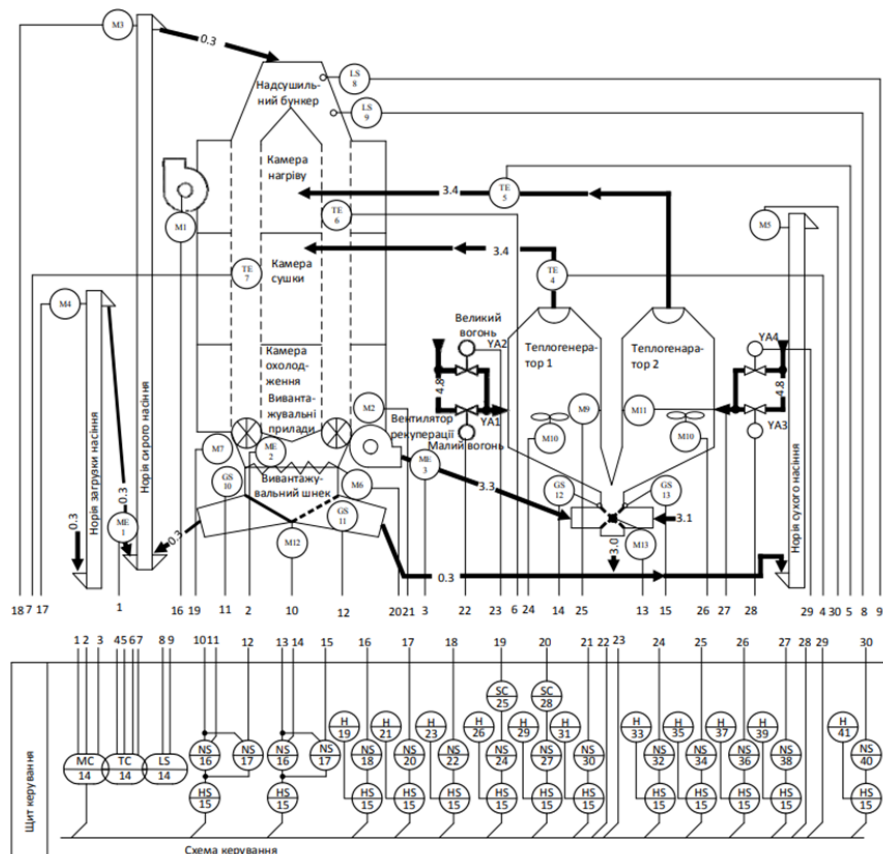


Рисунок 1.3. – Існуюча функціональна схема автоматизації сушарки СЗК-8.

Функціональна схема автоматизації працює наступним чином. Двигун М4 подає з норії загрузки через вологомір МЕ1 на норію сирого насіння. Двигун М3 подає по норії сирого насіння, це насіння в надсушильний бункер. Далі соняшникове насіння потрапляє в камеру нагріву, де воно нагрівається до певної температури перед сушінням. Після цього насіння потрапляє в

камеру сушки, де воно сушиться 14-15 хв. Далі насіння соняшнику потрапляє в камеру охолодження, де воно має охолонути до нормальної температури навколишнього повітря. Після цього, насіння потрапляє на вивантажувальний шнек, де за допомогою вологоміра ME2, соняшникове насіння іде, або на повторне сушіння, або далі через норію сухого зерна на зберігання. Теплогенератор 1 і 2 подають гаряче повітря через термометри опору TE4 та TE5, які регулюють температуру подачі в камеру нагріву та в камеру сушки. Вентилятор рекуперації M2, подає рекупероване повітря через вологомір ME3, яке іде знову на відпрацювання в теплогенератор 1 і 2, або якщо вологість рекуперативного повітря занадто велика, воно іде в навколишнє середовище.

Далі розглянемо, ще одну існуючу функціональну схему автоматизації шахтній двоступеневої сушарці ДСП- 31, яка представлена на рис. 1.4.

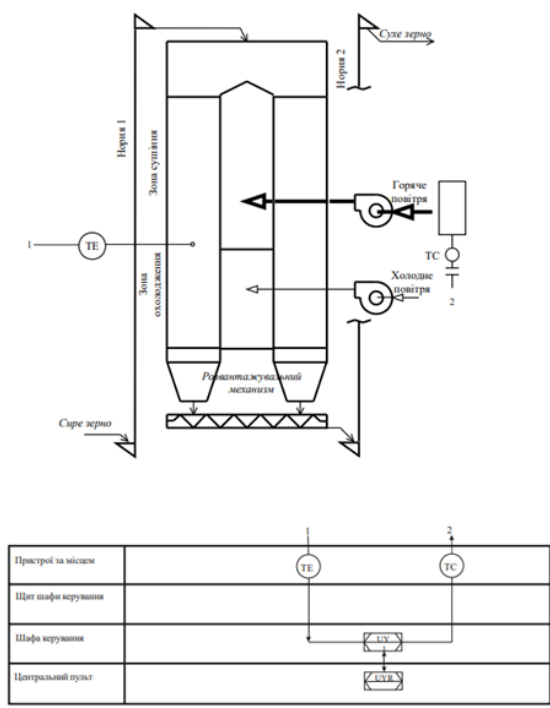


Рисунок 1.4. – Існуюча функціональна схема автоматизації сушарки ДСП- 31.

На схемі показано розташування термоперетворювача (TE1 – ОВЕН ДТС035М) у шахті прямооточної двоступеневої сушарки ДСП-32 для виміру температури зерна, оцінки процесу керування сушінням зерна у сушарці. Показано розташування газового пальника (ТС – пальник серії Unigas CINQUECENTO), що нагріває повітря або агент сушіння та передає тепло до шару зерна у шахті сушарки. Блок мікропроцесорного програмованого логічного контролера (UY – VIPA 214-2BE03) розташовується у шафі керування, контролер передає данні про хід технологічного процесу на персональний комп'ютер, що виконує функцію пульта оператора (UYR – Персональний комп'ютер) що знаходиться на центральному пультаі.

Також ще розглянемо схему існуючу функціональну схему автоматизації сушарки SG-1, представлена на рисунку 1.5.

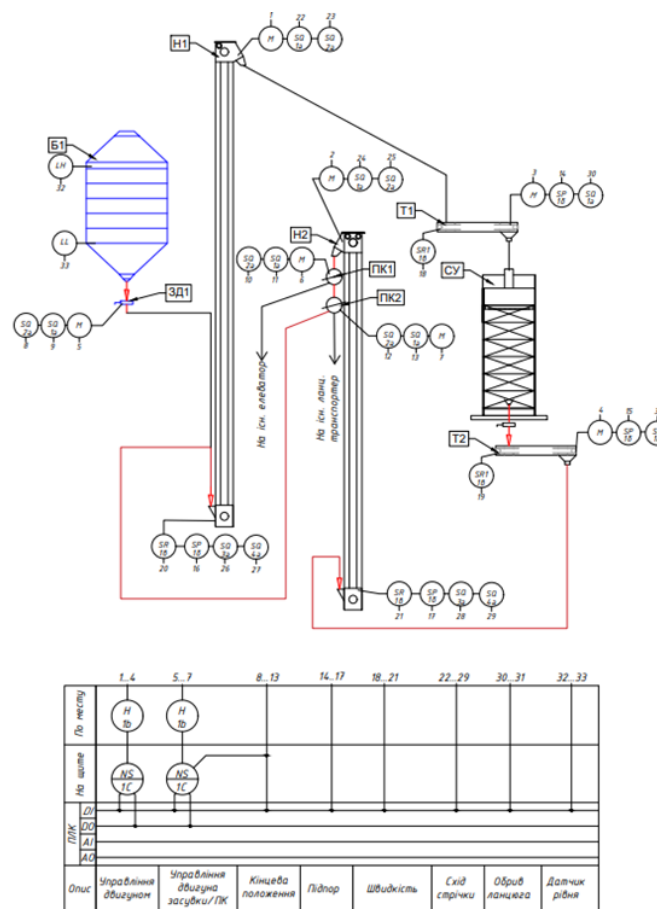


Рисунок 1.5. – Існуюча функціональна схема автоматизації сушарки SG- 1.

Ця функціональна схема описує процес автоматизації виробництва зернових культур. Спочатку зерно подається до бункера прийому Б1, де воно зберігається. Після цього воно переміщується на норію та подається на ланцюговий конвеєр для транспортування. Після конвеєра зерно потрапляє в газову сушарку для видалення вологи. Після сушіння зерно вивантажується.

Далі, якщо зерно залишається недостатньо сухим, воно повертається на норію Н1 за допомогою клапана ПК2, щоб повторно пройти через газову сушарку для додаткового висушування. Після досягнення необхідної вологості зерно відправляється на норію Н2.

Коли зерно досягає необхідних параметрів вологості, через клапан ПК1 воно направляється до складу для подальшого зберігання або використання. Така система автоматизації дозволяє контролювати та оптимізувати процес сушіння зерна, забезпечуючи високу якість продукції перед її відправленням на зберігання або реалізацію.

У результаті аналізу було встановлено, що найбільш оптимальною для процесу сушіння зерна є сушарка SG-1 з можливістю рекуперації.

Аналіз наявних систем управління сушінням зерна підкреслює їх значний внесок у покращення якості виробленої продукції та підвищення продуктивності технологічного процесу. Це впровадження сприяє покращенню якості продукції, оскільки забезпечує оптимальні умови для обробки зерна, що впливає на кінцевий результат. Такі системи мають великий потенціал для оптимізації виробничого процесу, забезпечуючи оптимальний контроль і управління у процесі сушіння зерна.

У зв'язку з цим, мною пропонується впровадити додатковий контур управління температурою у сушарці та контроль вологості. Ця додаткова система управління дозволить забезпечити стабільніше сушіння та оптимізувати параметри процесу. Контроль та регулювання температури в сушарках мають ключове значення для забезпечення оптимальних умов для зерна, що впливає на якість та збереження продукції.

Цей додатковий контур управління температурою стане важливим компонентом для стабільного та ефективного процесу сушіння зерна, сприяючи покращенню якості продукції та забезпеченню її збереження під час виробничих операцій.

1.2 Основні вимоги та задачі автоматизації на ТОВ «Українська елеваторна компанія»

ТОВ «Українська елеваторна компанія» – це сучасне підприємство, що займається зберіганням, переробкою та відвантаженням зернових культур. Для ефективної роботи та підвищення продуктивності підприємство потребує впровадження автоматизованої системи керування (АСУ).

Основним вимогами до системи автоматизації є висока надійність, Можливість розширення та модернізації, простота обслуговування та ремонту, відповідність сучасним стандартам. Ці вимоги забезпечать ефективну, безперебійну та безпечну роботу зерносушильного комплексу.

Система автоматизації має забезпечувати виконання таких задач:

1. Зупинку транспортного обладнання, яке приймає участь у виробничому процесі у випадку настання аварійної ситуації (спрацювання критичних пристроїв захисту, поломка обладнання тощо), система повинна автоматично зупинити роботу транспортного обладнання, щоб забезпечити безпеку. Це може бути зупинка механізмів, які беруть участь в транспортуванні та обробці зерна.
2. Послідовність відключення транспортного обладнання відповідно до вибраного маршруту транспортування продукту. В разі аварійної ситуації обладнання повинно відключатись послідовно відповідно до обраного маршруту, щоб уникнути пошкодження або засмічення системи.
3. Послідовність включення транспортного обладнання відповідно до вибраного маршруту транспортування продукту. Після усунення аварійної ситуації, при запуску система повинна забезпечити

правильну послідовність включення транспортного обладнання задля уникнення додаткового навантаження на систему та забезпечення плавного запуску виробничого процесу.

4. Система має передбачати можливість роботи обладнання в автоматичному та ручному режимах керування обладнанням зі збереженням вимог щодо блокування. Адже, це забезпечить гнучкість управління та можливість оперативного втручання оператора за необхідності.
5. Наявність звукової та світлової сигналізації із зазначенням обладнання, де відбулась аварійна ситуація, наявність візуальної інформації про стан обладнання (увімкнено, вимкнено), що дозволить операторам швидко реагувати на зміни в технологічному процесі та приймати необхідні рішення.

Реалізація вищеперелічених вимог та задач для ТОВ «Українська елеваторна компанія» дозволить створити ефективну систему автоматизації, яка підвищить продуктивність, знизить ризики аварій та забезпечить високу якість обслуговування і управління елеваторним комплексом. Впровадження сучасних технологій та дотримання всіх стандартів дозволить компанії залишатись конкурентоспроможною та готовою до викликів на ринку зерна

Висновок: В результаті наповнення даного розділу було здійснено аналіз існуючих систем автоматизації, та досліджено основні вимоги та задачі автоматизації на ТОВ «Українська елеваторна компанія»

2. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Опис технологічного процесу та обладнання

Технологічний процес сушіння зерна є одним з основних технологічних процесів у переробній промисловості. Він проводиться з метою зниження вологості зерна до заданого рівня, що забезпечує його збереженість, поліпшує якість і зберігає поживні речовини.

Під час сушіння постійно змінюються термодинамічні й теплофізичні властивості зерна, зокрема теплоємність і теплопровідність. Тому необхідно якомога ретельніше дотримуватися рекомендованих режимів сушіння насіння кожної культури залежно від його вологості та цільового призначення.

У сухій зерновій масі всі живі компоненти, крім шкідників та комах, перебувають в анабіотичному стані. Зберігання зерна сухим – основний засіб підтримання високої життєдіяльності насіння в зернових партіях усіх культур, а також якості продовольчого зерна протягом тривалого строку зберігання[4].

Існує кілька способів сушіння зерна, що використовуються у виробництві:

- 1) конвективна - шляхом безпосереднього зіткнення матеріалу, що висушується, з сушильним агентом;
- 2) контактна - шляхом передачі тепла від теплоносія до матеріалу через розділяючу стінку;
- 3) радіаційна - шляхом передачі тепла інфрачервоними променями;
- 4) діелектрична - шляхом нагрівання в полі струмів високої частоти;
- 5) сублімаційна - сушка в замороженому стані в вакуумі.

Три основні методи сушіння зерна включають теплове, сорбційне (контактне) та механічне сушіння.

Теплове сушіння є найпоширенішим і полягає у перетворенні рідини у парову стадію, витрачаючи для цього теплову енергію. В основі теплового сушіння – передача тепла зерну через конvekцію. Цей метод використовує різноманітні типи сушарок, такі як шахтні, рециркуляційні, барабанні та стрічкові, які передають тепло теплоносію, що вбирає вологу, і видаляють її у вигляді пари в атмосферу.

Сорбційне сушіння дозволяє видаляти вологу як у паровому, так і в рідкому стані, не вимагаючи додаткового джерела енергії. Цей метод є менш розповсюдженим, але має свої переваги у видаленні вологи зерна.

Механічне сушіння, яке використовується менше часто, зазвичай застосовується у мийних машинах на борошномельних підприємствах. Цей метод використовує центрифугальну силу для видалення надлишку вологи.

Якщо говорити за основні параметри сушіння зерна - температура повітря, вологість та час сушіння - взаємопов'язані і визначають ефективність процесу. Початкова вологість зерна впливає на його швидкість сушіння: чим вище вологість, тим швидше відбувається випаровування механічно зв'язаної вологи, що переважно міститься в білкових комплексах зерна.

Зерно не може швидше віддавати вологу, ніж приблизно 4,5–5,0% за годину через особливості його структури. Підвищення температури може прискорити процес, але висока температура може призвести до непридатності зерна для подальшого використання. Швидкість сушіння також залежить від вологоємності повітря: чим вища температура повітря, тим більше вологи воно здатне поглинати. Наприклад, 1 м³ повітря з температурою 20°C поглинає 17 г води, 30°C – 31 г, 50°C – 90 г, 70°C – 250 г, 90°C – 400 г.

Важливо також зазначити, що нагріте й висушене зерно потрібно охолодити, оскільки в іншому випадку воно може знову всмоктувати вологу через конденсацію. Також варто враховувати, що зародок зерна містить

чутливі до температури білки, тому нагрівання зерна треба проводити дбайливо, охороняючи їх від денатурації, що впливає на якість насіння.

Розглядаючи технологічний процес автоматизованої сушки зерна, розглянемо різновиди сушарок, що використовуються для обробки зерна відповідно до технології та масштабів виробництва.

- Шахтні сушарки: Це типові сушарки, де зерно розміщується у великих циліндричних шахтах. Гаряче повітря подається через вентилятори або горілки і проганяється через зерно, видаляючи вологу. Цей процес ефективний для великих обсягів зерна і дозволяє контролювати температуру та час сушіння. На рисунку 2.1 продемонстровано теплову схему потокової шахтної зерносушарки без системи рекуперації тепла.

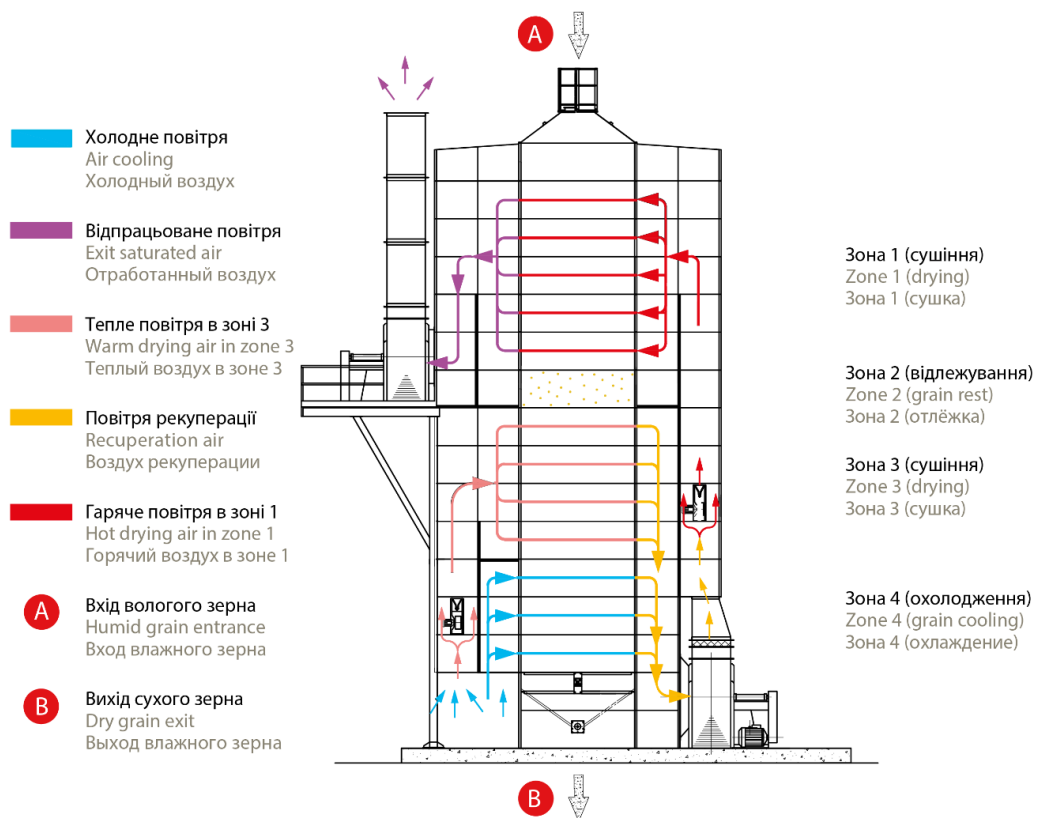


Рисунок 2.1. – Теплова схема потокової шахтної зерносушарки без системи рекуперації тепла.

- Барабанні сушарки: Ці сушарки мають циліндричний барабан, як продемонстровано на рисунку 2.2, в якому розташовується зерно. Гаряче

повітря пропускається через цей барабан, що сприяє видаленню вологи з зерна. Цей тип сушарок часто використовується для менших обсягів зерна, він компактний і може бути досить продуктивним.

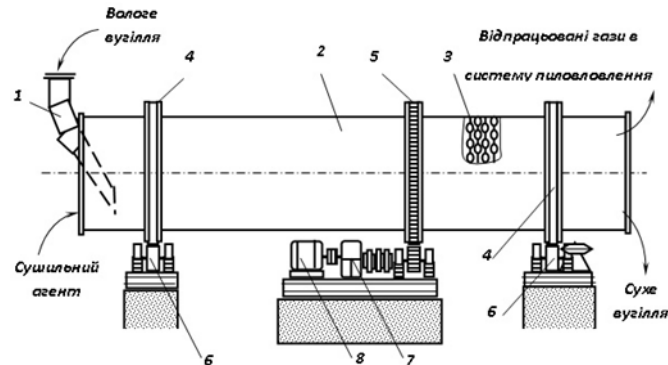


Рисунок 2.2. – Схема барабанної сушарки

1.Завантажувальний лоток 2. Барабан 3.Ланцюгові насадки 3.Бандаж 4.Привідна ввінцева шестерня 5.Котки 6.Редуктор 7.Електродвигун.

- Стрічкові сушарки: Такі сушарки мають довгу стрічку, на яку розподіляється зерно. Гаряче повітря пропускається через стрічку, видаляючи вологу. Це ефективний метод для великих обсягів зерна, і вони дозволяють швидко сушити велику кількість сировини. Теплову схему стрічкової сушарки продемонстровано на рисунку 2.3.

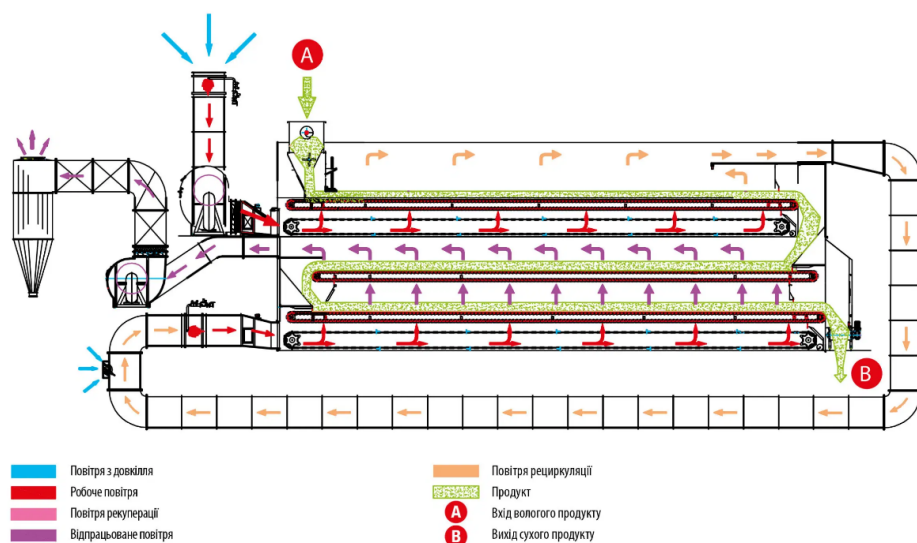


Рисунок 2.3. – Теплова схема стрічкової сушарки

- Рециркуляційні сушарки: Вони використовують відновлене повітря для сушіння зерна. Після прогрівання повітря проходить через зерно і знову використовується після охолодження, так як це продемонстровано на рисунку 2.4. Цей тип сушарок є ефективним, оскільки використовує вже нагріте повітря, що зменшує витрати енергії.

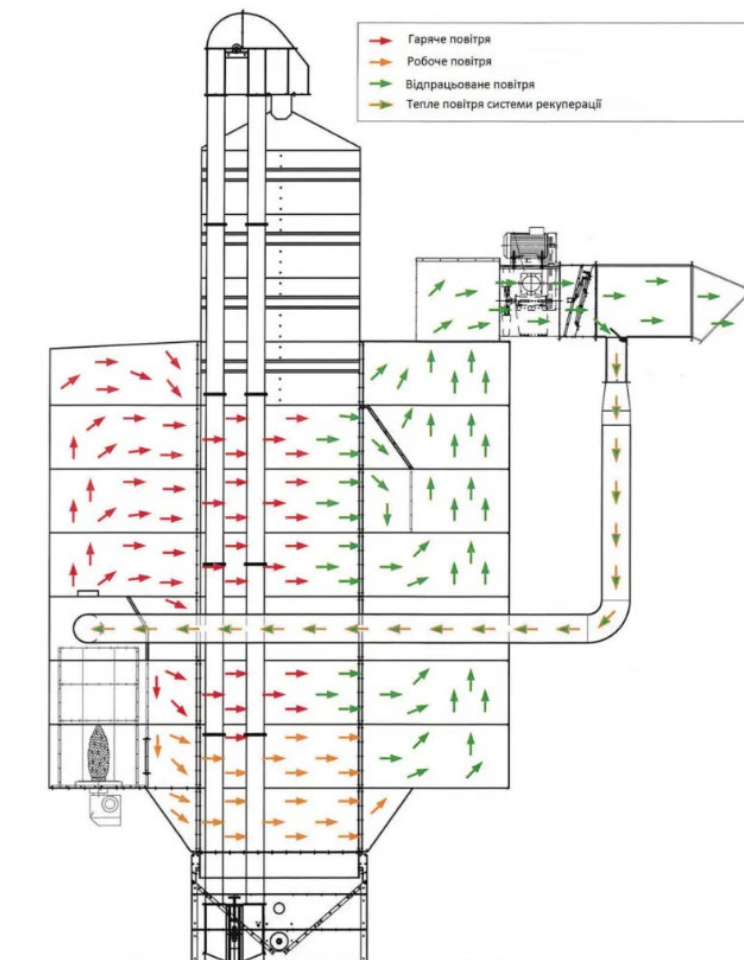


Рисунок 2.4. – Тепло схема рециркуляційної сушарки

Кожен з цих типів сушарок має свої переваги та може бути ефективним для певних типів та обсягів зернових культур. Остаточний вибір зазвичай залежить від розміру сільськогосподарського господарства, обсягів виробництва, доступності енергії та бюджетних можливостей.

Вибір конкретного методу сушіння залежить від типу зерна, його ефективності, доступності енергії та технічних можливостей підприємства. Кожен із цих методів має свої переваги та впливає на якість і збереження

зернових культур у виробничих умовах, граючи важливу роль у забезпеченні їхньої тривалої збереженості та якості.

Технологічний процес автоматизованої сушки зерна є важливим у забезпеченні якості та довготривалої збереженості. Його ефективність ґрунтується на параметрах, таких як температура, вологість повітря та час сушіння, що взаємопов'язані. Автоматизовані системи дозволяють точно контролювати ці параметри, забезпечуючи оптимальні умови сушіння. Враховуючи різні методи сушіння - конвективний, сорбційний та механічний, автоматизовані системи відіграють ключову роль у підтримці якості продукції та забезпеченні тривалого зберігання зерна. Їхня важливість полягає в підтримці стабільності виробництва та ефективному управлінні процесом сушіння зернових культур.

2.2 Розробка апаратної частини схем автоматизації технологічного процесу

Пристрої контролю та управління

Пристрої контролю та управління, які використовуються для автоматизації процесу сушіння зерна, включають:

- **Сенсори:** Сенсори використовуються для вимірювання різних параметрів процесу сушіння, таких як температура, вологість, швидкість потоку та рівень зерна.
- **Регулятори:** Регулятори використовуються для підтримки заданого значення параметра процесу сушіння.
- **Пристрої управління:** Пристрої управління використовуються для керування обладнанням, яке впливає на процес сушіння, наприклад, вентиляторами, клапанами та двигунами.

Сенсор рівня:

Сенсор (сигналізатор) граничного рівня сипучих матеріалів ротаційного рівня: ДР-15, який продемонстровано на рисунку 2.5, може

виконувати контроль верхнього рівня - спрацювання при завантаженні ємності і контроль нижнього рівня - при вивантаженні



Рисунок 2.5 – Сенсор (сигналізатор) граничного рівня сипучих матеріалів ротаційного рівня: ДР-15

Принцип роботи сенсора:

Електродвигун обертає лопасть сенсора зі швидкістю 1 об/хв, поки контрольований продукт знаходиться поза зоною її руху. При досягненні рівня установки сенсора продукт починає протидіяти круговому руху лопасті, що призводить у кінцевому підсумку до її фіксації. Після цього електродвигун усередині корпусу. Сенсор починає здійснювати круговий рух відносно своєї знерухомленої осі. Штовхач, що закріплений на електродвигуні, перестає тиснути на важіль сигнального мікроперемикача та переміщується до мікроперемикача, який розриває ланцюг живлення електродвигуна. При зниженні рівня продукту, пружина повертає електродвигун у початкове положення до сигнального мікроперемикача, замикається 4 контакт мікроперемикача в ланцюзі живлення, що призводить до запуску електродвигуна та поновлення обертання лопасті сенсора. В

таблиці 2.1 наведено основні дані та технічні характеристики сенсора рівня[5].

Таблиця 2.1 Основні дані та технічні характеристики

№	Найменування параметра	Значення
1	Габаритні розміри	не більше 130 × 160 × 226 мм;
2	Маса сенсора в комплектації без подовжувача	не більше 1,8 кг;
3	Температура матеріалу, що контролюється	от -25°C до +50°C
4	Робочий температурний діапазон	от -25°C до +60°C
5	Робочий тиск	1 атм.
6	Кліматичне виконання по ГОСТ 15150-69	У1.1
7	Матеріал вихідного валу сенсора	нержавіюча сталь
8	Матеріал корпусу сенсора	сталь з антикорозійним покриттям;
9	Клас за способом захисту від ураження електричним струмом згідно ГОСТ 12.2.013.0-91	I
10	Живлення	UAC=220 – 240В
11	Навантаження, що може бути комутовано	UDC=30В, IDC=2А; UAC=250В, IAC=3А;
12	Час спрацювання	1-2 сек

Вологомір:

«КДК-Моно»+

Цей аналізатор, який продемонстрований на рисунку 2.6, призначений для використання в потоці при сушінні зернових культур в сушарках шахтного й іншого типу. Застосування на млинах і зерносховищах для контролю поточної вологості й температури.



Рисунок 2.6 – Експрес-аналізатор вологості «КДК-МОНО ПЛЮС»

Принцип роботи вологоміра «КДК-Моно»+ заснований на зміні електричної провідності зерна в залежності від вологості. Зерно, що проходить через направляючий пристрій, потрапляє на сенсор. Сенсор змінює свою електричну провідність в залежності від вологості зерна, що проходить через нього. Аналого-цифровий перетворювач перетворює електричний сигнал з сенсора в цифровий сигнал. Контролер обробляє цифровий сигнал з перетворювача і виводить на дисплей значення вологості зерна.

Вологомір «КДК-Моно»+ має наступні переваги:

- Безперервний контроль вологості зерна.
- Висока точність і надійність.
- Простота в експлуатації.

Вологомір «КДК-Моно»+ широко застосовується в зернопереробній промисловості для контролю вологості зерна в технологічних процесах сушіння, транспортування та зберігання.

До регулювання системи автоматизації відносимо всі дані з сенсорів, які перетворюються в електричні сигнали. Де встановленні задані значення важливих параметрів, таких як температура, вологість або рівень наповнення в сушарці. Вони є ключовими компонентами автоматичних систем управління, що забезпечують стабільність процесу та досягнення необхідних

параметрів з високою точністю. Регулятори працюють на основі принципу зворотного зв'язку, де вони постійно зчитують дані з сенсорів, які вимірюють параметри процесу, і порівнюють їх з заданими значеннями. Якщо розглядати регулятор температури, то це є сигнали з сенсорів температури для подачі теплого та холодного повітря. Для контролю підтримування температури в сушарці візьмемо такий регулятор як ДТСхх5. Від даних з сенсорів до цього регулятора буде залежити подача теплого або холодного повітря.

Якщо розглядати регулятор вологості, то він об'єднаний з 2-х позиційним клапаном та з шиббером сушарки.

Відбувається зворотній зв'язок між цими елементами, що дозволяє регулювати процес управління вологістю зерна. Коли рівень вологості змінюється, ці компоненти співпрацюють, реагуючи на отримані дані і виконуючи необхідні корекції, для підтримування встановленого значення вологості в сушарці.

ДТСхх5 - це тип сенсора температури, який використовується для вимірювання температури в широкому діапазоні температур (від -50 до 500 °C). Датчики ДТСхх5 є одними з найпоширеніших типів термосенсорів, які використовуються в промисловості.

Принцип роботи сенсора ДТСхх5 заснований на зміні опору металевого терморезистора в залежності від температури. Терморезистором в сенсорі ДТСхх5 є платинова нитка. Опір платинової нитки змінюється лінійно в залежності від температури.

Сенсор має цифрові вихідні сигнали HART-протоколу має можливість передавати інформацію про вимірювану величину в цифровому вигляді по двопровідній лінії зв'язку разом з аналоговим сигналом постійного струму 4...20 мА. Цей цифровий сигнал може прийматися та оброблятися будь-яким пристроєм, який підтримує протокол HART (наприклад, HART-комунікатором або ПК з HART-модемом)[6].

Також слід сказати за пристрій управління всією системою автоматичного керування процесом сушіння зерна.

PLC Schneider Electric TM241CE40T (представлено на рисунку 2.7) - це програмований логічний контролер, призначений для автоматизації процесів у промисловості. Він забезпечує керування системами та устаткуванням, виконуючи різноманітні завдання автоматизації.



Рисунок 2.7 – Програмований логічний контролер M241 40 VX/ВІХ
ТРАНЗ 2RS485 1ETH

Цей ПЛК є потужним пристроєм з великою кількістю можливостей. Він може бути використаний для керування системою сушки зерна, регулювання температури, контролю вологості та інших параметрів, які впливають на процес сушіння.

ПЛК TM241CE40T може бути легко підключений до різноманітних сенсорів, регуляторів та пристроїв для забезпечення необхідної автоматизації. Він забезпечує точне керування процесом сушки зерна відповідно до попередньо заданих параметрів, що дозволяє забезпечити стабільність та ефективність у виробничому середовищі.

Переваги цього ПЛК включають його надійність, швидкість обробки даних, гнучкість у підключенні до різних пристроїв та можливість програмування для виконання різноманітних завдань у промисловому середовищі. Цей контролер забезпечує високий рівень автоматизації, що

сприяє підвищенню продуктивності, ефективності та точності в процесах сушіння зерна.

Приклад підключення регуляторів до PLC TM241CE40T , може бути регулятор вологості зерна може бути підключений до вхідного порту ПЛК, який приймає сигнал від датчика вологості зерна. Регулятор температури зерна може бути підключений до вхідного порту ПЛК, який приймає сигнал від датчика температури зерна.

ПЛК використовуватися для управління регуляторами відповідно до заданих параметрів технологічного процесу. ПЛК може використовуватися для регулювання температури повітря в сушці в залежності від вологості зерна.

Таким чином, як у нас є зворотні зв'язки у системі між компонентами системи автоматизації, а саме це вологість та температура, то PLC TM241CE40T є потужним і гнучким інструментом, який може використовуватися для автоматизації процесу сушіння зерна.

В роботі ми також будемо використовувати модуль cMT-FHDX-820, як дешевший аналог SCADA системі, Модуль cMT-FHDX-820 від Weintek представлено на рисунку 2.8.



Рисунок 2.8 – Модуль cMT-FHDX-820 від Weintek

Загалом, як ми бачимо з таблиці 2.2 модуль cMT-FHDX-820 від Weintek є хорошим вибором для систем промислової автоматизації та управління, що поєднує в собі високу продуктивність, надійність та інтеграційну гнучкість. Так як модуль має переваги та особливості, які підходять для нашої роботи.

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики модуля cMT-FHDX-820

Пам'ять	Флеш-пам'ять	4 Гб
	Оперативна пам'ять	1 Гб
Процесор	Quad-core 32-bit RISC 1.6GHz	
	SD Card Slot	N/A
	USB Host	USB 2.0 x 1
	USB Client	N/A
	Ethernet	LAN 1: 10/100/1000 Base-T x 1 LAN 2: 10/100 Base-T x 1
	COM Port	COM1: RS-232 COM2: RS-485 2W/4W COM3: RS-485 2W
	RS-485 Dual Isolation	N/A
	CAN Bus	N/A
	HDMI Output	Customizable (max. resolution 1920 x 1080)
	Recommended Resolutions	720x480, 720x576, 800x600, 1024x768, 1280x720, 1366x768, 1920x1080
	Audio Output	HDMI Audio Output
	Video Input	N/A
Потужність	Input Power	24±20%VDC
	Power Isolation	Built-in
	Power Consumption	850mA@24VDC
	Voltage Resistance	500VAC (1 min.)
	Isolation Resistance	Exceed 50MΩ at 500VDC
	Vibration Endurance	10 to 25Hz (X, Y, Z direction 2G 30 minutes)
Software	EasyBuilder Pro V6.04.02 or later versions EasyAccess 2.0 (Optional) CODESYS® (Optional)*	

Однією з ключових особливостей модуля є його 8-дюймовий сенсорний екран з високою роздільною здатністю. Це забезпечує чітке і яскраве відображення інформації, роблячи взаємодію з пристроєм максимально зручною і ефективною.

Потужний процесор забезпечує швидку обробку даних навіть при виконанні складних завдань. Модуль підтримує різноманітні комунікаційні інтерфейси, включаючи Ethernet, USB і послідовний, що забезпечує гнучкість в інтеграції з іншими пристроями та системами[7].

Завдяки широким можливостям візуалізації користувачі можуть створювати інтерактивні та інформативні інтерфейси, використовуючи різні елементи керування, такі як кнопки, графіки та анімацію.

Модуль також забезпечує високий рівень захисту та безпеки даних, включаючи захист паролем, шифрування даних та функції мережевої безпеки.

Отже, всі ці пристрої контролю та управління є ключовими компонентами для успішної автоматизації процесу сушіння зерна. Сенсори дозволяють отримувати важливі дані про температуру, вологість та інші параметри, що є критичними для ефективного сушіння. Регулятори відповідають за підтримку необхідних значень цих параметрів, забезпечуючи стабільність процесу. Пристрої управління відіграють роль у керуванні обладнанням, що впливає на процес сушіння, що дозволяє точно налаштовувати його параметри. Всі ці засоби утворюють комплексне рішення, яке відповідає вимогам технологічної автоматизації процесу сушки зерна, забезпечуючи ефективність та точність у керуванні цим важливим виробничим процесом.

Висновок: В результаті наповнення даного розділу було здійснено загальний опис технологічного процесу та обладнання, а також розроблена апаратна частина схем автоматизації технологічного процесу

3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Для того щоб визначити економічну доцільність впровадженн системи автоматизації в технологічний процес необхідно визначитись з обладнанням, яке необхідне для коректного функціонування технологічного процесу та обрати найбільш відповідне для нас враховуючи технічні характеристики та вартість.

Під час формування специфікації , яка продемонстрована в таблиці 3.5, для об'єкта автоматизації використовується багато різних модулів, які можуть надавати нам перевагу та бути дешевшими аналогами дороговартісному обладнанню.

До прикладу для дороговартісної ліцензії SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) системи дешевшим аналогом може бути модуль cMT-FHDX-820 проте вони представляють різні підходи до управління та моніторингу промислових процесів.

Модуль cMT-FHDX-820

Переваги:

Економічність: cMT-FHDX-820 є більш економічно вигідним рішенням, порівняно з деякими SCADA-системами, завдяки його ліцензійній моделі та нижчим початковим інвестиціям.

Простота використання: Програмне забезпечення EasyBuilder Pro, яке використовується з cMT-FHDX-820, має інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та просте у використанні програмне забезпечення, що робить його ідеальним для користувачів з різним рівнем досвіду.

Швидкість впровадження: Модуль cMT-FHDX-820 може бути швидше встановлено та налаштовано порівняно з типовими SCADA системами, що може знизити час розгортання проекту.

Широкий спектр функцій: сMT-FHDX-820 пропонує широкий спектр функцій, включаючи моніторинг, керування, сигналізацію та трендування даних.

Висока продуктивність: сMT-FHDX-820 оснащений чотириядерним процесором Cortex-A17 та 4 ГБ оперативної пам'яті, що забезпечує високу продуктивність та швидке реагування.

Недоліки:

Понижена система безпеки: в порівнянні зі SCADA системою модуль сMT-FHDX-820 має нижчу систему безпеки.

Обмежена масштабованість: сMT-FHDX-820 не призначений для використання у великих або складних системах SCADA.

Обмежені можливості аналітики: сMT-FHDX-820 пропонує обмежені можливості аналітики даних порівняно з деякими SCADA-системами.

Відсутність деяких функцій: сMT-FHDX-820 не пропонує деяких функцій, які є стандартними для деяких SCADA-систем, таких як резервування та відновлення даних.

SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition)

Переваги:

Широкий функціонал: SCADA системи зазвичай пропонують широкий спектр функцій, включаючи моніторинг, управління, збір даних, аналіз, та візуалізацію.

Масштабованість: SCADA може масштабуватися від управління одним об'єктом до цілої мережі об'єктів, що дозволяє її застосовувати у великих інфраструктурних проектах.

Інтеграція з іншими системами: SCADA системи можуть інтегруватися з ERP, MES та іншими системами, що забезпечує централізоване управління та обмін даними.

Безпека: Більшість сучасних SCADA систем мають вбудовані засоби кібербезпеки, які захищають від несанкціонованого доступу та кібератак.

Гнучкість: Можливість налаштування та адаптації до специфічних потреб підприємства або процесу.

Недоліки:

Складність впровадження та обслуговування: Вимагає висококваліфікованих фахівців для налаштування, управління та обслуговування.

Затримка в оновленні: Залежно від складності системи, оновлення програмного забезпечення може займати багато часу та ресурсів.

Висока вартість: Впровадження та обслуговування SCADA систем може бути дорогим через складність і потребу в спеціалізованому обладнанні та програмному забезпеченні.

Для порівняння візьмемо вартість програмного забезпечення декількох SCADA систем, наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Порівняння вартості SCADA систем

Назва	Вартість
VTSCADA	5000 євро ~ 213 750 грн
Plant SCADA	9535 доларів ~ 376 632,5 грн
WEBICC SCADA	9000 лей ~ 77 306,3 грн

Отже, найдешевшим варіантом з продемонстрованих систем є WEBICC SCADA, вартість якої обійдеться нам близько 77 тисяч гривень, в той час як модуль cMT-FHDX-820 коштує 21 447,60 грн.

Проте, вибір між SCADA системою та модулем cMT-FHDX-820 залежить від конкретних потреб і можливостей підприємства. Якщо потрібна розширена функціональність, масштабованість та інтеграція, SCADA системи є кращим вибором. Для менших проектів таких, де важлива простота використання та вартість, модуль cMT-FHDX-820 може бути

кращим варіантом. В даному випадку cMT-FHDX-820 підходить під наші потреби та бюджет.

Також в даній роботі ми використовуємо модулі Schneider Electric причину такого вибору буде продемонстровано в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняльна характеристика дискретних модулів розширення TM3DQ16R Schneider Electric та SM 322 SIEMENS.

Тип та марка модуля	TM3DQ16R Schneider Electric	SM 322 SIEMENS
Кількість Дискретних Виходів	16	16
З'єднання	Гвинтові клеми	Гвинтові клеми
Напруга Дискретного Виходу	24V DC	24V DC або 120/230V AC
Сертифікації	RoHS, REACH	CE, UL, FM
Вартість, грн	7072,50	29351

Вибір TM3DQ16R від Schneider Electric може бути економічно вигіднішим, ніж SM 322 від Siemens, завдяки його сумісності з існуючими системами Modicon TM3, що зменшує витрати на інтеграцію. Крім того, модуль працює на 24V DC, що забезпечує кращу енергоефективність, вартість покупки та обслуговування TM3DQ16R може бути нижчою. Прості гвинтові клеми полегшують монтаж, знижуючи витрати на трудові ресурси та час установки, що робить цей вибір техніко-економічно доцільнішим.

Також, в роботі було використано TM3DI32K Schneider, привибір якого ми проводили порівняльну характеристику, яка продемонстрована в таблиці 3.4, між TM3DI32K Schneider та SM 321 SIEMENS.

Таблиця 3.4 – Порівняльна характеристика модулів TM3DI32K Schneider Electric та SM 321 SIEMENS

Тип та марка модуля	TM3DI32K модуль TM3 32BX 24 В HE10 Schneider	SM 321 SIEMENS
Кількість Дискретних Входів	32	32
Роз'єм	Гвинтові клеми або роз'єми аналогічного типу	TM3DI32K використовує HE10 роз'єм, SM 321 може використовувати гвинтові клеми або аналогічні роз'єми.
Сертифікації	RoHS, REACH	CE, UL, FM
Вартість, грн	9001,55	19689

Використання модуля TM3DI32K від Schneider Electric є техніко-економічно вигіднішим, ніж використання SM 321 від Siemens, завдяки його оптимальній сумісності з контролерами Modicon TM3, що забезпечує інтеграцію та зменшує витрати на адаптацію обладнання. Крім того, модуль TM3DI32K підтримує роз'єм HE10, що спрощує монтаж та знижує витрати на установку. Враховуючи можливість заміни модулів, що дозволяє уникнути простоїв системи та додаткових витрат на обслуговування, TM3DI32K стає більш економічним вибором для підприємств, що прагнуть підвищити ефективність своїх автоматизованих систем.

Враховуючи всі вище перелічені чинник та обираючи техніко-економічно вигідні засоби автоматизації ми можемо сформулювати специфікацію, яка продемонстрована в таблиці 3.5 :

Таблиця 3.5 – Специфікація

№	Назва	Од.	К-ть	Ціна, грн	Вартість, грн
1	Короб перфорований 40x80 Klemsan KKN	м	8	183,26	1 466,08
2	DIN-рейка 1 м 35x7,5 (0,8 мм) Takel	м	8	50,01	400,08
3	Блок живлення 24В/20Вт/DIN рейка (MDR-20-24) MeanWell	шт	1	550,00	550,00
4	Блок живлення 24В/120Вт/DIN рейка (EDR-120-24) MeanWell	шт	2	1 250,00	2 500,00
5	Нульова шина в корпусі 2x15 ETI	шт	2	328,00	656,00
6	Модуль cMT-FHDX-820	шт	1	21 447,60	21 447,60
7	Колодка MERB-T (для MER2) ETI	шт	140	124,00	17 360,00
8	Кільце EALP Emergency/Stop (d=22/60мм)ETI	шт	2	24,00	48,00
9	Блок контакт 1NO ETI	шт	50	52,00	2 600,00
10	Блок контакт 1NC ETI	шт	2	52,00	104,00
11	XB2 тримач маркувальної бірки для кнопок АскоУкрем	шт	27	6,70	180,90
12	TWDFCW30K кабель для дискретних ВХ/ВИХ	шт	9	925,85	8 332,65
13	TM3DQ16R Дискретний модуль розширення TM3- 16 виходів реле	шт	3	7 072,50	21 217,50
14	TM3DI32K модуль TM3 32ВХ 24 В HE10 Schneider	шт	3	9 001,55	27 004,65
15	TM241CE40T ПЛК M241 40 ВХ/ВИХ 2RS485 Schneider Electric	шт	1	23 199,85	23 199,85
16	MER2- 024 DC 2р ETI	шт	50	76,00	3 800,00
17	MER2 - 230 2р AC ETI	шт	90	152,00	13 680,00
18	MER-CLIP-PL фіксуюча скоба/виштовхувач ETI	шт	140	12,00	1 680,00
19	EW-35 фіксатор на DIN Takel	шт	40	5,19	207,60
20	ERM2- 024DCL 2р 24VDC ETI	шт	50	284,00	14 200,00
21	ERC-230ACDCL додатковий модуль індикації ETI	шт	90	100,00	9 000,00
22	ER-TERMINAL шина з'єднувальна (для A1/A2) ETI	шт	30	48,00	1 440,00

Продовження таблиці 3.5 – Специфікація

23	EGS3-NN-C Перемикач поворотний чорний 1-0-2 ETI	шт	25	148,00	3 700,00
24	EGM-T-R Кнопка-модуль грибок (червона)ETI	шт	2	148,00	296,00
25	ECLI-240A-G 240V AC (зелена)	шт	2	132,00	264,00
26	CH5x20 F 630mA 250V міні запобіжник ETI	шт	30	4,40	132,00
27	AVK- 2.5 клема набірна Klemсан	шт	250	13,09	3 272,50
28	ASK 2S клема - утримувач запобіжника DIN Klemсан	шт	30	78,32	2 349,60
29	ASK 2S заглушка для клеми Klemсан	шт	30	11,50	345,00
30	6/1/C ETIMAT 6	шт	3	164,00	492,00
31	ПВ-3 0,5 провід	м	400	3,75	1 500,00
32	МКС 1664 1600x600x400 IP54 (без М.П.)	шт	1	8 380,35	8 380,35
33	МПС 166 панель монтажна	шт	1	2 372,36	2 372,36
34	Ц-264 200x600x400 для МКС	шт	1	718,20	718,20
35	Метизи (Комплект монтажний)	компл	2	2 900,00	5 800,00

З таблиці 3.5 можна визначити, що сумарна вартість обладнання дорівнює 587 153,72.

Слід зауважити, що в цю суму не входить вартість робіт та інших розходів.

Висновок:

Отже, автоматизація не є дешевою послугою, проте вона необхідна. Адже з часом вона компенсує вартість, яка була витрачена на початку, покращує якість зерна та дозволяє підприємству бути конкурентоспроможним як на українському ринку зерна так і на світовому.

Також виконано порівняння різних SCADA систем та модулів зі схожими технічними характеристиками. До уваги приймалися функціональні характеристики та вартість обладнання.

4. РОЗРОБКА СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ЇХ ОПИС

4.1 Розробка структурної схеми автоматизації процесу сушки зерна

Розробка функціональної схеми автоматизації процесу сушіння зерна є ключовим етапом в проектуванні системи автоматизації. Цей процес починається з ретельного аналізу та створення структурного алгоритму автоматизації сушіння зерна, що є основою для розробки функціональної схеми.

Структурний алгоритм автоматизації сушки зерна визначає послідовність операцій та логіку взаємодії між елементами системи. Цей алгоритм відображає всі етапи процесу сушіння зерна, від завантаження до вивантаження, а також ураховує можливі варіанти оптимізації, регулювання температури, контроль рівня вологості та інші параметри.

Створення структурного алгоритму є фундаментальним для розробки функціональної схеми. Він допомагає визначити ключові елементи, взаємозв'язки та способи управління та контролю в системі автоматизації. Це розуміння є важливим для налагодження оптимального процесу сушіння зерна та має велике значення при створенні функціональної схеми автоматизації.

Структурна схема процесу автоматизації процесу сушки зерна представлена в додатку А.

На схемі ми бачимо, що після вивантаження з машини зерна в бункер прийому, зерно через конвеєр потрапляє на 2-ох позиційний клапан де розподіляється на два різні маршрути, обравши один з маршрутів ми бачимо, що зерно потрапляє на ланцюговий конвеєр, далі на норію після якої проходить через вібратор і вентилятор зерно потрапляє на сепаратор в якому відбувається сепарування зерна перед нами знову клапан двох позиційний, норія, скальператор і далі зерно потрапляє в газову сушарку після чого за допомогою транспортерів та подальшого маршруту зерно потрапляє на склад. Також є можливість рециркуляції, якщо вологоміри визначають, що

зерно недостатньо сухе то процес сушіння відбувається знову, тобто відбувається рециркуляція процесу.

В даній схемі існує можливість сушки зерна без попередньої сепарації, тобто сепарація відбувається вже з сухим зерном.

Розглянемо окремо окремі елементи нашого маршруту:

Скальператора зерна - це механічний пристрій, який використовується для видалення з зерна великих домішок, таких як камені, шматки соломи та сміття. Він складається з барабана, який обертається навколо своєї осі, і сита, встановленого на виході барабана. На рисунку 4.1 продемонстровано принцип роботи скальператора та шлях зерна в самому механізмі для очистки від грубих домішків:

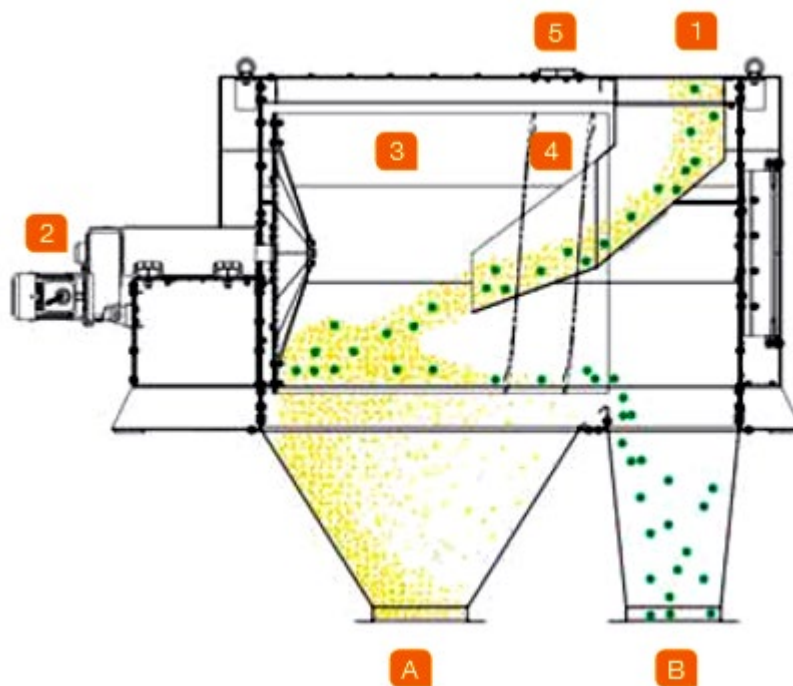


Рисунок 4.1 – Принцип роботи скальператора

а) Очищене зерно, б) Грубі домішки

Пояснення позначень на рисунку 4.1:

- 1) Загрузка зерна,
- 2) Двигун,

- 3) Завантажувальний циліндр,
- 4) Розвантажувальний циліндр з направляючим шнеком,
- 5) Підключення відвідного повітря.

Зерно подається в барабан через завантажувальний бункер. Барабан обертається, і зерно піднімається на його внутрішню поверхню. Великі домішки не можуть піднятися на барабан, і вони падають через сито. Зерно, яке проходить через сито, вважається очищеним і подається на наступний етап обробки. Скальпелятори зерна використовуються на елеваторах, зерноховищах та інших зернопереробних підприємствах. Вони допомагають забезпечити якість зерна та запобігти пошкодженню обладнання.

Газова сушарка зерна — це тип сушарки, яка використовує газ як джерело тепла для висушування зерна. Вони є одними з найпоширеніших типів зерносушарок, оскільки вони є економічними та ефективними.

Сепаратор зерна — це машина, яка використовується для очищення зерна від домішок. Він використовує різні фізичні властивості зерна, такі як розмір, форма, вага та щільність, для відділення домішок.

Важливість цього етапу полягає в тому, що структурна схема визначає основні взаємозв'язки та взаємодії між всіма елементами системи. Вона є своєрідною "картою" процесу автоматизації, що допомагає інженерам усвідомити всі необхідні компоненти, зв'язки та ресурси для успішної реалізації системи автоматизації.

4.2 Розробка функціональної схеми автоматизації процесу сушки зерна

Функціональна схема автоматизації (ФСА) є ключовим проектним документом, що визначає організацію та рівень автоматизації технологічного процесу об'єкта. Цей документ містить умовні графічні позначення, які вказують на технологічне обладнання, комунікації, засоби керування,

прилади автоматизації та інші елементи. ФСА розробляється на етапі проектування технологічного процесу або системи автоматизації.

Функціональна схема автоматизації виконує ряд важливих функцій:

- Розробка ФСА дозволяє визначити структуру і рівень автоматизації технологічного процесу. Це необхідно для того, щоб забезпечити ефективну автоматизацію процесу та досягти поставлених цілей.
- ФСА є основою для розробки інших проектних документів. Це дозволяє скоротити час і витрати на проектування системи автоматизації.

Функціональна схема автоматизації дозволяє провести аналіз автоматизації технологічного процесу. Це дозволяє виявити можливі недоліки в проекті та внести необхідні корективи.

Схема функціональної автоматизації процесу сушки зерна поділено на три ключові рівні:

Перший рівень це рівень сенсорів та виконавчих механізмів. На рівні сенсорів пропонується використовувати аналогові сенсори температури зерна та агенту сушіння. Вона дає загальне уявлення про те, як система автоматизації організована та працює в цілому. Сенсори, які вимірюють різні параметри технологічного процесу, такі як рівень зерна, температура, вологість тощо. Контролер, що опрацьовує сигнали від сенсорів і приймає рішення про керування виконавчими механізмами. Виконавчі механізми, які керують технологічним процесом, наприклад, подачею зерна, нагрівом, видаленням вологи тощо.

Другий рівень здійснює обробку інформації, що надійшла з першого рівня, реєстрацію технологічних параметрів, підготовку і передачу оперативної інформації на третій рівень, отримання уставок від верхнього (третього) рівня. Другий рівень включає в себе мікропроцесорний контролер з модулями вводу/виводу даних. Ця демонструє, як сигнали з сенсорів надходять до виконавчих механізмів, керуючи процесом сушіння зерна. У

таблиці наведено перелік встановлених засобів автоматики, методи перетворення вимірювальних параметрів та межі зміни цих величин.

Наприклад, сенсор рівня зерна в сушарці передає сигнал на контролер. Контролер обробляє сигнал і, якщо рівень зерна занадто низький, вмикає бункер для подачі зерна.

Третій рівень керування представляє собою пульт оператора у вигляді комп'ютера. Пульт оператора виконує наступні функції:

- керування технологічним процесом;
- візуалізація стану технологічного обладнання в зручному для сприйняття.

Функціональна схема автоматизації процесу сушіння зерна з позначенням приладів показано в додатку Б.

Функціональна схема автоматизації процесу сушіння зерна відображає взаємодію різних елементів системи автоматизації для забезпечення оптимального та ефективного процесу сушіння зерна.

Зображений процес сушіння зерна складається з наступних етапів:

- Завантаження зерна: Зерно подається в сушарку з завантажувального бункера.
- Сушіння зерна: Зерно сушиться за допомогою агенту сушіння, такого як гарячий газ.
- Охолодження зерна: Зерно охолоджується після сушіння.
- Вивантаження зерна: Зерно вивантажується з сушарки в бункер зберігання.

Розглянемо такий контур в функціональній схемі, як процес транспортування зерна. Зерно, яке потрапляє з машини подається в бункер БП-1, звідки за допомогою стрічкового конвеєра КС-1 переміщується на 2-х позиційний клапан. Клапан розподіляє зерно на два маршрути. Перший маршрут проходить через конвеєр КС-2, а потім потрапляє на нижню частину норії КП-4. З нижньої частини норії зерно піднімається на верхню

частину, де проходить через сепаратор для очищення від бруду та сторонніх предметів. Після сепаратора зерно потрапляє на нижню частину норії КП-5, піднімаючись до верхньої частини за допомогою двигуна зерно потрапляє в сушарку SG-1, де проходить процес сушіння. На виході з нижньої частини сушарки є сенсор вологості, який вимірює вологість зерна та шибр для контролю подачі на стрічковий конвеєр. Після вимірювання вологості зерно подається на конвеєр КС-4, де вирішується, куди відправити його далі: на склад через норію КН-3 та конвеєр КС-6 або знову до сушарки для додаткового сушіння через КН-4. Цей процес триватиме, поки вологість зерна не відповість вимогам технологічного процесу.

Цей складний контур забезпечує не лише переміщення зерна, а й його очищення та оптимальний процес сушіння, що впливає на якість кінцевої продукції.

Також ще розглянемо детально контур функціональної схеми, як процес в сушарці, який є ключовим етапом в обробці зерна. Зерно, яке пройшло етап транспортування, потрапляє в сушарку SG-1. У сушарці встановлено сенсори рівня наповненості сушарки верхнього LH та нижнього рівня LL. Дані сенсори забезпечують контроль над рівнем зерна в сушарці.

Після наповнення сушарки зерном, починається процес сушіння. У сушарці подається тепле повітря 17. Температуру в сушарці контролюють сенсори температури 12 та 14. Сенсори забезпечують контроль над мінімальним та допустимим порогом температури в сушарці.

Після завершення сушіння зерно охолоджується холодним повітрям 18. Далі проводиться контрольний рівень вологості 15. Якщо вологість зерна відповідає вимогам технологічного процесу, то зерно переміщується на конвеєр КС-4. Конвеєр має двигун, швидкість обертання якого регулюється сенсором. Сенсор контролює ступінь завантаження конвеєра.

З конвеєра зерно потрапляє на 2-х позиційний клапан 20. Клапан має зворотній зв'язок з виміром вологості зерна. Якщо вологість зерна

недостатня, то зерно повертається на повторний процес сушіння за допомогою норії КН-5. Якщо вологість зерна відповідає вимогам технологічного процесу, то зерно транспортується далі до складу.

Висновок: В результаті наповнення даного розділу було розроблено структурну та функціональну схеми автоматизації

Структурна схема автоматизації є ключовим етапом, який допомагає зрозуміти внутрішню логіку системи, сприяє визначенню оптимальних шляхів вдосконалення, а також дає основу для подальшого розвитку функціональних елементів системи автоматизації.

Розроблена функціональна схема автоматизації процесу сушіння зерна дозволить забезпечити ефективний контроль маршруту зерна, дотримання технологічного регламенту та отримання якісного продукту. Це забезпечить відстеження кожного етапу процесу сушіння, гарантуючи, що зерно переходить через всі необхідні стадії за технологічним регламентом. Точний контроль за умовами сушки, вимірювання параметрів і вчасне втручання в процес допоможуть уникнути можливих дефектів у кінцевому продукті, зберігаючи його високу якість.

5. РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

5.1. Міжнародний стандарт ІЕС 61131-3

ІЕС 61131 – це стандарт, який визначає поняття «програмовані контролери». Найбільш відомою і популярною частиною стандарту є третя частина - ІЕС 61131-3, яка визначає мнемоніку мов програмування.

Під час розробки ІЕС61131-3 робоча група виявила, що програмовані контролери мають стільки мовних варіацій, що неможливо було вибрати один із доступних варіантів як загальну мову. Тому вони спробували розробити нову спільну мову, використовуючи сучасні принципи розробки програмного забезпечення. Однак результатом цієї роботи стало затвердження в якості стандарту не 1, а 5 мов програмування, створених на основі найпопулярніших мов програмування, які є найбільш поширеними контролерами в світі. Це дозволило зберегти вже розроблені програмні рішення і використовувати їх з мінімальними змінами при оновленні автоматизації, це також дозволяє програмувати контролер мовою, найбільш підходящою для конкретних завдань автоматизації. Однак усі стандартні мови мають спільний інтерфейс та спільні об'єкти, тому деякі прикладні програми можуть бути запрограмовані будь-якою мовою та скомпільовані в один файл[8].

Тобто, стандарт ІЕС 61131-3 описує, загальні елементи і мови програмування. Загальні елементи включають такі поняття, як конфігурація, ресурс, задача, тип даних, змінні, стандартні функції і блоки. Вони створюють основу, яка дозволяє об'єднати багатомовні компоненти в одному програмному проекті. Друга частина стандарту описує синтаксис трьох графічних мов програмування LD, FBD, SFC і двох текстових – IL, ST. Детальніше про перелічені мови програмування в стандарті[8]:

LD (Ladder diagram) (мова релейних схем), це мова програмування програмованих логічних контролерів. Мова використовується для програмування ПЛК, де потрібне послідовне керування контролером. LD корисна для систем управління або для переробки старих дротових релейних схем[9,10]. Часто програма мови релейних схем використовується в поєднанні з програмою HMI, що працює на комп'ютерній робочій станції. Приклад, вигляду мови LD наведено на рисунку 5.1.

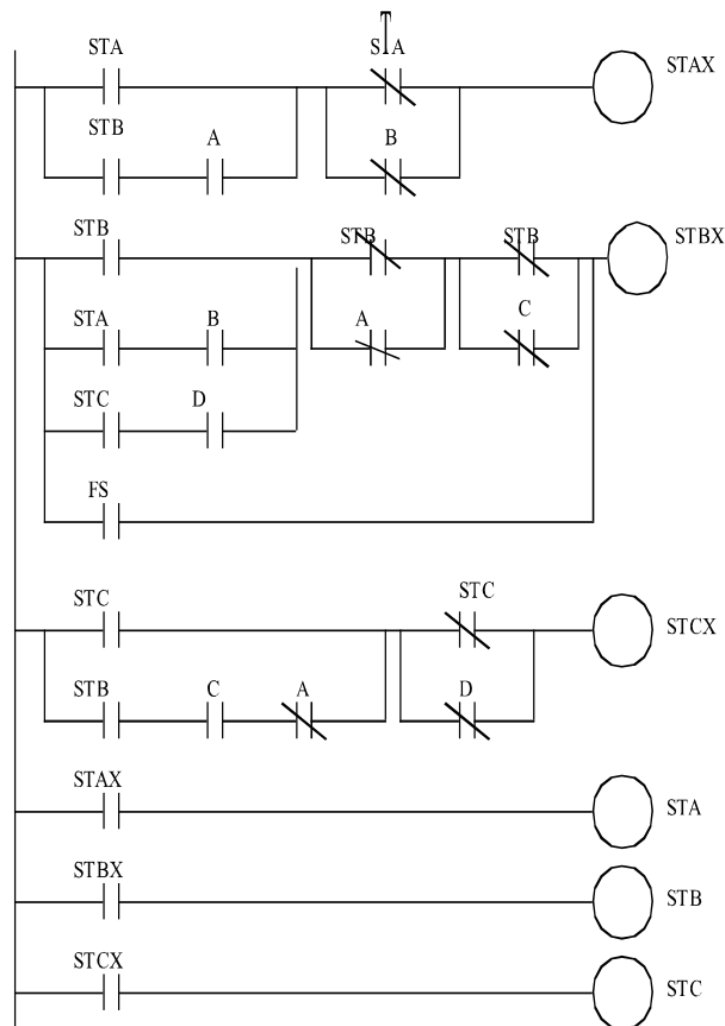


Рисунок 5.1. – Вигляд мови релейних схем

Функціональні блокові діаграми або FBD (англ. Function Block Diagram) — графічна мова програмування, яка призначена для програмування ПЛК (програмованих логічних контролерів).

Програма утворюється з ланцюгів, які виконуються послідовно зверху вниз. Ланцюги можуть мати позначення. Інструкція переходу на позначення дозволяє змінювати послідовність виконання ланцюгів для програмування умов і циклів. Загальний вигляд мови Функціонально блокових діаграм наведено на рисунку 5.2.

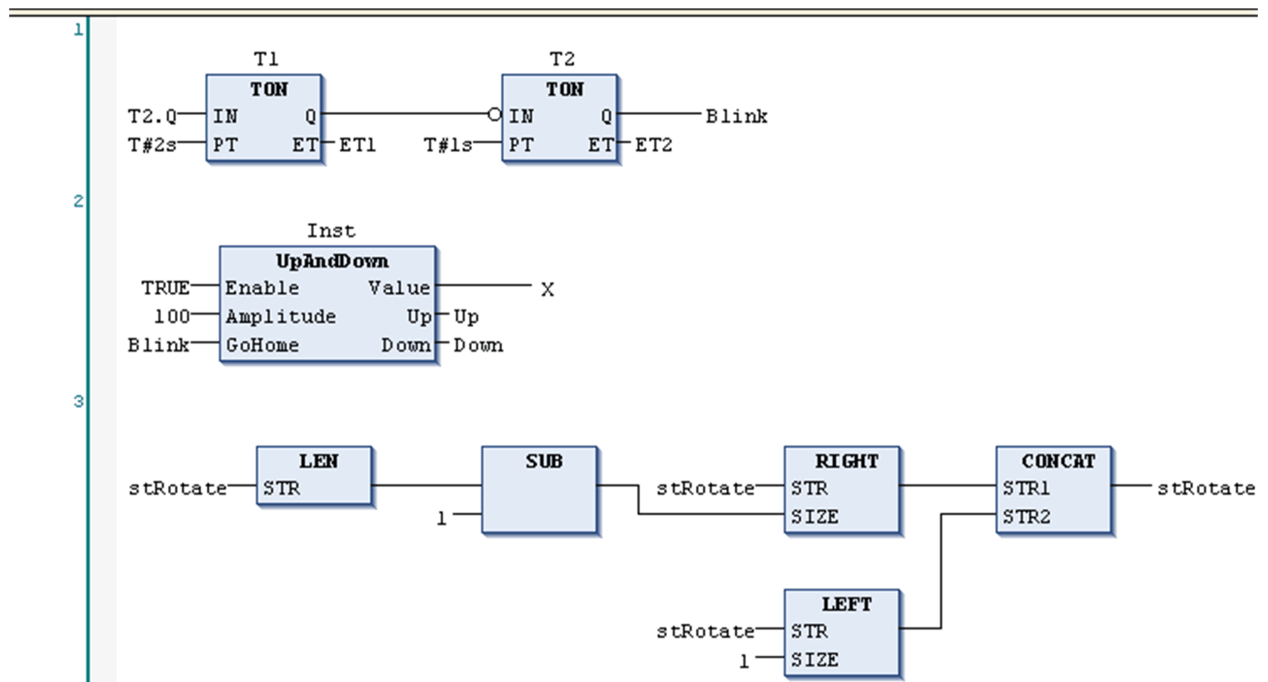


Рисунок 5.2. – Вигляд мови функціональних блоків діаграм або FBD

Мова FBD проста для вивчення і зручна для прикладних фахівців, які не мають спеціальної підготовки в галузі інформатики. Жорстка послідовність виконання призводить до простої внутрішньої структури команд, яка транслюється у швидкий і надійний код. Існує також модифікація FBD, яка допускає використання тільки чистих функцій з одним виходом, без проміжних станів.

Подальшим розвитком мови FBD є мова CFC (англ. Continuous Function Chart — безперервні функціональні схеми). Мова не сертифікована стандартом IEC 61131-3.

Послідовні функціональні схеми (діаграми) або Sequential function chart (SFC) — мова програмування стандарту IEC 61131-3, що призначена

для програмування промислових контролерів. Знайшла широке використання у SCADA/HMI пакетах багатьох розробників[11].

SFC — це графічна мова, яка призначена для написання програм послідовного керування технологічним процесом, що описує процес у формі близькій до діаграми станів. Аналогом може слугувати мережа Петрі із різнокольоровим маркерами. У кожному стані система виконує дії (підпрограми) з певними модифікаторами. Наприклад, модифікатор N вказує виконувати, поки стан є активним. Загальний вигляд мови SFC, продемонстровано на рисунку 5.3.

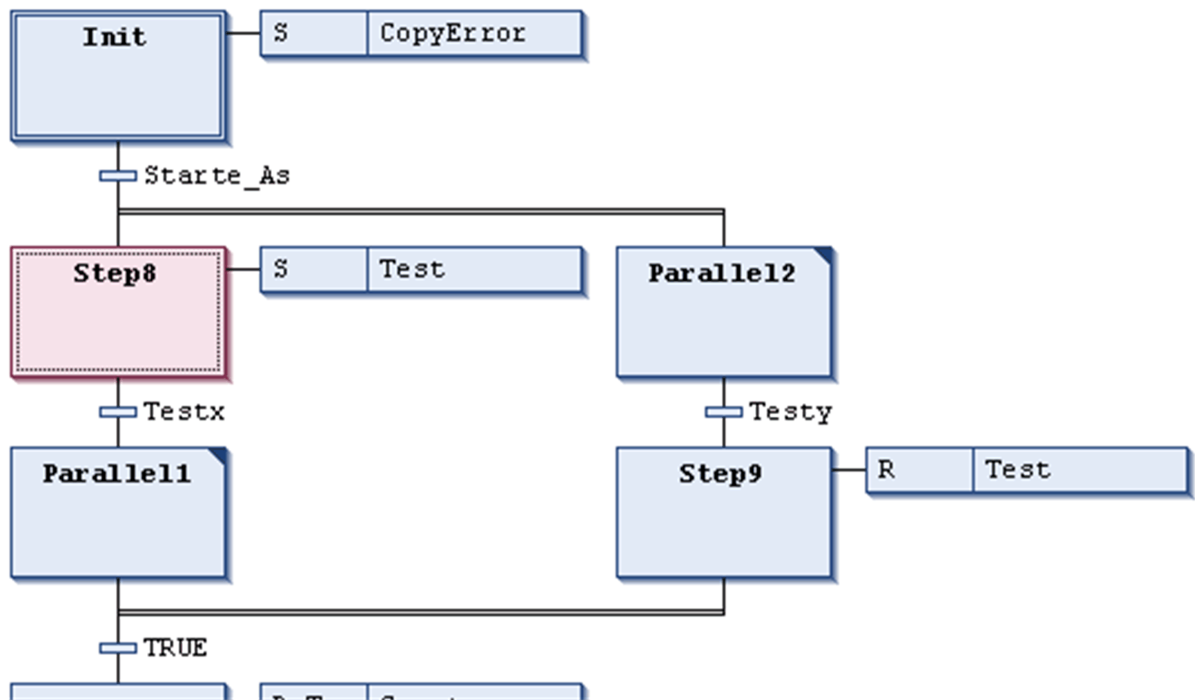


Рисунок 5.3. – Вигляд мови послідовних функціональних схем (діаграми) або Sequential function chart (SFC)

Основними елементами мови є:

- стани (кроки), у яких виконуються певні дії; одночасно можуть бути активними декілька станів, один із станів є початковим;
- переходи із стану в стан; для кожного переходу задається логічна умова переходу до наступного стану;

- альтернативне розгалуження алгоритму, коли з поточного стану можливі переходи до декількох станів, при цьому кожному переходу відповідає своя логічна умова і при виконанні алгоритму проводиться лише один із альтернативних переходів;
- паралельне розгалуження, на відміну від альтернативного має загальну умову переходу на декілька паралельно гілок, що працюють паралельно;
- перехід до заданого стану;
- зупинка процесу.

IL (Instruction List) або список інструкцій, продемонстрована на рисунку 5.4, призначена для програмування промислових контролерів. За синтаксисом є близькою до мови асемблера. Використовується на виробництві для програмування автоматизованих систем керування технологічними процесами та систем промислової автоматизації.

В основі мови лежить поняття акумулятора (у стандарті ІЕС використовується термін англ. *result* — результат) як місця зберігання поточного значення (результату) та переходів по мітках. Починається програма із завантаження в акумулятор значення змінної. Подальші кроки програми полягають в отриманні вмісту акумулятора і виконанні над ним обмеженого числа визначених операцій.

Кожна інструкція починається з нового рядка і може містити чотири поля, розділені табуляцією: мітку, оператор з модифікатором, за яким приводиться операнд і далі, коментар. Компілятор є не чутливим до регістра (інструкції *ADD A* і *Add a* є рівнозначними).

Більшість інструкцій виконують стосовно вмісту акумулятора відповідну дію, визначену оператором (з використанням операнда) і результат поміщають в акумулятор. Команди переходу на мітку здатні аналізувати вміст акумулятора і приймати рішення: виконувати перехід чи ні. Акумулятор може приймати дані будь-якого типу.

Під модифікатором маються на увазі літери N, C, які приписуються справа до імені деяких операторів. Модифікатор N означає логічне заперечення (обернене значення чи інверсію) операнда, C означає, що інструкція виконується, якщо результат попередньої операції порівняння TRUE.

Як операнди можуть виступати:

- змінні;
- константи;
- ім'я мітки;
- ім'я оператора (функції).

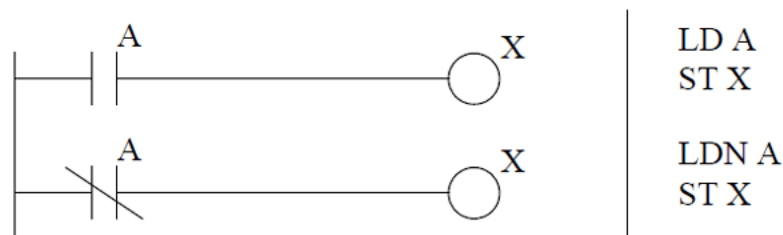


Рисунок 5.4. – Вигляд мови IL (Instruction List) або списку інструкцій

Структурований текст або Structured text (ST) — мова програмування стандарту IEC 61131-3, що призначена для програмування промислових контролерів та операторських станцій. Знайшла застосування у SCADA/HMI/SoftLogic пакетах. За структурою й синтаксисом є найближчою до мови програмування Pascal. Мова є зручною для написання великих програм й роботи з аналоговими сигналами та числами з рухомою комою, загальний вигляд мови наведено на рисунку 5.5.

Основні принципи мови:

Основою ST-програми слугують вирази. Результат обчислення виразу присвоюють змінній за допомогою оператора «:=». Кожний вираз

обов'язково має закінчуватись крапкою з комою «;». Вирази будуються із змінних, констант і функцій, розділених операторами.

Стандартні оператори у виразах мають символічне позначення, наприклад математичні дії: +, -, *, /, порівняння тощо. Крім операторів у виразі можуть використовуватись пробіли і табуляція для кращого сприйняття, а також, коментарі.

Вираз може містити інший вираз у дужках, що обчислюється у першу чергу.

Вираз обчислюється відповідно до правил пріоритету операцій. У порядку зменшення пріоритету операції розташовуються таким порядком: вираз у дужках; виклик функції; степінь EXPT; зміна знаку; заперечення NOT; множення, ділення і ділення по модулю MOD; додавання і віднімання; операції порівняння (<, >, <=, >=); рівність (=); нерівність (<>); логічні операції AND, XOR та OR.

```

1  PROGRAM POU
2  VAR
3  MotorOverload : ARRAY[1..3] OF BOOL;
4  MotorOverCurrent : ARRAY[1..3] OF BOOL;
5  MotorPBStart : ARRAY[1..3] OF BOOL;
6  MotorPBStop : ARRAY[1..3] OF BOOL;
7  MotorCoil : ARRAY[1..3] OF BOOL;
8  i : INT;
9
10 END_VAR
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
780
781
782
783
784
785
786
787
788
789
790
791
792
793
794
795
796
797
798
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
880
881
882
883
884
885
886
887
888
889
890
891
892
893
894
895
896
897
898
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
910
911
912
913
914
915
916
917
918
919
920
921
922
923
924
925
926
927
928
929
930
931
932
933
934
935
936
937
938
939
940
941
942
943
944
945
946
947
948
949
950
951
952
953
954
955
956
957
958
959
960
961
962
963
964
965
966
967
968
969
970
971
972
973
974
975
976
977
978
979
980
981
982
983
984
985
986
987
988
989
990
991
992
993
994
995
996
997
998
999
1000

```

Рисунок 5.5. – Вигляд мови структурованого тексту або Structured text (ST)

5.2. Автоматизована система управління

Автоматизована система управління (АСУ) є багатокomпонентною та включає в себе наступні елементи:

- Виконавчі механізми у вигляді електродвигунів транспортерів, засувки тощо
- Датчики виконавчих механізмів
- Пристрої локального захисту механізму. На сьогоднішній день ці функції виконують локально встановлені пристрої типу МПЗК, до яких можуть підключатись датчики швидкості, підпору, сходу тощо.
- Пускозахисна апаратура механізму, яка призначена для подачі напруги та захисту від короткого замикання, теплового перевантаження.
- Програмований логічний контролер (ПЛК) у сукупності з електромагнітними реле. Завдяки прописаним алгоритмам та правилам на основі вхідної інформації формуються ті чи інші вихідні команди, які через реле можуть вмикати чи вимикати механізми.
- Засоби візуалізації людино-машинного інтерфейсу, через який інформація подається в зручному для оператора вигляді, відбувається керування обладнанням.

АСУ елеватора має два основних режими керування обладнанням: “Місцевий” та “Дистанційний”. Для кожного механізму цей режим обирається окремо за допомогою відповідного перемикача на лицьовій панелі шафи керування механізмом, де встановлена його пускозахисна апаратура.

Під час роботи механізму в режимі “Місцевий” включення чи виключення механізму відбувається одноразовим натисканням на кнопки Пуск чи СТОП на кнопковому посту, який має бути розташований

безпосередньо біля двигуна. Після натискання кнопки Пуск схема працює в режимі самопідхвату. Такий режим керування призначено суто для налагодження механізму обслуговуючим персоналом і не має використовуватись як основний.

Під час роботи механізму в режимі “Дистанційний” задача включення чи виключення механізму покладається на ПЛК. Це може бути як команда оператора, яка подається за допомогою спеціального вікна на екрані монітора, так і алгоритмічний пуск чи зупинка обладнання в маршруті чи під час аварійних ситуацій. Такий режим має використовуватись як основний робочий.

На відділенні “МОБ” присутній ще третій елемент - Пульти керування, який розташовано на вулиці біля операторського приміщення залізничного зважування. На пультах присутні кнопки для дистанційного включення механізмів та Перемикач “ПЛК - Пульти”. Якщо цей перемикач знаходиться в режимі ПЛК, то розриваються ланцюги самопідхвату для активних механізмів (транспортери, норії). Тому наладка механізмів з місцевим керуванням має здійснюватись при повністю виключених маршрутних задачах, а перемикач на пультах має бути виставлено в режим “Пульти”.

Керування обладнанням елеваторного комплексу відбувається одночасно в двох режимах: “Одиночний” та “Маршрутний”. Одиночний режим має на меті забезпечення безаварійної роботи механізму відповідно до вхідної інформації з датчиків та/або безпечну зупинку аварійного механізму. Кожен датчик має свій нормальний стан та логіку опрацювання.

За станом датчики поділяються на нормально-закритий (присутня напруга) та нормально-відкритий (відсутня напруга) при нормальній роботі механізму.

За логікою датчики поділяються на наступні категорії:

перемикач режиму “Дистанційний” - контролюється завжди, при відсутності сигналу подача команди на включення механізму відсутня;

“Магнітний пускач” - контролюється під час роботи механізму. Це є основним сигналом для АСУ, що механізм працює. Якщо команда на включення присутня, а сигнал цього датчика відсутній - це вважається аварійною ситуацією.

Датчики постійного контролю - до цієї категорії відносяться стан кнопок аварійної зупинки, стан автоматичного вимикача захисту двигуна тощо. Якщо сигнал відсутній з такого датчика, то це сприймається як аварійна ситуація.

Датчики, що контролюються під час роботи - до цієї категорії відносяться датчики підпору, сходу стрічки, контролю швидкості. Вони контролюються лише під час роботи обладнання. Якщо сигнал з цих датчиків відрізняється від нормального - запускається відлік часу, після якого ситуація вважається аварійною.

Будь-яка аварійна ситуація призводить до спроби моментально зняти вихідну команду з такого механізму, а також супроводжується подачею звукового сповіщення персоналу та виведення аварійного повідомлення у відповідному вікні системи візуалізації.

Маршрутний режим керування полягає в тому, що оператор з випадального списку обирає бажаний напрям та проміжні механізми для переміщення зернових культур та подає команду ПЛК, аби почалось коректне включення та контроль механізмів. В такому випадку автоматично будуть дотримані всі правила роботи елеваторного обладнання, а саме: передпускова подача звукового сповіщення; попереднє переведення проміжних клапанів та засувки у необхідне положення; почерговий запуск транспортних елементів із затримкою в часі, починаючи з кінця маршруту; почергова зупинка транспортних елементів із затримкою в часі, починаючи з початку маршруту; аварійний стан механізму всередині маршруту викликає моментальну зупинку всіх механізмів, що передують аварійному, закриваються початкові засувки, що обладнані електроприводом та

під'єднанні до АСУ (реалізація системи “Інтерлок”); для маршрутів зі Складу №1 на зерносушарку контролюється стан датчика верхнього рівня, за сигналом якого відбувається пауза в подачі зерна.

Саме маршрутний режим роботи системи АСУ має бути головним інструментом оператора для уникнення аварійних ситуацій. Для цього він має використовувати в нормальній роботі лише вікно вибору маршрутів та кнопки для пуску/зупинки маршрутів. Виключення складають лише команди для почасового привідкриття чи призакриття початкових засувок, якими обладнані АР-1 та Склад №1 (вигляд кнопок та вікон подається в цьому документі нижче).

Маршрут під час виконання має наступні етапи та характеристики, що відповідають його стану:

“Вимкнено” - логіка обробки маршруту вимкнена. Після подачі команди про запуск виконання маршрутної задачі протягом 30 секунд лунає звукове сповіщення для працівників про те, що буде вмикатись обладнання і необхідно вжити заходів безпеки;

“Підготовка маршруту” - під час цієї стадії всі засувки та перекидні клапани, які знаходять в середині маршруту переходять в необхідний для маршруту стан, аби потік зерна досягнув обраної оператором кінцевої точки маршруту;

“Запуск механізмів” - відбувається поступовий почерговий запуск транспортних активних елементів з кінця маршруту до початку із заздалегідь заданим інтервалом часом. Окрім того, в кінці цього етапу можуть відкриватись початкові засувки маршруту. Час, на який вони будуть відкриватись на цьому етапі, визначається у вікні налаштувань системи (кнопка 1-б на Рис.1)

“Робота” - позначається зеленим кольором і сигналізує про те, що маршрут повністю запущений і працює справно.

“Пауза” - позначається оранжевим кольором і сигналізує про виникнення певних ситуацій всередині маршруту. Усі механізми, які передують аварійному, екстрено зупиняються, решта лінії продовжує працювати для очищення вихідної лінії від зерна.

При натисканні кнопки “Пуск” відбувається повторна подача звукового сигналу і спроба відновити роботу маршруту.

При натисканні “Стоп” відбувається перехід до наступної стадії.

“Зупинка транспортного обладнання” - із заданою затримкою часу механізми зупиняються.

На рисунку 5.6 зображено початковий екран системи АСУ ТП елеватора. На початковому екрані присутні наступні елементи:

1. Кнопки навігації по екранах системи АСУ:
 - a. “Повернення на початковий екран”
 - b. “Завдання параметрів для роботи системи”
 - c. “Перегляд аварійних повідомлень”
 - d. “Вікно налаштувань пристрою”
2. Індикатор подачі звукового сповіщення. Сигнал автоматично подається при включенні маршруту або першому виникненні аварійної ситуації в механізмі чи маршруті. Оператор може подати звуковий сигнал самостійно кліком миші на цьому зображенні. Така операція є обов’язковою якщо оператор має намір увімкнути будь-яке обладнання аби унеможливити виробниче травмування персоналу.
3. Вікно вибору варіантів прокладання маршруту зерна по елеватору; кнопки подачі команд пуску або зупинки маршрутів. Маршрути згруповані за початковою точкою маршруту. В дужках виводиться назва критичного механізму, через який протікає обраний варіант маршруту.
4. Виведення оператору інформації про поточну дату та час

5. Мнемосхема обладнання елеватора, яке підключене або керується з системи АСУ.

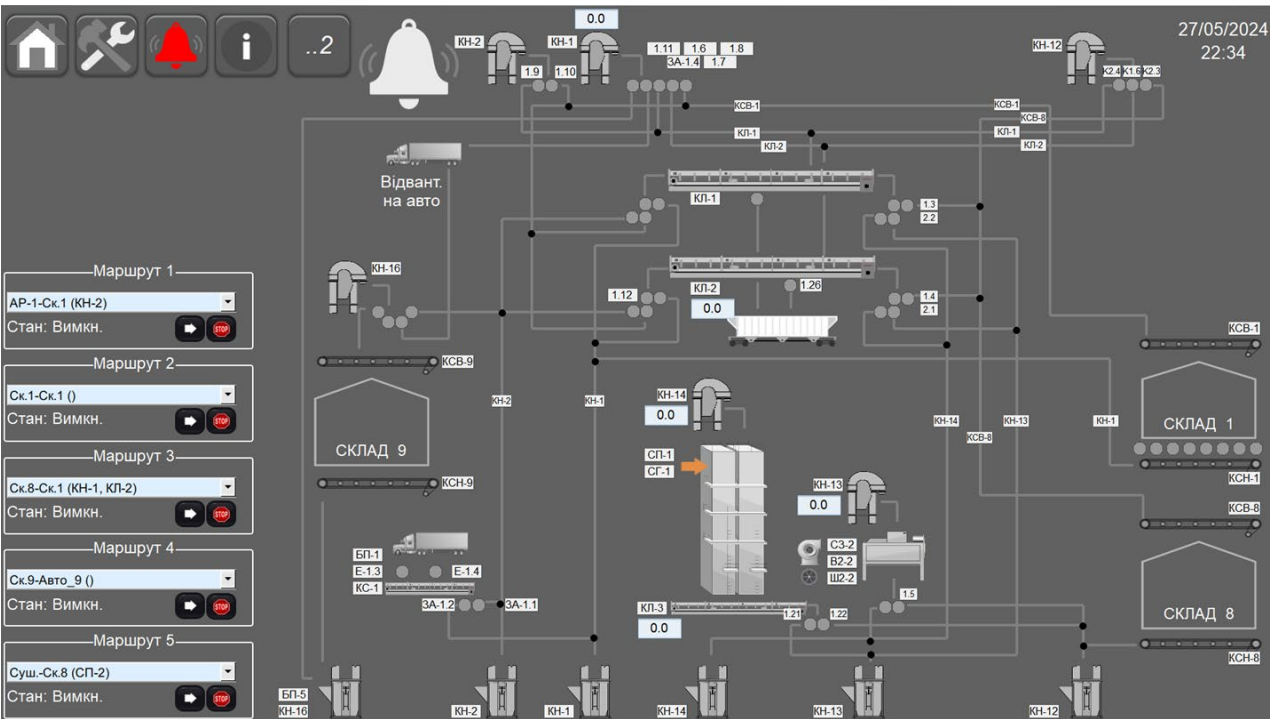


Рисунок 5.6. – Мнемосхема системи автоматизації процесу сушки зерна

Мнемосхема виконана на темно-сірому фоні, відсутні анімації, кількість кольорів, що використовуються, зведено до можливого мінімуму. Це зроблено спеціально з метою зменшення зорового навантаження на оператора при тривалій роботі.

Усі транспортні елементи та механізми мають кольорове зображення для різних станів. Нижче подано таблицю 5.1 для розшифрування станів.

Таблиця 5.1. Кольорове позначення на мнемосхемі

Колір	Норії, конвеєри, сепаратор	Засувки	Перекидні клапани
Сірий	Вимкнено	Нейтральний проміжний стан	
Зелений	Ввімкнено, робота	Повністю відкрита	Напряом, куди буде переміщуватись зерно

Продовження таблиці 5.1 – Кольорове позначення на мнемосхемі

Чорний	-	Повністю закрита	Напря́м, куди не буде переміщуватись зерно
Жовтий	Відсутній сигнал про “Дистанційний” режим керування	-	
Червоний	Аварійний стан		
Синій	Стан ремонту обладнання		

Окрім того на мнемосхемі є ще кілька додаткових елементів, які відповідають за стан технологічного обладнання та продемонстровані на рисунку 5.7. До них відносяться індикатор верхнього рівня зерна в зерносушарці, а також числові індикатори температури підшипника механізму.

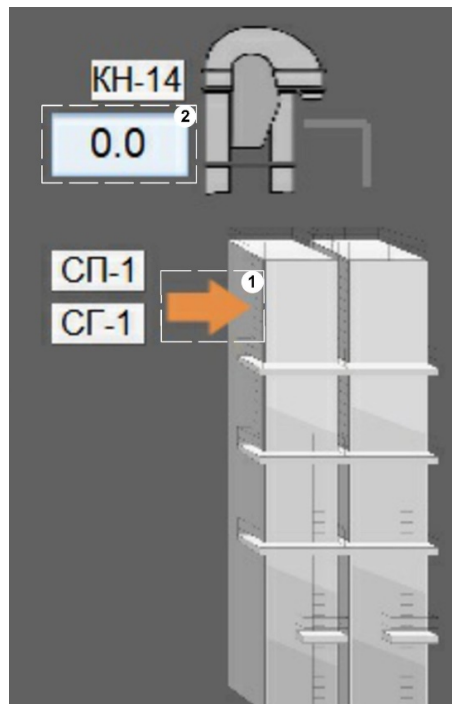


Рисунок 5.7. – “Допоміжні позначення”

5.3. SCADA та програмування ПЛК

SCADA - це система, що складається з різних апаратних і програмних засобів, які працюють разом для моніторингу та управління машинами в промисловому процесі. Диспетчерське управління відноситься до високого рівня загального управління декількома окремими ПЛК або декількома контурів керування[12].

Збір даних - це збір інформації та даних з процесу, які аналізуються в режимі реального часу. Збір даних в режимі реального часу допомагає зменшити накладні витрати, контролювати весь процес і підвищити ефективність.

SCADA-система допомагає збирати, аналізувати та візуалізувати дані з обладнання або машини, а також забезпечує засоби управління обладнанням або машиною з центрального місця, яке може бути локальним або віддаленим (тобто, поруч з машиною або далеко від неї).

SCADA зазвичай використовується для моніторингу та управління розподіленими машинами або пристроями. На рисунку 5.8, відображено схему простої SCADA системи, що показує обладнання, яке задіюється при обробці завдань під час використання SCADA.

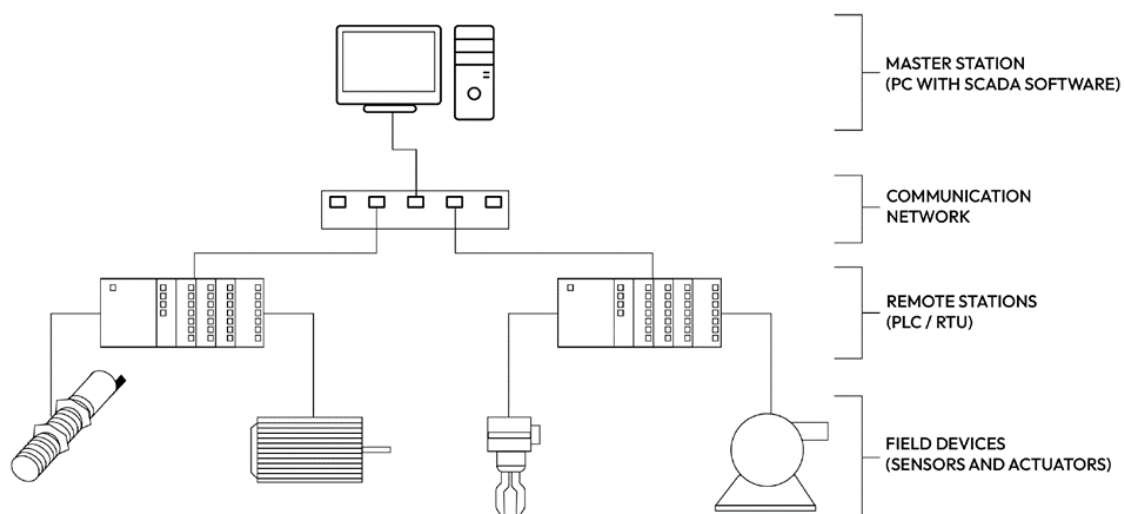


Рисунок 5.8 – Проста SCADA система, що показує обладнання.

Тобто, інформація проходить шлях починаючи з головної станції (Персонального комп'ютера з SCADA забезпеченням) через мережі зв'язку до віддалених станцій (PLK/RTU) до датчиків та виконавчих механізмів.

Також, в роботі ми займалися програмуванням програмованих логічних контролерів (ПЛК) так як це є невід'ємною частиною розробки автоматизованих систем управління. Цей процес включає кілька важливих етапів, які забезпечують надійність, точність та ефективність функціонування всієї системи. Алгоритм написання програми для ПЛК, який забезпечує управління механізмами на основі дискретних та аналогових сигналів, а також створення логічної послідовності для автоматизованого виконання операцій:

1. Копіювання інформації з дискретних аналогових каналів в структури, які описують механізм.

На першому етапі програма зчитує інформацію з дискретних та аналогових каналів, які відповідають за зчитування даних з датчиків та інших пристроїв. Ці дані копіюються в спеціальні структури, що описують стан та параметри кожного механізму. Використання структур даних дозволяє організувати інформацію та спростити її подальшу обробку

2. Якщо не виконалась ініціалізація енергозалежних параметрів структур, то продовжуємо цю операцію.

Наступний етап передбачає перевірку ініціалізації енергонезалежних параметрів структур. Якщо ініціалізація не виконана, програма продовжує виконувати цю операцію до її успішного завершення. Енергонезалежні параметри включають критичні налаштування та дані, які мають бути доступні навіть після вимкнення живлення.

3. Безпосередня обробка механізмів як незалежних одиниць з власним набором датчиків. Враховуються дані з енергонезалежних параметрів структур.

Кожен механізм розглядається як незалежна одиниця з власним набором датчиків та виконавчих елементів. Програма обробляє дані з датчиків та використовує енергонезалежні параметри для управління механізмом. Це дозволяє забезпечити автономну роботу кожного елементу системи.

4. Формування логічної послідовності механізмів у послідовний маршрут залежно від вибору оператора(вибір початкової, кінцевої та проміжної ланок).

Важливим етапом є формування логічної послідовності роботи механізмів у вигляді послідовного маршруту. Оператор вибирає початкову, кінцеву та проміжні ланки маршруту. Програма формує послідовність дій для кожного механізму, забезпечуючи їх узгоджену роботу.

5. Обробка маршрутів як заадних логічних послідовностей механізмів:

- Пускова сигналізація: Включення звукового сповіщення на 30 секунд перед початком роботи маршруту.

- Переведення проміжних засувки та клапанів: Налаштування проміжних засувки та клапанів у потрібне положення для забезпечення правильної роботи механізму.

- Послідовний запуск обладнання: Запуск обладнання у зворотному порядку з витримками часу між операціями для запобігання перевантаження системи.

- Контроль за нормальною роботою: Моніторинг роботи кожного механізму та забезпечення його нормального функціонування.

- Робота з дефектним обладнанням: В разі виявлення дефектів програма може зупинити систему повністю або спробувати відновити роботу, залежно від характеру несправності.

- Планова зупинка: Програма забезпечує планову зупинку системи після завершення роботи маршруту.

6. Підготовка інформації для виведення на екран оператора.

Програма готує дані для виведення на екран оператора, включаючи поточний стан механізмів, параметри роботи та інші важливі показники. Це дозволяє оператору контролювати роботу системи в реальному часі.

7. Обробка вищезазначеної інформації для подачі звукового сповіщення.

Обробка даних для подачі звукового сповіщення включає аналіз стану системи та генерацію сигналів попередження у разі виявлення несправностей або інших важливих подій.

8. Копіювання інформації з структур у вихідні дискретні канали PLC.

На завершальному етапі оброблені дані копіюються з внутрішніх структур у вихідні дискретні канали ПЛК для керування виконавчими механізмами. Це забезпечує виконання необхідних дій на фізичному рівні.

Таким чином, програма для ПЛК забезпечує комплексне управління механізмами, моніторинг їх стану та виконання логічних послідовностей дій, що дозволяє досягти високого рівня автоматизації та надійності системи.

Таким чином в результаті дотримання алгоритма, який було наведено вище, ми отримуємо програмний код частини якого продемонстровано далі.

На початку програмування ми оголошуємо глобальні змінні так як це змінні, які доступні з будь-якої частини програми. Їх можна оголосити на початку файлу або в окремому заголовному файлі, який потім включається в інші файли. В нашому випадку, глобальні змінні оголошувались так як продемонстровано на рисунку 5.9

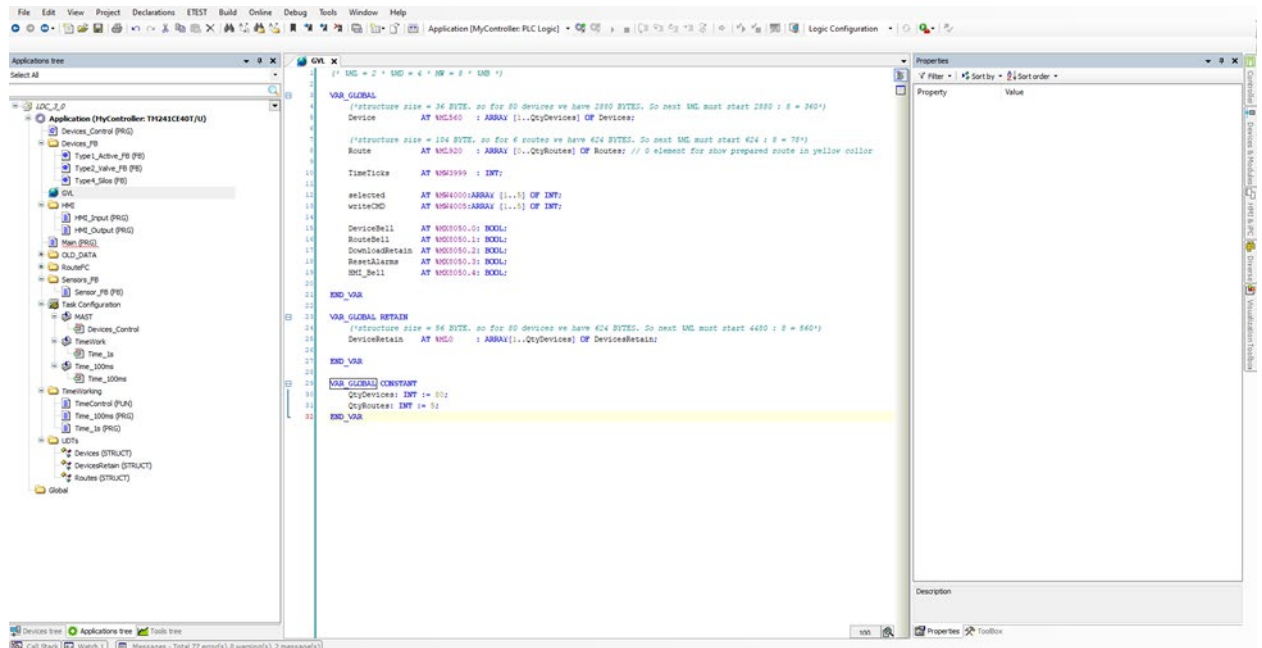


Рисунок 5.9 – Оголошення глобальних змінних

Переваги використання глобальних змінних:

Доступність: Глобальні змінні доступні з будь-якої частини програми, що може спростити доступ до даних.

Зручність використання: Використання глобальних змінних може економити час і код, оскільки не потрібно повторно оголошувати та ініціалізувати змінні в різних частинах програми.

Недоліки використання глобальних змінних:

Складність налагодження: Глобальні змінні можуть ускладнювати налагодження програми, оскільки їх значення може змінюватися в будь-якій частині коду.

Небезпека помилок: Використання глобальних змінних може призвести до помилок, якщо до однієї й тієї ж глобальної змінної звертаються з різних частин програми, потенційно змінюючи її значення несподіваним чином.

Слабка модульність: Глобальні змінні можуть послабити модульність програми, роблячи її більш складною для розуміння, обслуговування та повторного використання.

Проте в нашому випадку, глобальні змінні являються важливим інструментом для полегшення кодування в подальшому процесі.

На рисунку 5.10 зображено обробку одиничних механізмів на основі типового функціонального блоку. Давайте детальніше розглянемо, що ж таке функціональний блок і навіщо він нам.

Функціональний блок - це програмний модуль, що виконує конкретну функцію в системі автоматизації. Він обробляє вхідні дані та генерує вихідні сигнали відповідно до заданих алгоритмів, допомагаючи системі досягати своїх цілей ефективно та надійно.

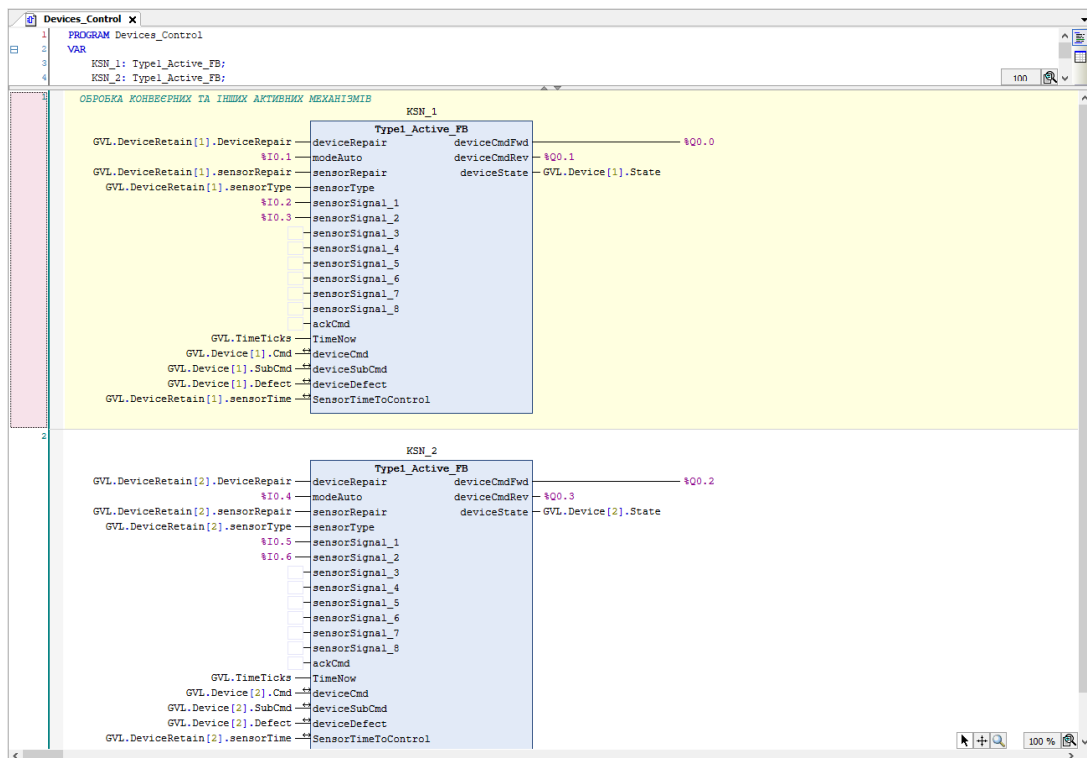


Рисунок 5.10. – Обробка одиничних механізмів на основі типового функціонального блоку.

Одиничний механізм - це окремий елемент або пристрій, який виконує певну функцію або операцію у складі більшої системи. Це може бути, наприклад, мотор, клапан, датчик або будь-який інший пристрій, що забезпечує певну робочу функцію. Одиничні механізми часто керуються

інтегрованими логічними контролерами або іншими автоматизованими системами для координації їх дій та досягнення загальних цілей.

З рисунок 5.11. зрозуміло процеси, які виконуються під час роботи механізмів. А саме, роботи датчиків, автоматичного скидання команд та обробки команд. Цей типовий функціональний блок дозволяє легко реалізувати обробку даних та управління одиничним механізмом за допомогою мови програмування LD.

На рисунок 5.11. продемонстровано типовий функціональний блок обробки одиничного механізму мовою LD

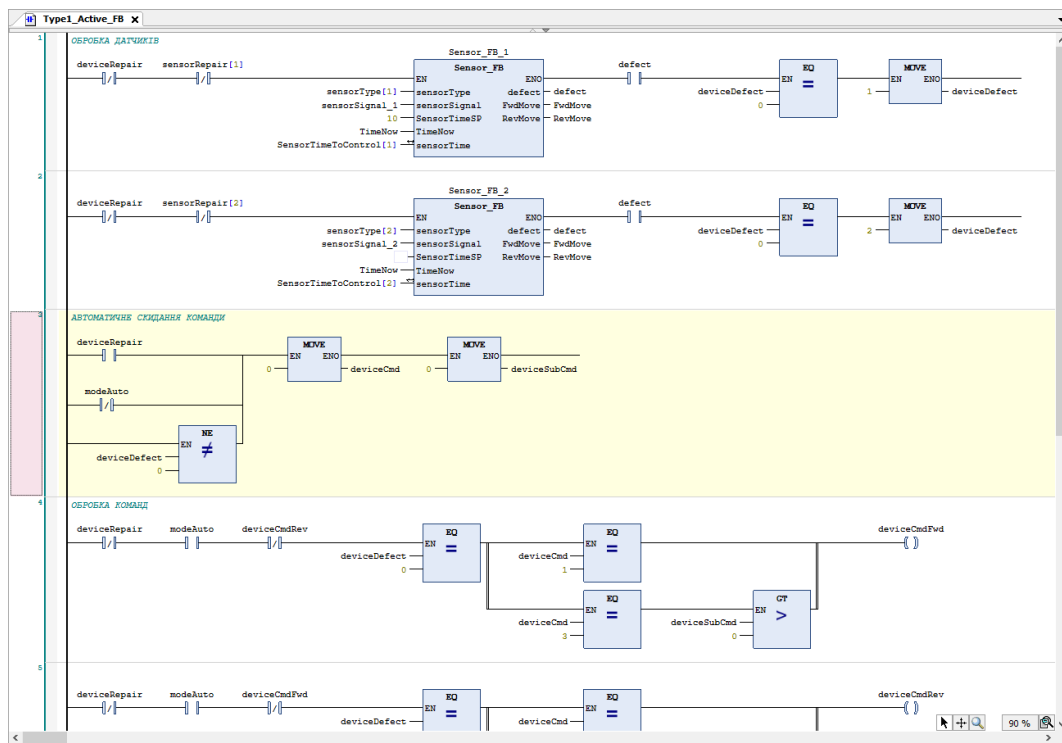


Рисунок 5.11. – Типовий функціональний блок обробки одиничного механізму мовою LD

Структура даних, яка продемонстрована на рисунку 5.12 дозволяє зберігати інформацію про стан одиничного механізму і обробляти його в програмі. Вона може бути використана для зберігання та обміну даними про механізм у системі автоматизації.

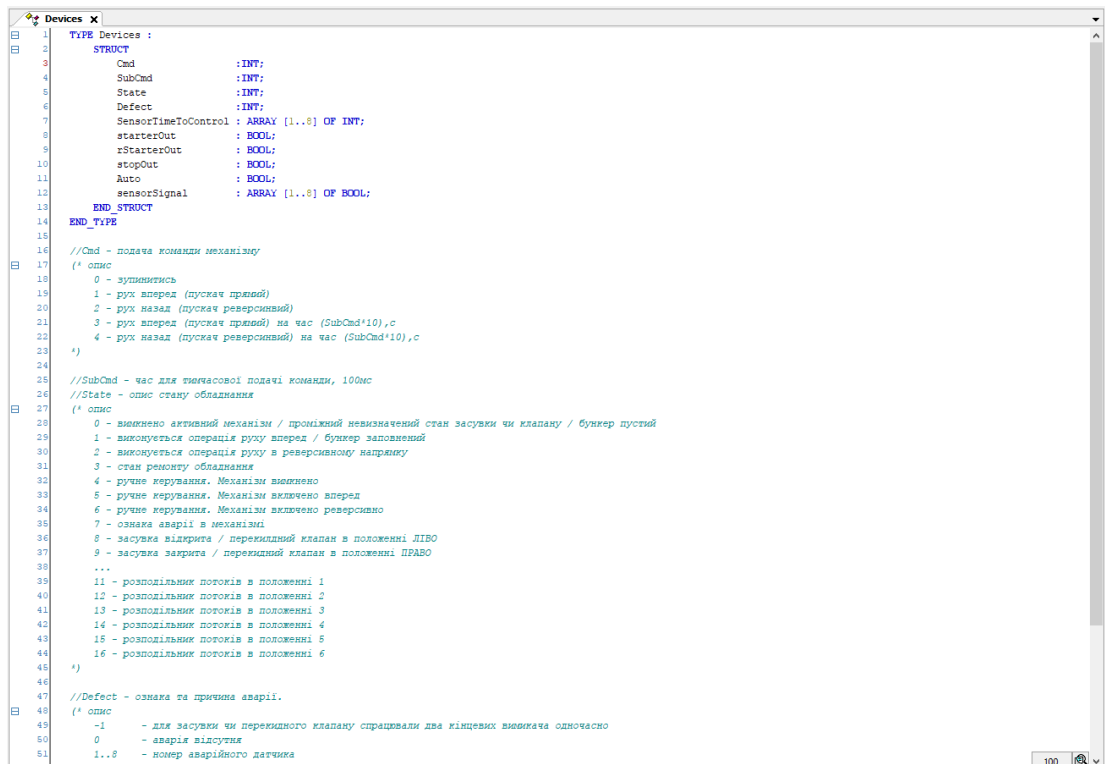


Рисунок 5.12. – Оголошення структури даних для опису одиничного механізму

Структура даних, яка продемонстрована на рисунку 5.12 дозволяє зберігати інформацію про стан одиничного механізму і обробляти його в програмі. Вона може бути використана для зберігання та обміну даними про механізм у системі автоматизації.

Висновок:

В цілому, розроблене програмне забезпечення відповідає вимогам технологічного процесу та забезпечує ефективне функціонування системи автоматизації.

6. ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської кваліфікаційної роботи розробляються заходи з охорони праці в процесі монтажу та обслуговування електрообладнання для сушки зерна в умовах ТОВ «Українська елеваторна компанія». Отже, на будівельно-монтажний персонал, що здійснює монтаж системи електропостачання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [13, 14]: фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил); фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи[15].

6.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації

6.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення силового обладнання підприємства та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним струмом є умовами з підвищеною небезпекою,

тому що підлога у приміщеннях, що реконструюються та будуються, є струмопровідною.

Для підготовки робочого місця до роботи, яка вимагає зняття напруги, слід вжити у вказаному порядку таких технічних заходів [16, 17]:

- здійснити необхідні відключення і вжити заходів, що перешкоджають помилковому або самочинному ввімкненню комутаційної апаратури;
- вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційною апаратурою;
- перевірити відсутність напруги на струмопровідних частинах, які слід заземлити для захисту людей від ураження електричним струмом;
- встановити заземлення (ввімкнути заземлювальні ножі, встановити переносні заземлення);
- обгородити, за необхідності, робочі місця або струмопровідні частини, що залишилися під напругою, і вивісити на огороженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов, струмопровідні частини обгородити до чи після їх заземлення.

Під час оперативного обслуговування електроустановки двома і більше працівниками в зміну перелічені в цьому пункті заходи мають виконувати два працівники. В разі одноособового обслуговування їх може виконувати одна особа, крім накладання переносних заземлень і здійснення перемикань, що проводяться на двох і більше приєднаннях в електроустановках напругою понад 1000 В, які не мають діючих пристроїв блокування роз'єднувачів від неправильних дій.

Замінювання ламп і чищення арматури світильників будь-якої конструкції, встановлених на опорах всіх типів або на кронштейнах, а також підвішених на тросах, в разі проведення роботи з телескопічної вишки з ізолювальною секцією допускається виконувати за розпорядженням без зняття напруги з проводів.

У світильниках, встановлених нижче фазних проводів, роботу допускається проводити з опори або з приставної драбини, виготовленої з ізоляційних матеріалів. Ця робота провадиться керівником робіт з одним або кількома членами бригади з групою II.

Заміна ламп та очищення арматури світильників будь-якої конструкції, встановлених на залізобетонних та металевих опорах і на кронштейнах, в разі проведення роботи з телескопічної вишки без ізолювальної секції або з опори, приставної драбини із ізоляційних матеріалів виконуються за нарядом зі зняттям напруги з усіх підвішених на опорі проводів і обов'язковим їх заземленням.

Підніматися до світильників під час виконання робіт, зазначених в цьому пункті, дозволяється тільки керівнику робіт або члену бригади з групою III.

Під час роботи на пускорегулювальній апаратурі ламп до відключення її від загальної схеми світильника необхідно заздалегідь від'єднати від мережі живлення.

6.1.2 Електробезпека

Згідно із ГОСТ 12.1.030, в якості захисту від ураження людей електричним струмом застосовується заземлення. Крім того безпека експлуатації при нормальному режимі роботи забезпечується застосуванням ізолювальних пристроїв, огороженням струмоведучих частин, використанням малих напруг. Особи, що обслуговують електроустановки повинні користуватися ЗІЗ – спецвзуття, рукавиці. Засоби захисту необхідно періодично випробувати, їх потрібно захищати від механічних пошкоджень, впливу факторів, що погіршують їх діелектричні властивості.

В установках напругою до 1 кВ огороження роблять суцільними. Безпечні відстані між огороженнями і не ізольованими струмоведучими частинами регламентується ПУЕ і в установках до 1 кВ із суцільними огороженнями – 5 см. Висота розміщення не огорожених струмоведучих

частин залежить від значення напруги і рівня підготовки людей, що працюють з електроустаткуванням. Струмоведучі частини напругою до 1 кВ у місцях, де працюють люди, висота розміщення повинна бути не менше 3,5 м. Постійний контроль за ізоляцією, тому що протягом часу відбувається старіння ізоляції, що може привести до пробігу і створити небезпеку при дотику людини до ізольованих проводів.

Забороняється для освітлення робіт під час розбирання, демонтажу користуватися електричною мережею будівлі, що розбирається. Для освітлення цих робіт повинна бути влаштована спеціальна тимчасова електромережа і встановлені освітлювальні прилади.

6.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

6.2.1 Мікроклімат виробничого приміщення

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99.

Мікроклімат приміщення характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання [18]. Електромонтажні роботи відносяться до категорії Пб по важкості праці. Енерговитрати за цією категорією становлять – до 140-174Вт. Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Допустимі норми параметрів повітря

Період року	Категорія робіт	Температура, °С Допустима		Відносна вологість Допустима	Швидкість руху, Х Допустима
		Верхня межа	Нижня межа		
Холодний	Пб	20-24	17-25	75	не більше 0,2
Теплий		21-28	19-30	55 при 27 °С	0,1-0,3

6.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [18].

Під час здійснення будівельно-монтажних робіт виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні в приміщення може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при оздоблювальних технологічних процесах в будівництві, що знаходяться в повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно наведено в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери, в робочій зоні для обслуговуючого персоналу

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально	Середньо	
Пил	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони проектом передбачені наступні рішення [19]:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановленні безпосередньо на дільницях біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;
- необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану.

6.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [20] розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в таблиці 4.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Таблиця 6.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

6.2.4 Виробничий шум

Джерелом шуму є обладнання, машини, механізми та верстати – механічний шум. Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Під час виконання будівельно-монтажних робіт виникає виробничий шум з такими характеристиками: за характером спектру – широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням – механічний і гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами СН 32.23 [21] і наведені в таблиці 6.4.

Для зменшення рівня шуму до допустимого двигуни будівельних машин і механізмів виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

Таблиця 6.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звукового тиску, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

6.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сидниці).

Допустимі рівні загальної вібрації на постійних місцях у виробничих приміщеннях наведені в таблиці 6.5.

Таблиця 6.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

[illegible]

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с 10-2, знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

6.3. Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [23, 24]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [25], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [26].

Приміщення елеватора ТОВ «Українська елеваторна компанія» за вибухонебезпечною та пожежонебезпечною відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В, з зонами П-III (місця, де зберігаються тверді горючі речовини). Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується III ступенем вогнестійкості.

До III ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи

горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [27] наведено в таблиці 6.6.

Таблиця 6.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площад-ки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між по-верхові (у т.ч. горищні та над підва-лами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				пли-ти, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [33] наведено в таблиці 6.7.

Таблиця 6.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	3	REI 45	2	1

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 6.8 (знаменник).

Таблиця 4.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків і споруд

Ступінь вогнестійкості будинка	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IV, V
III	8/9	8/12	10/15

На території підприємства встановлено 38 вогнегасників ВП-5 та ВВП-5 [28].

ВИСНОВКИ

У ході виконання бакалаврської дипломної роботи на тему «Автоматизація технологічного процесу сушки зерна в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Українська елеваторна компанія»» були запропоновані рішення щодо:

1. Виконаний аналіз існуючих систем автоматизації в галузі сушіння зерна дозволив визначити різноманітність та особливості таких систем. Було виявлено, що багато сучасних систем використовують різні методи та технології для оптимізації процесу сушіння зерна, але в той же час існують прогалини, які можна вдосконалити.

2. Вивчення основних вимог та задач автоматизації на ТОВ "Українська елеваторна компанія" дозволило визначити конкретні вимоги до системи автоматизації технологічного процесу сушіння зерна. Це включає в себе необхідність надійного контролю, ефективного управління та можливість швидкого реагування на зміни у виробничому процесі.

3. Після аналізу потреб та вимог компанії було зроблено вибір обладнання, яке найбільше відповідає вимогам технологічного процесу сушіння зерна. Це обладнання має високу надійність, широкі можливості управління та забезпечує ефективну роботу в умовах підприємства.

4. Виконане техніко-економічне обґрунтування вибору системи автоматизації технологічного процесу сушіння зерна дозволило показати ефективність впровадження такої системи з точки зору витрат та отримання очікуваних результатів у плані підвищення продуктивності.

5. У результаті розробки схеми автоматизації було створено ефективну систему, яка відповідає всім вимогам та завданням компанії. Опис цієї схеми дозволяє зрозуміти принципи її функціонування та забезпечити її належне управління.

6. В результаті розробки програмного забезпечення для системи автоматизації технологічного процесу сушіння зерна було створено ефективну систему керування, яка забезпечує точне та надійне виконання всіх необхідних операцій у виробничому процесі.

В результаті виконання бакалаврської роботи було успішно розроблено та впроваджено систему автоматизації технологічного процесу сушіння зерна, що відповідає вимогам сучасної виробничої практики та сприяє підвищенню ефективності та конкурентоспроможності підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СУШКИ ЗЕРНА В УМОВАХ ТОВ «УКРАЇНСЬКА ЕЛЕВАТОРНА КОМПАНІЯ»/ З.О. Тимків, О.А. Паянок – Матеріали Всеукраїнська науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2024), Вінниця, 2024 [Електронний ресурс]. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feem/all-feem-2024/paper/view/21022/17439> – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 3 с.
2. Сушіння зерна [Електронний ресурс] URL: <https://buklib.net/books/22982/>
3. Галюлько В.В Автоматизація процесу нагріву зерна у зерносушарці: Бакалаврська кваліфікаційна робота – Дніпро, НТУ«ДП», 2022 – 77с.
3. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР [Електронний ресурс] URL: http://vtei.com.ua/doc/21_04_2021/126.pdf с. 74
4. Сенсор (сигналізатор) граничного рівня сипучих матеріалів ротаційного рівня : ДР-15 [Електронний ресурс] URL: https://temix.com.ua/uk/product/rotacionnyj_datchik_signalizator_predelnogo_urovnja_sypuchih_materialov_dr15/?gclid=EAIaIQobChMIq6ONn46vggMVtVCRBR0Gsg3aEAAAYASAAEgKs5fD_BwE
5. . Давачі: Навч. посіб. / М. В. Бурштинський ; М.В. Хай, Харчишин Б.М. – 2-ге вид. доповн — Нац. ун-т «Львівська політехніка». — Л. : Вид-во Львів. політехніки, 2014. — 201 с.
6. Технічна документація cMT-FHDX [Електронний ресурс] URL: https://dl.weintek.com/public/Document/UM0/UM021004E_cMTFHDX_UserManual_eng.pdf

7. Міжнародний стандарт IEC 61131-3 [Електронний ресурс] URL: https://moodle.znu.edu.ua/pluginfile.php?file=/676150/mod_resource/content/1/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86_1_1.pdf.
8. Програмування ПЛК у Softlogic-системі kw multiprog : Навч. посіб. Ніколаєнко А. М. —Запоріжжя ЗДІА , 2008. — 202 с.
9. Мова релейно-контактної логіки або Ladder diagram [Електроннийресурс] URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/Ladder_diagram
10. Функціональні блокові діаграми або FBD [Електроннийресурс] URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/FBD>
- 11 . Послідовні функціональні схєми (діагрáми) або Sequential function chart (SFC) [Електроннийресурс][URL:https://uk.wikipedia.org/wiki/Sequential_function_chart](https://uk.wikipedia.org/wiki/Sequential_function_chart)
12. Industrial Automation from Scratch OLUSHOLA AKANDE Birmingham May 2023, pp. 249 – 353.
13. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
14. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.
15. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48644.
16. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

17. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

18. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

19. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

20. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

21. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

22. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

23. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.

24. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ua/dnl/15125>.

25. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.

26. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

27. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

28. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ

зав.кафедри КЕМСК

К.Т.Н., доц.

Микола МОШНОРІЗ

«02» 04 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу

**АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СУШКИ ЗЕРНА В
УМОВАХ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«УКРАЇНСЬКА ЕЛЕВАТОРНА КОМПАНІЯ»**

08-24.БДР.015.00.000 ТЗ

Керівник роботи

К.Т.Н., доц.

Олександр ПАЯНОК

«02» 04 2024 р.

Виконала: ст. гр. 1ЕМ-206

Зоряна ТИМКІВ

«02» 04 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки «Автоматизація технологічного процесу сушки зерна в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Українська елеваторна компанія».

Скорочене найменування розробки – «Автоматизація технологічного процесу сушки зерна в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Українська елеваторна компанія»».

Замовник – Товариство з обмеженою відповідальністю «Українська елеваторна компанія»

2 Підстави для розробки

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем бакалаврських дипломних робіт.

3 Призначення розробки і галузь використання

Дана система автоматизації використовується в агропромислових комплексах для сушіння зерна, що в свою чергу підвищує якість зерна та конкурентоспроможність українських аграрних компанії як в Україні так і в світі.

4 Вимоги до розробки

Основними вимогами до проєкту є забезпечення наступних вимог:

Система автоматизації сушки зерна в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Українська елеваторна компанія» повинна включати точні сенсори та промислові контролери для автоматичного регулювання температури і вологості. Інтерфейс має бути зручним, з можливістю дистанційного керування. Основні функції: моніторинг у реальному часі, діагностика несправностей, дотримання промислових стандартів безпеки. Дані повинні зберігатися для подальшого аналізу.

5 Технічні характеристики

Таблиця 2.2 – Технічні характеристики модуля сMT-FHDX-820

Пам'ять	Флеш-пам'ять	4 Гб
	Оперативна пам'ять	1 Гб
Процесор	Quad-core 32-bit RISC 1.6GHz	
	SD Card Slot	N/A
	USB Host	USB 2.0 x 1
	USB Client	N/A
	Ethernet	LAN 1: 10/100/1000 Base-T x 1 LAN 2: 10/100 Base-T x 1
	COM Port	COM1: RS-232 COM2: RS-485 2W/4W COM3: RS-485 2W
	RS-485 Dual Isolation	N/A
	CAN Bus	N/A
	HDMI Output	Customizable (max. resolution 1920 x 1080)
	Recommended Resolutions	720x480, 720x576, 800x600, 1024x768, 1280x720, 1366x768, 1920x1080
	Audio Output	HDMI Audio Output
	Video Input	N/A
Потужність	Input Power	24±20%VDC
	Power Isolation	Built-in
	Power Consumption	850mA@24VDC
	Voltage Resistance	500VAC (1 min.)
	Isolation Resistance	Exceed 50MΩ at 500VDC
	Vibration Endurance	10 to 25Hz (X, Y, Z direction 2G 30 minutes)
Software	EasyBuilder Pro V6.04.02 or later versions EasyAccess 2.0 (Optional) CODESYS® (Optional)*	

6 Комплектація розробки

При виборі системи автоматизації порівнюючи техніко-економічні характеристики ми надали перевагу модулю Модуля сMT-FHDX-820 . Також на його базі відбувалось програмування комбінованим типом мов, такі як

LD та ST. Описувались функціональні блоки,

Функціональний блок - це програмний модуль, що виконує конкретну функцію в системі автоматизації. Він обробляє вхідні дані та генерує вихідні сигнали відповідно до заданих алгоритмів, допомагаючи системі досягати своїх цілей ефективно та надійно.

7 Джерела розробки

1. Automation of Agricultural Processes". Автор: G. O. Adeoye. Видавництво: Springer International Publishing. Рік: 2020

2. "Modern control systems for grain drying". Автори: A. G. Panov, N. V. Rodionova. Журнал: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. Рік: 2021.

3. Industrial Automation from Scratch OLUSHOLA AKANDE Birmingham May 2023, pp. 249 – 353.

8 Етапи виконання

Основна частина	
Графічна частина	

9 Конструктивне виконання

Складові установки виготовляються окремими блоками, котрі реалізуються у відповідності до вимог електробезпеки.

10 Технічне обслуговування та ремонт

До оперативного обслуговування електроустановками допускаються працівники, які знають їхні схеми, інструкції з експлуатації, особливості конструкції та роботи обладнання і пройшли навчання та перевірку знань.

11 Умови експлуатації

Система автоматизації має забезпечувати ефективну роботу при широкому діапазоні температур та вологості, надійність, енергоефективність, безпека під час сушіння зерна, можливість дистанційного керування і моніторингу процесу.

12 Порядок контролю та прийняття

Виконання етапів графічної та розрахункової документації бакалаврської кваліфікаційної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи. Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком захисту.

Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СУШКИ ЗЕРНА В
УМОВАХ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ
«УКРАЇНСЬКА ЕЛЕВАТОРНА КОМПАНІЯ»

Об'єкт, предмет, мета та задачі дослідження

Об'єктом дослідження є технологічний процес сушки зерна на елеваторах ТОВ «Українська елеваторна компанія»

Предметом дослідження є система автоматизованого керування технологічним процесом сушки зерна.

Метою бакалаврської дипломної роботи є розробка функціональної схеми автоматизації технологічного процесу сушки зерна з інтеграцією в її систему керування додаткового контуру регулювання температури у сушарці та контролю вологості агенту, що має беззаперечне значення для підвищення надійності та гнучкості налагодження системи автоматизації, а також забезпечення необхідної точності регулювання технологічних параметрів

В процесі виконання мети дослідження необхідно вирішити такі задачі:

- привести коротку характеристику та аналіз сушарок, методів сушіння зерна;
- виконати техніко-економічне обґрунтування вибору системи автоматизації технологічного процесу сушіння зерна та обрати найбільш оптимальний варіант технічного обладнання та програмування;
- вибір та розрахунок засобів автоматизації технологічного процесу сушки зерна;
- вибір та побудову електричної принципової та функціональної схем системи автоматизації технологічного процесу сушки зерна;
- розробка та програмування алгоритмів функціонування системи автоматизації із використанням принципів побудови SCADA.

Аналіз існуючих типів сушарок та систем їх автоматизації

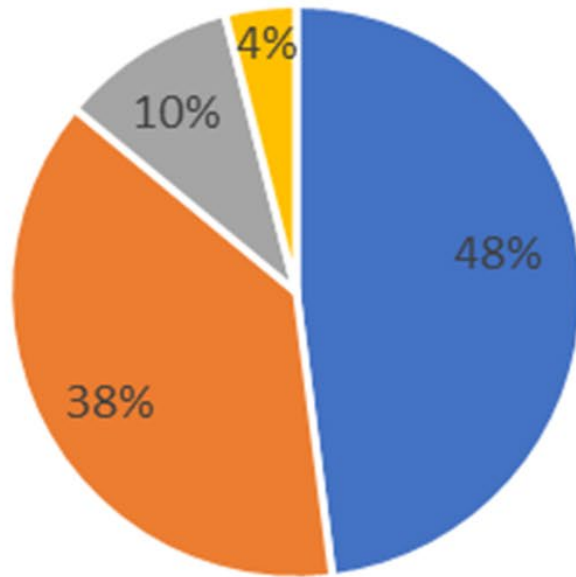


Рисунок 1.1 – Діаграма використання зерносушарок в Україні

- шахтні зерносушарки українського виробництва
- шахтні зерносушарки закордонного виробництва
- вітчизняного і закордонного
- інші види сушарок

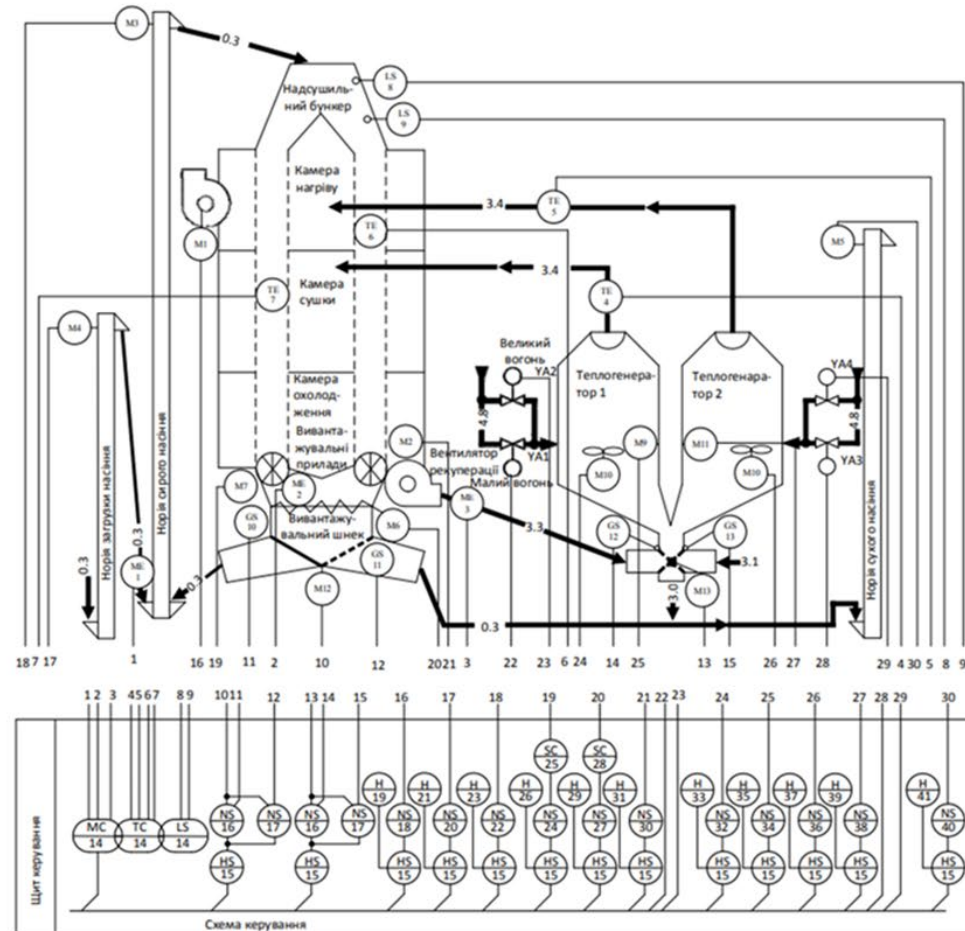


Рисунок 1.3. – Існуюча функціональна схема автоматизації сушарки СЗК-8.

Аналіз існуючих систем автоматизації

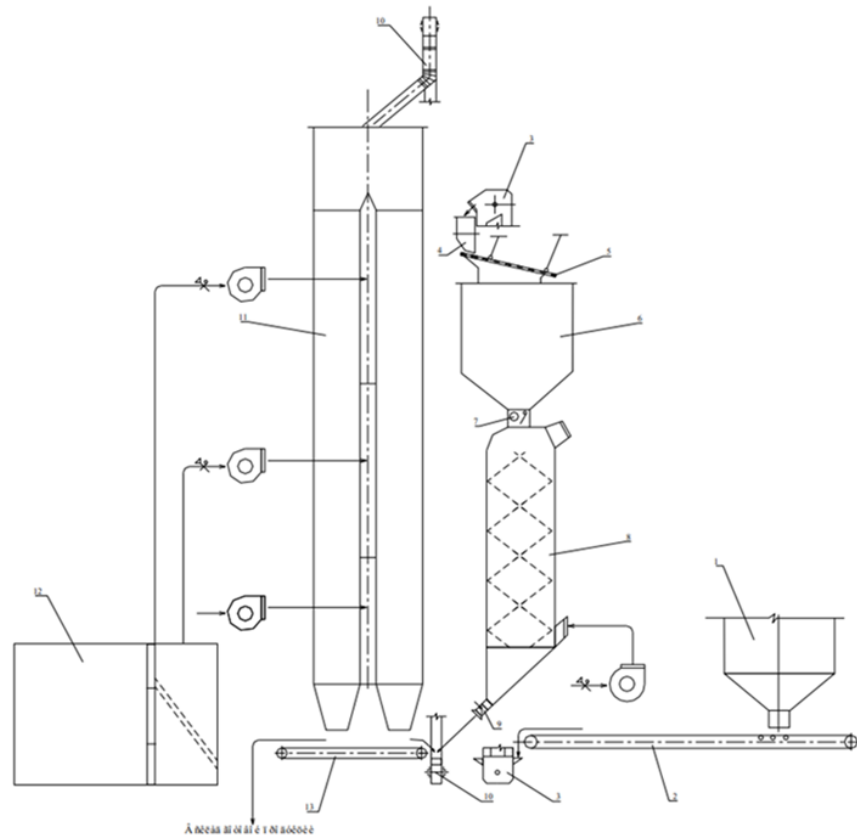
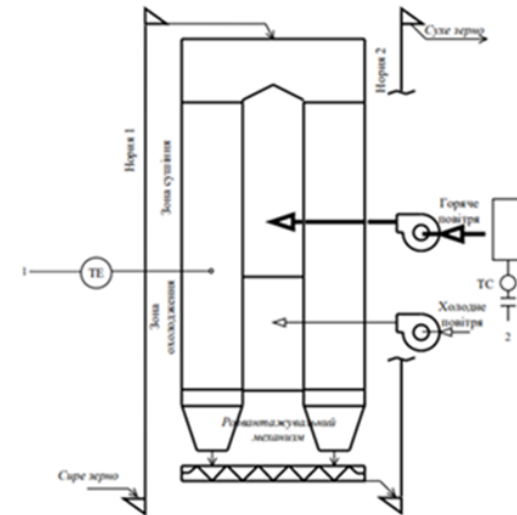


Рисунок 1.2 – Технологічна схема поточно-транспортної лінії підприємства зберігання та переробки зерна



Пристрій за місцем	1	2
Щит шари керування	TE	TC
Шари керування	[Контрольний блок]	
Центральний пулт	[Контрольний блок]	

Рисунок 1.4. – Існуюча функціональна схема автоматизації сушарки ДСП- 31.

Опис технологічного процесу та обладнання

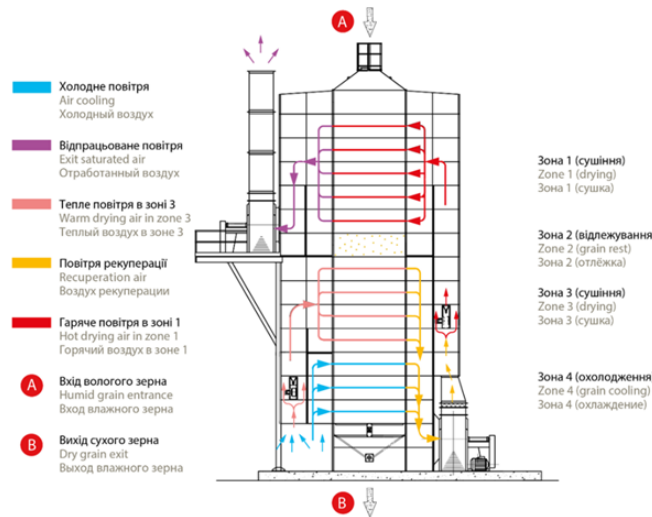


Рисунок 2.1. – Теплова схема потокової шахтної зерносушарки без системи рекуперації тепала

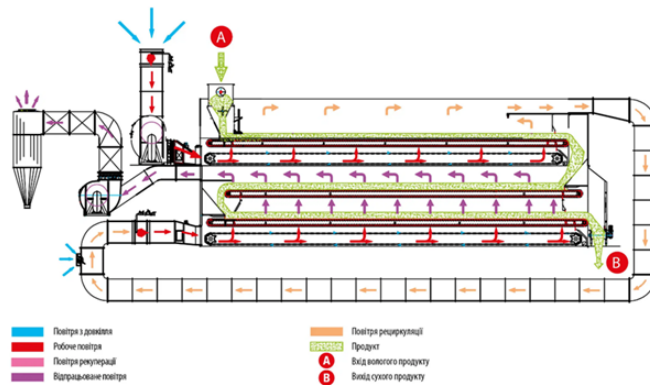


Рисунок 2.3. – Теплова схема стрічкової сушарки

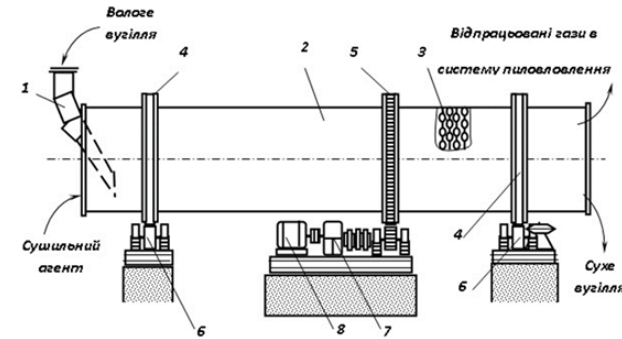


Рисунок 2.2. – Схема барабанної сушарки

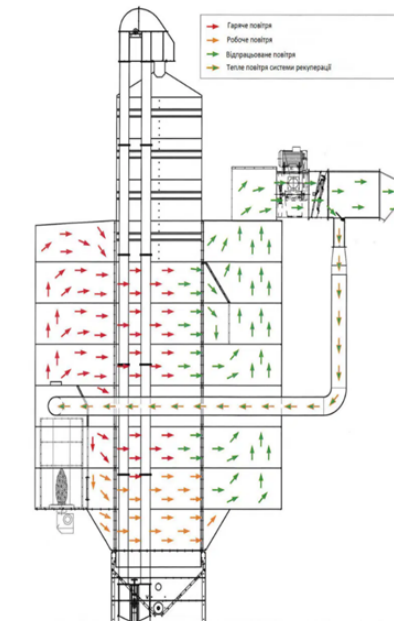


Рисунок 2.4. – Теплова схема рециркуляційної сушарки

ЗАГАЛЬНА СТРУКТУРНА СХЕМА ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

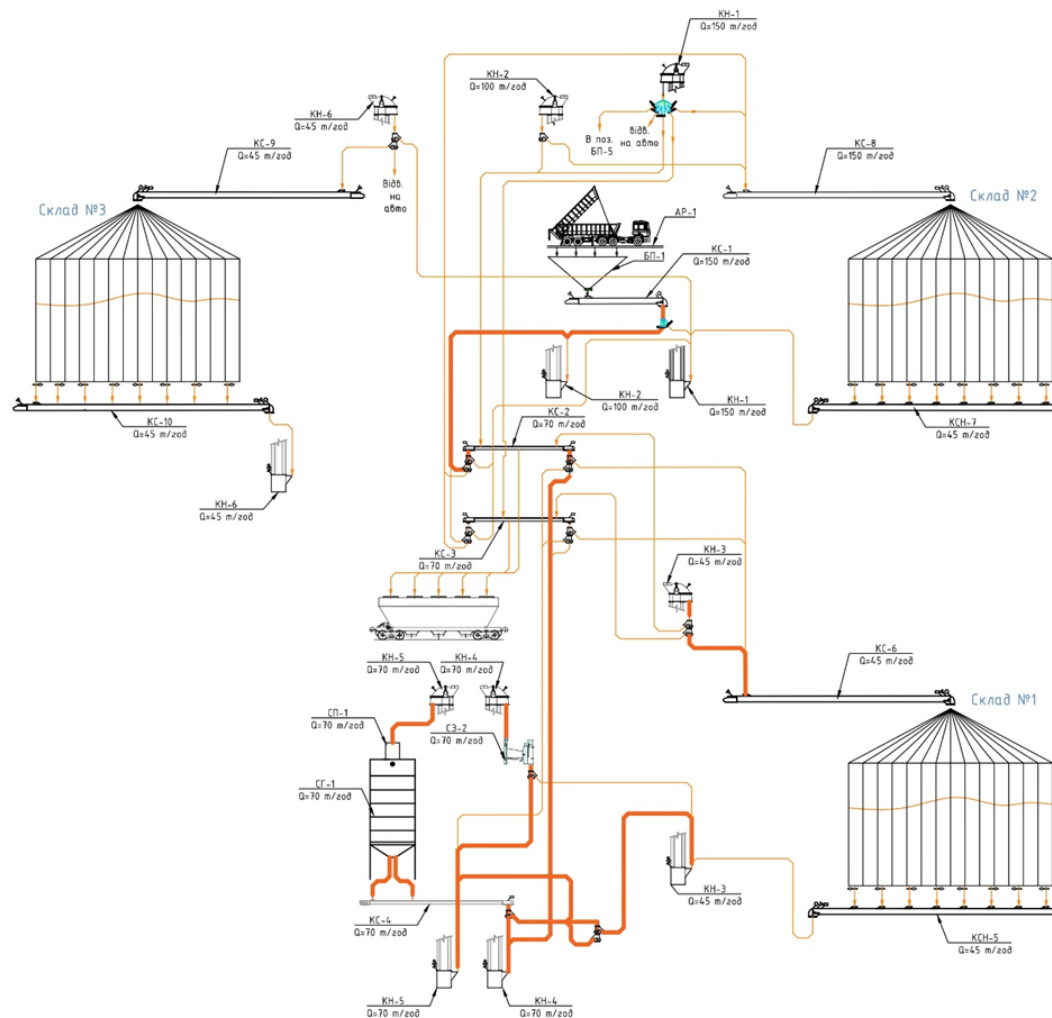


Рисунок 4.2. – Структурна схема технологічного процесу

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Таблиця 3.5 – Специфікація

№	Назва	Од.	К-ть	Ціна, грн	Вартість, грн
1	Короб перфорований 40x80 Klemson KKN	м	8	183,26	1 466,08
2	DIN-рейка 1 м 35x7,5 (0,8 мм) Takei	м	8	50,01	400,08
3	Блок живлення 24В/20Вт/DIN рейка (MDR-20-24) MeanWell	шт	1	550,00	550,00
4	Блок живлення 24В/120Вт/DIN рейка (EDR-120-24) MeanWell	шт	2	1 250,00	2 500,00
5	Нульова шина в корпусі 2x15 ETI	шт	2	328,00	656,00
6	Модуль сMT-FHDX-820	шт	1	21 447,60	21 447,60
7	Колодка MERB-T (для MER2) ETI	шт	140	124,00	17 360,00
8	Кільце EALP Emergency/Stop (d=22/60мм)ETI	шт	2	24,00	48,00
9	Блок контакт 1NO ETI	шт	50	52,00	2 600,00
10	Блок контакт 1NC ETI	шт	2	52,00	104,00
11	XB2 тримач маркувальної бірки для кнопок АскоУкрем	шт	27	6,70	180,90
12	TWDFCW30K кабель для дискретних ВХ/ВНХ	шт	9	925,85	8 332,65
13	TM3DQ16R Дискретний модуль розширення TM3- 16 виходів реле	шт	3	7 072,50	21 217,50
14	TM3DI32K модуль TM3 32BX 24 В HE10 Schneider	шт	3	9 001,55	27 004,65
15	TM241CE40T ПЛК M241 40 ВХ/ВНХ 2RS485 Schneider Electric	шт	1	23 199,85	23 199,85
16	MER2- 024 DC 2р ETI	шт	50	76,00	3 800,00
17	MER2 - 230 2р AC ETI	шт	90	152,00	13 680,00
18	MER-CLIP-PL фіксуюча скоба/виштовхувач ETI	шт	140	12,00	1 680,00
19	EW-35 фіксатор на DIN Takei	шт	40	5,19	207,60
20	ERM2- 024DCL 2р 24VDC ETI	шт	50	284,00	14 200,00
21	ERC-230ACDCL додатковий модуль індикації ETI	шт	90	100,00	9 000,00
22	ER-TERMINAL шина з'єднувальна (для A1/A2) ETI	шт	30	48,00	1 440,00

Продовження таблиці 3.5 – Специфікація

23	EGS3-NN-C Перемикач поворотний чорний 1-0-2 ETI	шт	25	148,00	3 700,00
24	EGM-T-R Кнопка-модуль грибок (червона) ETI	шт	2	148,00	296,00
25	ECLI-240A-G 240V AC (зелена)	шт	2	132,00	264,00
26	CH5x20 F 630mA 250V міні запобіжник ETI	шт	30	4,40	132,00
27	AVK- 2.5 клемна набірна Klemson	шт	250	13,09	3 272,50
28	ASK 2S клемна - утримувач запобіжника DIN Klemson	шт	30	78,32	2 349,60
29	ASK 2S заглушка для клеми Klemson	шт	30	11,50	345,00
30	6/1/C ETIMAT 6	шт	3	164,00	492,00
31	ПВ-3 0,5 провід	м	400	3,75	1 500,00
32	МКС 1664 1600x600x400 IP54 (без М.П.)	шт	1	8 380,35	8 380,35
33	МПС 166 панель монтажна	шт	1	2 372,36	2 372,36
34	П-264 200x600x400 для МКС	шт	1	718,20	718,20
35	Метизи (Комплект монтажний)	компл	2	2 900,00	5 800,00

Таблиця 3.1 – Порівняння вартості SCADA систем

Назва	Вартість
VTSCADA	5000 євро ~ 213 750 грн
Plant SCADA	9535 доларів ~ 376 632,5 грн
WEBICC SCADA	9000 лей ~ 77 306,3 грн

Таблиця 3.4 – Порівняльна характеристика модулів TM3DI32K Schneider Electric та SM 321 SIEMENS

Тип та марка модуля	TM3DI32K модуль TM3 32BX 24 В HE10 Schneider	SM 321 SIEMENS
Кількість Дискретних Входів	32	32
Роз'єм	Гвинтові клеми або роз'єми аналогічного типу	TM3DI32K використовує HE10 роз'єм, SM 321 може використовувати гвинтові клеми або аналогічні роз'єми.
Сертифікації	RoHS, REACH	CE, UL, FM
Вартість, грн	9001,55	19689

Вибір та розрахунок засобів автоматизації



Рисунок 2.5 – Сенсор (сигналізатор) граничного рівня сипучих матеріалів ротацийного рівня: ДР-15



Рисунок 2.6 – Експрес-аналізатор вологості «КДК-МОНО ПЛЮС»



Рисунок 2.7 – Програмований логічний контролер M241 40 ВХ/ВИХ ТРАНЗ 2RS485 1ETH



Рисунок 2.8 – Модуль cMT-FHDX-820

РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

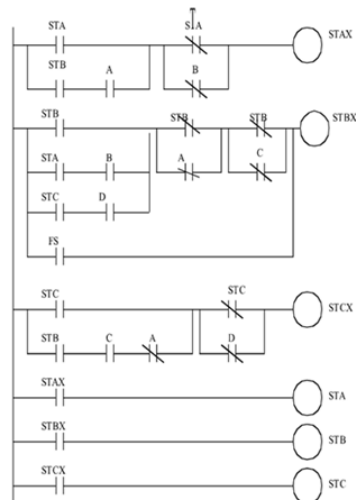


Рисунок 5.1. – Вигляд мови релейних схем

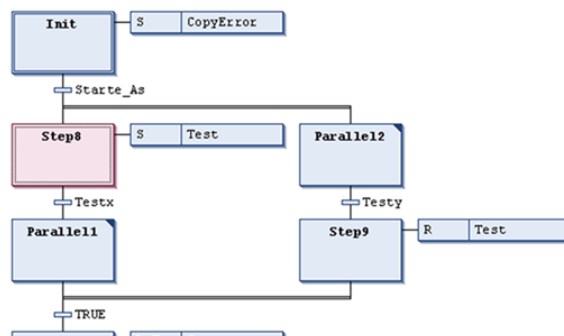


Рисунок 5.3. – Вигляд мови послідовних функціональних схем (діаграми) або Sequential function chart (SFC)

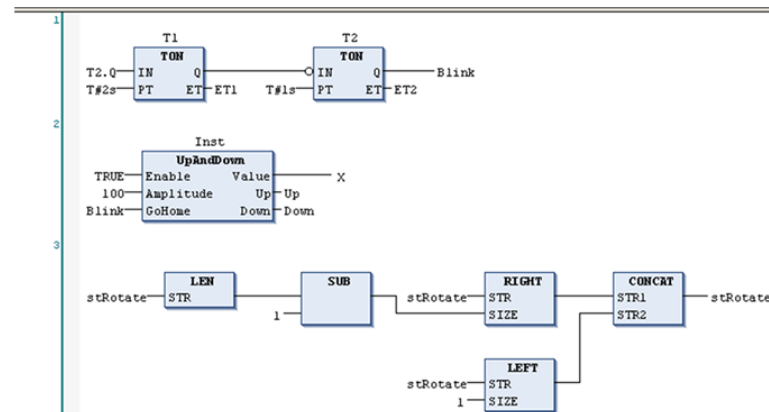


Рисунок 5.2. – Вигляд мови функціональних блоків діаграм або FBD

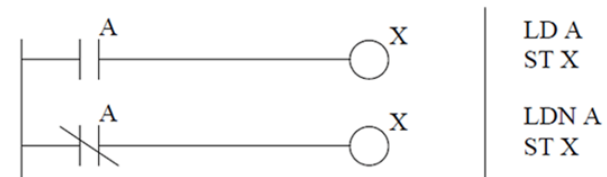


Рисунок 5.4. – Вигляд мови IL (Instruction List) або списку інструкцій

РОЗРОБКА АЛГОРИТМІВ SCADA СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

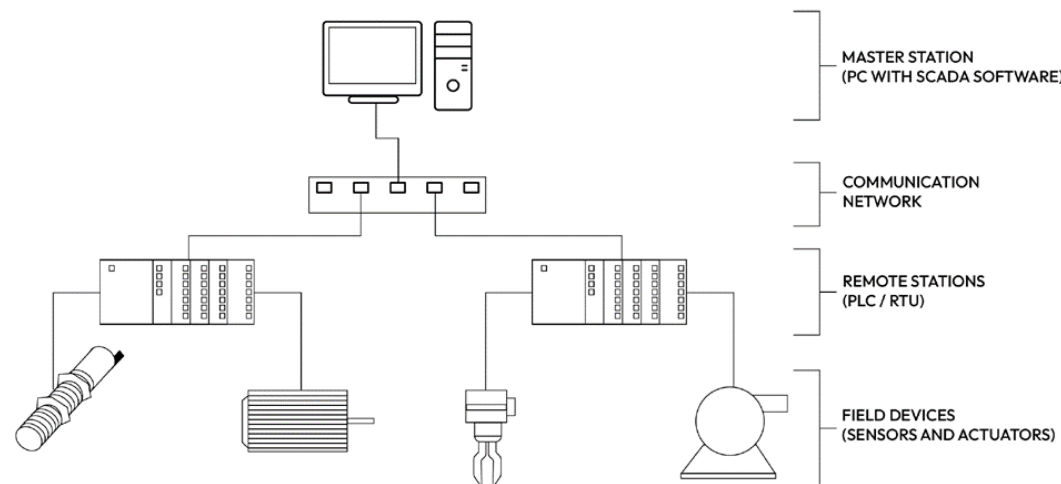


Рисунок 5.8 – Проста SCADA система, що показує обладнання

Таблиця 5.1. Кольорове позначення на мнемосхемі

Колір	Норії, конвеєри, сепаратор	Засувки	Перекидні клапани
Сірий	Вимкнено	Нейтральний проміжний стан	
Зелений	Ввімкнено, робота	Повністю відкрита	Напря́м, куди буде переміщуватись зерно
Чорний	-	Повністю закрита	Напря́м, куди не буде переміщуватись зерно
Жовтий	Відсутній сигнал про “Дистанційний” режим керування	-	
Червоний	Аварійний стан		
Синій	Стан ремонту обладнання		

МНЕМОСХЕМА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

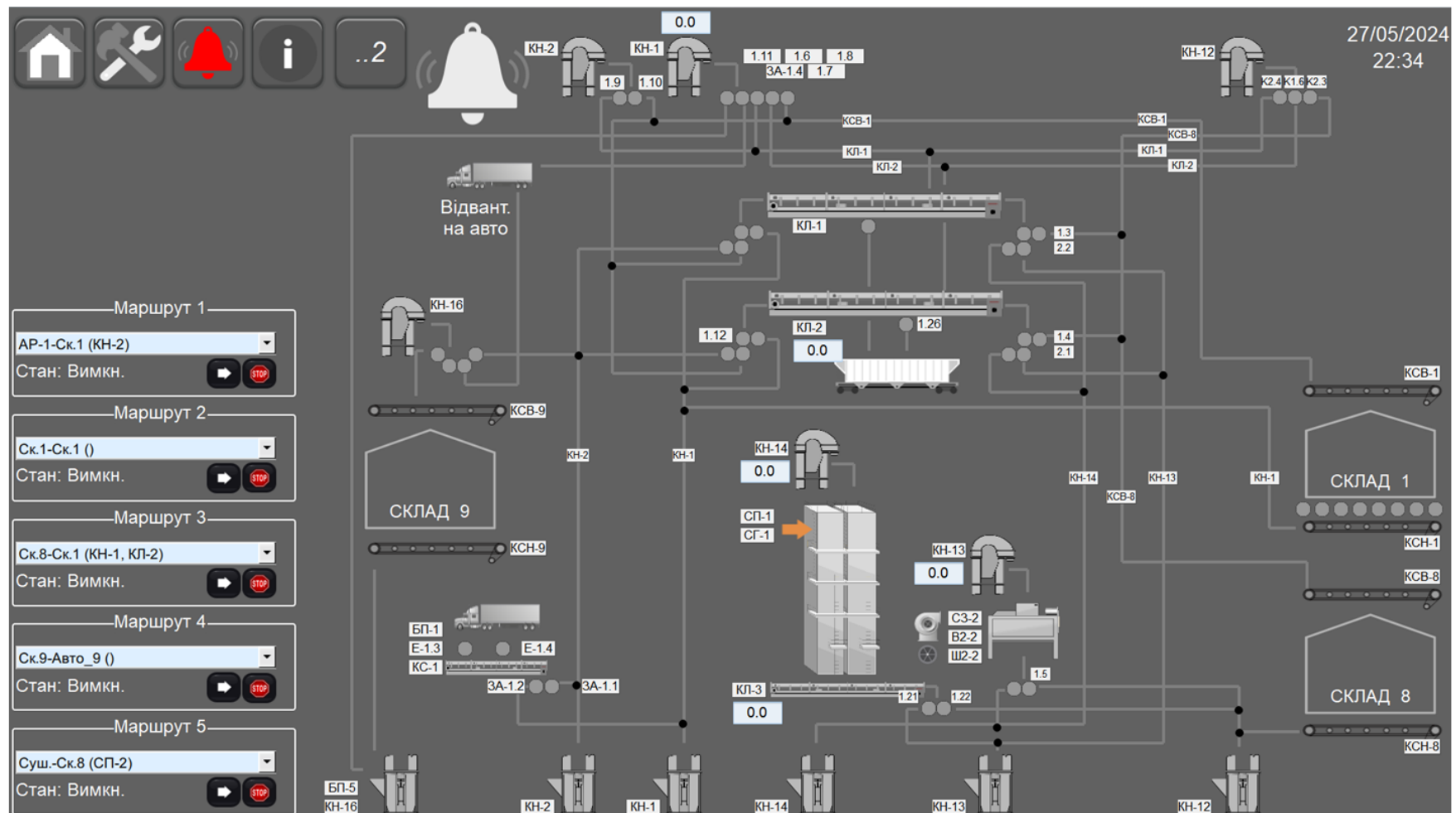


Рисунок 5.6. – Мнемосхема системи автоматизації процесу сушки зерна

ОБРОБКА ОДИНИЧНИХ МЕХАНІЗМІВ

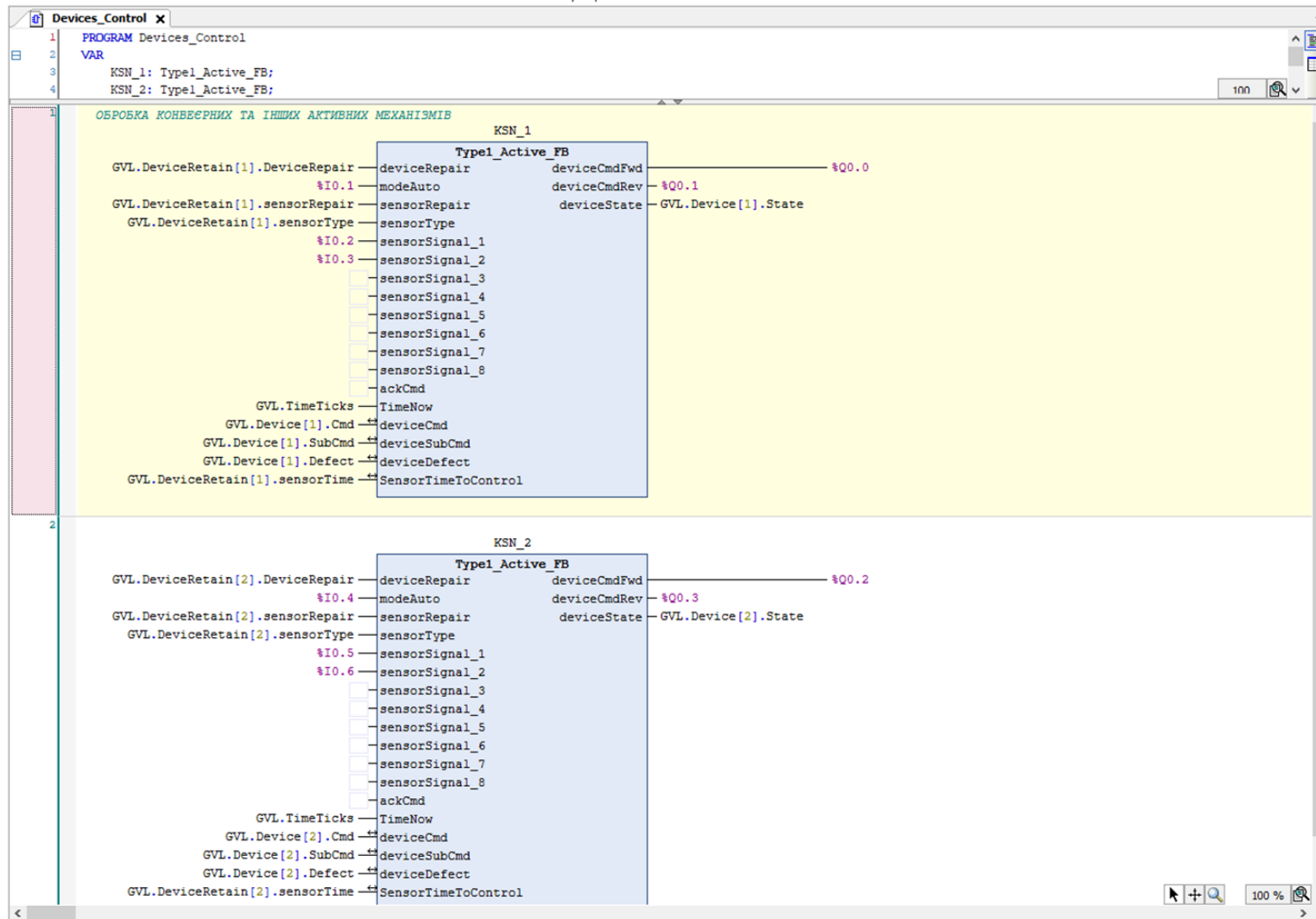


Рисунок 5.10 – Обробка одиничних механізмів на основі типового функціонального блоку

ТИПОВИЙ ФУНКЦІОНАЛЬНИЙ БЛОК

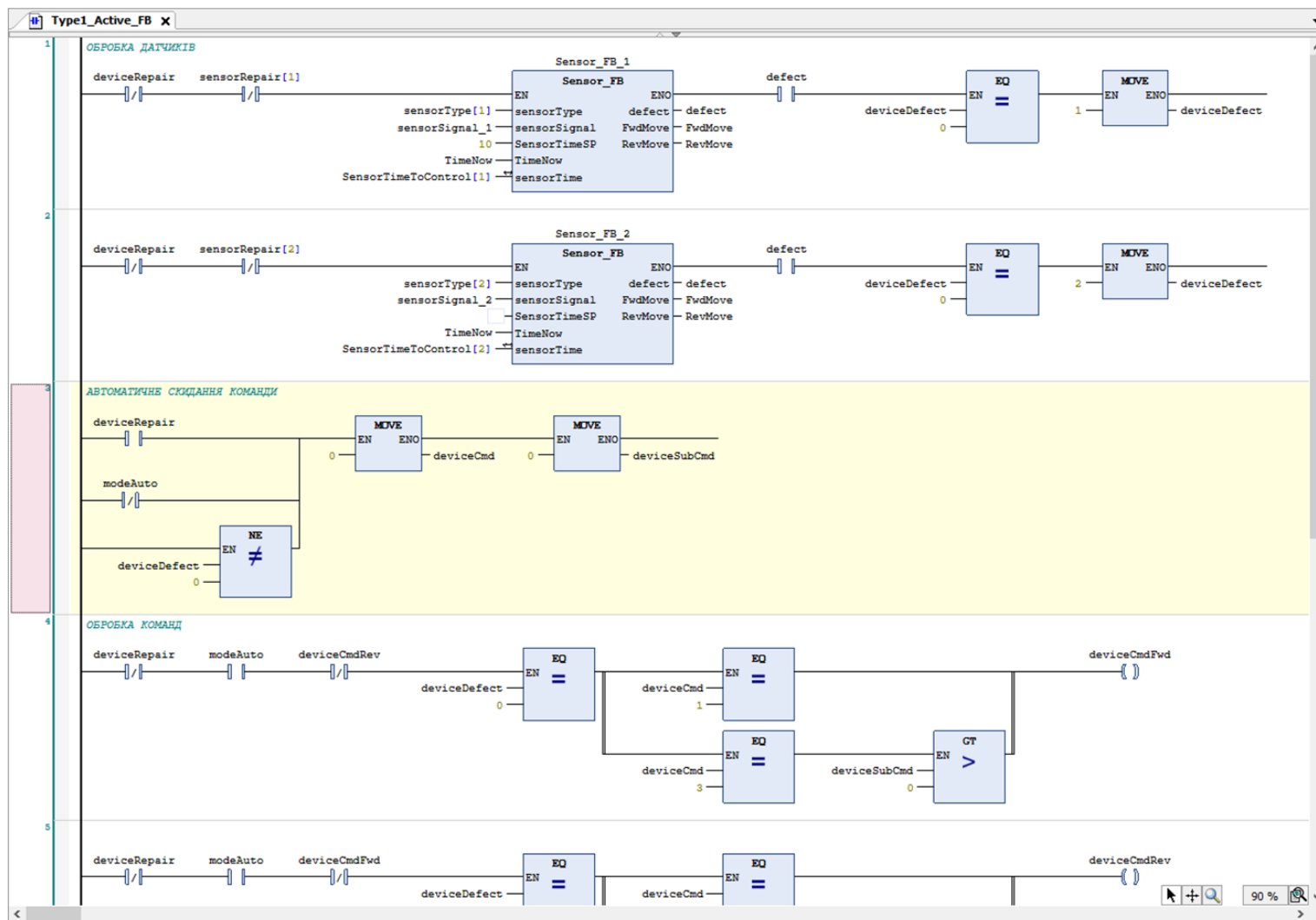


Рисунок 5.11 – Типовий функціональний блок обробки одиничного механізму мовою LD

ОГОЛОШЕННЯ СТРУКТУРИ ДАНИХ

```

1  TYPE Devices :
2  STRUCT
3      Cmd          :INT;
4      SubCmd       :INT;
5      State        :INT;
6      Defect       :INT;
7      SensorTimeToControl : ARRAY [1..8] OF INT;
8      starterOut   : BOOL;
9      rStarterOut  : BOOL;
10     stopOut      : BOOL;
11     Auto         : BOOL;
12     sensorSignal : ARRAY [1..8] OF BOOL;
13 END_STRUCT
14 END_TYPE
15
16 //Cmd - подача команди механізму
17 (* опис
18  0 - зупинитись
19  1 - рух вперед (пускач прямий)
20  2 - рух назад (пускач реверсний)
21  3 - рух вперед (пускач прямий) на час (SubCmd*10),с
22  4 - рух назад (пускач реверсний) на час (SubCmd*10),с
23 *)
24
25 //SubCmd - час для тимчасової подачі команди, 100мс
26 //State - опис стану обладнання
27 (* опис
28  0 - вимкнено активний механізм / проміжний невизначений стан засувки чи клапану / бункер пустий
29  1 - виконується операція руху вперед / бункер заповнений
30  2 - виконується операція руху в реверсному напрямку
31  3 - стан ремонту обладнання
32  4 - ручне керування. Механізм вимкнено
33  5 - ручне керування. Механізм вкључено вперед
34  6 - ручне керування. Механізм вкључено реверсивно
35  7 - ознака аварії в механізмі
36  8 - засувка відкрита / перекидний клапан в положенні ЛІВО
37  9 - засувка закрита / перекидний клапан в положенні ПРАВО
38  ...
39  11 - розподільник потоків в положенні 1
40  12 - розподільник потоків в положенні 2
41  13 - розподільник потоків в положенні 3
42  14 - розподільник потоків в положенні 4
43  15 - розподільник потоків в положенні 5
44  16 - розподільник потоків в положенні 6
45 *)
46
47 //Defect - ознака та причина аварії.
48 (* опис
49  -1 - для засувки чи перекидного клапану спрацювали два кінцевих вимикача одночасно
50  0 - аварія відсутня
51  1..8 - номер аварійного датчика

```

Рисунок 5.12 – Оголошення структури даних для опису одиничного механізму

ФУНКЦІОНАЛЬНА ЕЛЕКТРИЧНА СХЕМА

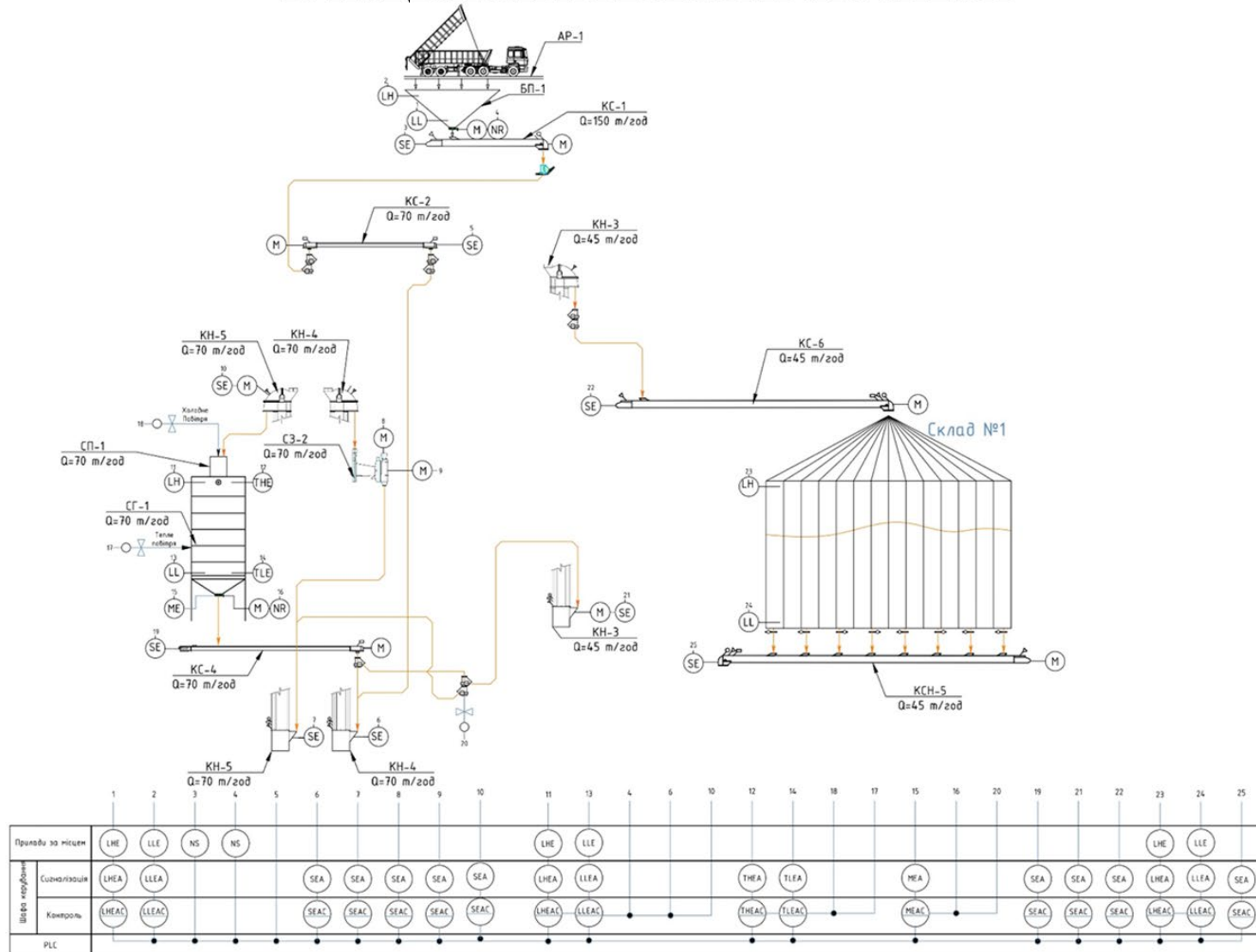


Рисунок 4.3 – Функціональна електрична схема

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовано характеристики існуючих сушарок та методів сушіння зерна, які пропонуються на території України серед запропонованих.

2. Виконано техніко-економічне обґрунтування вибору системи автоматизації технологічного процесу сушіння зерна серед запропонованих видів обладнання увага зосереджена на виробниках: Schneider Electric та Siemens та зрештою вибрано обладнання Schneider Electric.

3. Побудовано принципову та функціональну схеми автоматизації технологічного процесу сушіння зерна, які включають специфікацію компонентів системи, таких як джерела живлення, датчики, контролери та виконавчі механізми. Ці схеми забезпечують чітке розуміння взаємозв'язку між компонентами, послідовності їх дій та взаємодії, що сприяє ефективному впровадженню та надійному функціонуванню системи автоматизації.

4. Розроблено та запрограмовано алгоритми функціонування системи автоматизації із використанням побудови SCADA, що забезпечує інтерактивний моніторинг процесу сушіння зерна в режимі реального часу, віддалене керування обладнанням та зберігання історичних даних. Це дозволяє не лише підвищити ефективність і точність контролю параметрів сушіння, але й оперативно реагувати на будь-які відхилення від заданих норм, забезпечуючи високу якість готової продукції.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати досліджень доповідались та обговорювались на науково-технічній конференції Матеріали конференції «Всеукраїнська науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2024)».

Публікації. За тематикою дослідження опубліковано 1 тези доповідей матеріалів конференцій: АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СУШКИ ЗЕРНА В УМОВАХ ТОВ «УКРАЇНСЬКА ЕЛЕВАТОРНА КОМПАНІЯ» / З.О. Тимків, О.А. Паянок – Матеріали Всеукраїнська науково-технічна конференція факультету електроенергетики та електромеханіки (2024), Вінниця, 2024. [Електронний ресурс]. URL: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feem/all-feem-2024/paper/view/21022/17439> . – Вінниця : ВНТУ, 2024. – 3 с.

УДК 631.330

З.О. Тимків¹
О.А. Паянок¹

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СУШКИ ЗЕРНА В УМОВАХ ТОВ «УКРАЇНСЬКА ЕЛЕВАТОРНА КОМПАНІЯ»

¹Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропонована функціональна схема автоматизації технологічного процесу сушки зерна з інтеграцією в її систему керування додаткового контуру регулювання температури у сушарці та контролю вологості агенту. Модернізація системи керування дозволить забезпечити стабільніше сушіння зерна та оптимізувати параметри технологічного процесу, підвищити надійність та гнучкість налагодження системи автоматизації, забезпечити необхідну точність регулювання технологічного процесу.

Ключові слова: технологічний процес, сушарка, температура, вологість, автоматизація, контур регулювання, оптимізація, налагодження.

Abstract

A functional scheme for grain drying automating the technological process with integration into its control system of an additional circuit for regulating the temperature in the dryer and controlling the humidity of the agent is proposed. The control system modernization will allow to ensure more stable grain drying and optimize the parameters of the technological process, increase the reliability and flexibility of setting up the automation system, and ensure the necessary accuracy of technological process regulation.

Keywords: technological process, dryer, temperature, humidity, automation, control circuit, optimization, debugging.

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Автоматизація технологічного процесу сушіння зерна в умові товариства з обмеженою відповідальністю «Українська елеваторна компанія»

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕЕМ, гр. ІЕМ-206

Науковий керівник: к.т.н., доц. Паянок О.А.
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність	86,6 %
Схожість	13,4 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку

(підпис)

Паянок О.А.

(прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи

(підпис)

Тимків З.О.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Паянок О.А.

(прізвище, ініціали)

					08-24.БДР.015.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	АВТОМАТИЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СУШКИ ЗЕРНА В УМОВАХ ТОВАРИСТВА З ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «УКРАЇНСЬКА ЕЛЕВАТОРНА КОМПАНІЯ»			
Розробив:		Тимків З.О.		28.05	Літ.	Маса	Масштаб	
Перевірів:		Паянок О.А.		28.05				
Т. контр.					Аркуш	Аркушів		
Висновок		Бравеско М.		28.05	ВНТУ, гр. 1ЕМ-206			
Норм.кон.		Пашко С.		28.05				
Затверд.		Мошноріз М.М.		28.05				