

Міністерство освіти і науки України
Національний технічний університет
«Дніпровська політехніка»

Навчально–науковий
інститут електроенергетики
(інститут)

Факультет інформаційних технологій
(факультет)

Кафедра інформаційних технологій та комп'ютерної інженерії
(повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
кваліфікаційної роботи ступеня бакалавра

студент Сотник Валентин Володимирович
(ПІБ)

академічної групи 123–20–2
(шифр)

Спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія
(Код і назва спеціальності)

за освітньо–професійною програмою 123 Комп'ютерна інженерія
(офіційна назва)

на тему “Кіберфізична система транспортних ліній зернового елеватора фермерського господарства "Роксана””
(назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		Рейтинговою	інституційною	
Кваліфікаційної роботи	доц. Ткаченко С.М.			
Спеціальної частини розділів	доц. Ткаченко С.М.			
Розробка апаратної частини	доц. Ткаченко С.М.			
Розробка корпоративної мережі	ас. Бешта Л.В.			

Рецензент				
------------------	--	--	--	--

Нормоконтролер	Проф. Цвіркун Л.І.			
-----------------------	--------------------	--	--	--

Дніпро
2024

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
інформаційних технологій
та комп'ютерної інженерії
(повна назва)

_____ Гнатушенко В.В.
(підпис) (прізвище, ініціали)

“25” січня 2024 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеня бакалавра

студента Сотника В.В.
(прізвище ініціали)

академічної групи 123–20–2
(Шифр)

спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія»

за освітньо професійною програмою 123 «Комп'ютерна інженерія»
(офіційна назва)

на тему “Кіберфізична система транспортних ліній зернового елеватора
фермерського господарства "Роксана"”

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка» від 10.05.2022 №469–Д

Розділ	Зміст	Термін виконання
Стан питання та постановка завдання	На основі матеріалів виробничих практик, інших науково–технічних джерел конкретизується предмет та мету роботи та виконується постановка завдання	10.05.2024
Розробка апаратної частини	На основі аналізу підприємства формулюються технічні вимоги до кіберфізичної системи та розробляється апаратна частина системи	17.05.2024
Розробка корпоративної мережі	Виконується розрахунок налаштувань корпоративної мережі та перевірка роботи системи, розробляються методи та налаштування обладнання для захисту інформації в системі	24.05.2024
Розробка компонента системи	Виконується детальна розробка компонента системи	31.05.2024

Завдання видано _____
(підпис керівника)

доц. Ткаченко С.М.
(прізвище ініціали)

Дата видачі 25.01.2024

Дата подання до екзаменаційної комісії 14.06.2024

Прийнято до виконання _____

Сотник В.В.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 102с., 35 рис., 9 табл., 1 дод., 25 джерел.

КІБЕРФІЗИЧНА СИСТЕМА, ТРАНСПОРТНІ ЛІНІЇ, ЗЕРНОВИЙ ЕЛЕВАТОР, ФЕРМЕРСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО,

Об'єкт розробки – кіберфізична система транспортних ліній зернового елеватора фермерського господарства «Роксана».

Мета роботи – розробка та впровадження кіберфізичної системи для автоматизації транспортних ліній зернового елеватора.

Розроблена система орієнтована на використання у фермерських господарствах, зокрема для транспортних ліній, які переміщують зернові культури та інші види сільськогосподарської продукції. Кіберфізична система включає мережу сенсорів та контролерів, які з'єднані з центральним сервером а також забезпечує виконання наступних функцій:

- автоматичне виявлення та реагування на несправності.
- збір і обробка статистичних даних щодо продуктивності транспортних ліній.
- забезпечення безпеки та захисту транспортних ліній від зовнішніх загроз.

Розроблена кіберфізична система виконана відповідно до завдання на кваліфікаційну роботу бакалавра.

Робота мережі для підприємства «Роксана» перевірена за допомогою моделі схеми корпоративної мережі із застосуванням програми Cisco Packet Tracer.

Результати перевірки у вигляді таблиць та графіків описані і наводяться у пояснювальній записці та додатках.

ЗМІСТ

	Завдання на кваліфікаційну роботу.....	2
	Реферат.....	3
	Зміст.....	4
	Перелік умовних позначень.....	8
	Вступ.....	9
1	Стан питання та постановка завдання.....	10
	1.1 Стисла характеристика галузі та умов застосування виробу системи....	10
	1.2 Характеристика і структура об'єкта впровадження.....	11
	1.3 Стислі відомості про технології збору та передачі інформації для об'єкт зернового елеватора.....	13
	1.4 Принципи роботи, технічні способи та математичні методи інформаційного забезпечення впровадження.....	14
	1.5 Аналітичний огляд існуючих способів обробки та передачі Інформації.....	34
	1.6 Завдання і мета роботи.....	37
	1.7 Визначення можливих напрямків рішення поставлених завдань та обґрунтування вибраного напрямку інженерного рішення.....	38
2	Розробка апаратної частини кіберфізичної системи.....	41
	2.1 Технічні вимоги до кіберфізичної системи в цілому.....	41
	2.1.1 Вимоги до структури і функціонування системи.....	41
	2.1.1.1 Перелік підсистем, їхнє призначення й основні Характеристики.....	41
	2.1.1.2 Вимоги до способів зв'язку для інформаційного обміну між компонентами системи.....	42
	2.1.1.3 Вимоги до характеристик взаємозв'язків створюваної системи із суміжними системами.....	43
	2.1.1.4 Вимоги до режимів функціонування Кіберфізичної Системи.....	43

2.1.1.5	Вимоги до діагностування Кіберфізичної Системи.....	44
2.1.1.6	Перспективи розвитку та модернізації системи.....	44
2.1.2	Вимоги до показників призначення.....	45
2.1.3	Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і Збереженню.....	45
2.1.3.1	Умови і регламент (режим) експлуатації.....	45
2.1.3.2	Вимоги до параметрів мереж енергопостачання (живлення та заземлення.).....	45
2.1.3.3	Вимоги до кількості кваліфікації обслуговчого персоналу і режимам його роботи.....	46
2.1.4	Вимоги до патентної частини.....	47
2.1.5	Додаткові вимоги.....	47
2.1.5.1	Вимоги до кабель–каналів, інформаційним та електричним Розеткам.....	47
2.1.5.2	Вимоги до комунікаційного обладнання і його Розташування.....	47
2.1.5.3	Вимоги до однорідності.....	47
2.1.5.4	Вимоги до резервування.....	48
2.2	Вимоги до видів забезпечення.....	48
2.2.2	Лінгвістичне забезпечення.....	48
2.2.3	Технічне забезпечення.....	48
2.2.4	Організаційне забезпечення.....	48
2.2.4.1	До структури і функцій підрозділів, що беруть участь у функціонуванні системи чи її експлуатацію.....	48
2.2.4.2	До організації функціонування системи і порядку взаємодії персоналу системи і персоналу об’єкта впровадження.....	48
2.2.4.3	До захисту від помилкових дій персоналу системи.....	49
2.2.5	Методичне забезпечення.....	49
2.3	Розробка специфікацій апаратних засобів комп’ютерної системи.....	49

2.4	Вибір і обґрунтування структурної схеми комплексу технічних засобів комп'ютерної системи шляхом узгодження структури з топологічними особливостями об'єкту розробки.....	60
2.5	Розрахунок інтенсивності вихідного трафіку найбільшої локальної корпоративної мережі підприємства.....	66
3	Розробка корпоративної мережі.....	68
3.1	Розрахунок адресації мережі.....	68
3.2	Розрахунок схеми адресації пристроїв.....	70
3.3	Налаштування моделі комп'ютерної системи.....	72
3.4	Базове налаштування конфігурації пристроїв.....	74
3.5	Налаштування маршрутизаторів.....	75
3.6	Налаштування роботи Інтернет.....	79
3.7	Перевірка роботи комп'ютерної системи.....	81
3.8	Перевірка роботи моделі комп'ютерної системи.....	85
4	Розробка програмного модуля системи.....	89
4.1	Призначення та сфера застосування програмного забезпечення.....	89
4.2	Обґрунтування технічних характеристик програми.....	89
4.2.1	Постановка задачі на розробку програми.....	89
4.2.2	Опис алгоритму та функціонування програми.....	89
4.2.3	Опис та обґрунтування вибору методу організації вхідних та вихідних даних.....	90
4.3	Розробка математичних моделей керування процесом.....	90
4.3.1	Опис обґрунтування вибору та складу технічних та програмних Засобів.....	95
4.3.2	Опис розробленої програми.....	95
4.3.2.1	Загальні відомості.....	95
4.3.2.2	Функціональне призначення.....	95
4.3.2.3	Опис логічної структури програми.....	96
4.3.2.4	Використовувані технічних засобів.....	96

4.3.2.5 Виклик та завантаження.....	96
4.3.2.6 Вхідні та вихідні дані.....	97
Висновки.....	98
Перелік посилань.....	99
Додаток модуль норій.....	102

Перелік умовних позначень

КФС – кіберфізична системами зернового елеватора.

PLC – програмовані логічні контролери

APM – автоматизоване робоче місце

АСК – автоматизована система керування

SM – SIMATIC

VLSM – маска підмережі змінної довжини

LAN – локальна мережа

DHCP – протокол динамічного розподілу адрес вузлам

HTTP – протокол передачі гіпертексту

VLAN – віртуальна локальна мережа

OSPF – протокол динамічної маршрутизації

VPN – віртуальна приватна мережа

MAC–адреса унікальний ідентифікатор пристрою

WAN – мережа широкого простору

ISP – постачальник послугу Інтернет

IP – унікальний числовий номер

NAT – перетворення мережевих адрес

AAA – автентифікація, авторизація, облік

TFTP – простий протокол передачі даних

ВСТУП

Фермерське господарство є динамічною галуззю, яка потребує впровадження інноваційних технологій для підвищення ефективності та конкурентоспроможності. Одним із ключових аспектів забезпечення високої продуктивності та мінімізації витрат є оптимізація логістичних процесів, зокрема транспортування та зберігання зернових культур. Важливу роль у цьому відіграють кіберфізичні системи, що інтегрують фізичні компоненти з цифровими технологіями для моніторингу та керування різними аспектами виробничого процесу.

Кіберфізична система (КФС) – це комплексна інфраструктура, що об'єднує фізичні процеси з інформаційними технологіями, створюючи інтегровану середу для збору, аналізу та керування даними. В контексті зернового елеватора фермерського господарства "Роксана", КФС забезпечує ефективне керування транспортними лініями, що дозволяє автоматизувати процеси прийому, обробки та зберігання зерна.

Фермерське господарство "Роксана" стикається з низкою викликів, пов'язаних із необхідністю забезпечення стабільного та безперебійного функціонування своїх логістичних процесів. Зокрема, це стосується обробки великих обсягів зернових культур та їх транспортування до елеватора. Впровадження КФС у цьому контексті дозволяє підвищити ефективність керування транспортними потоками, знизити витрати на перевезення та зберігання, а також покращити якість кінцевої продукції.

Основною метою даної дипломної роботи є розробка та впровадження кіберфізичної системи транспортних ліній зернового елеватора фермерського господарства "Роксана". Для досягнення цієї мети необхідно вирішити ряд завдань, зокрема: аналіз існуючих технологій та інфраструктури, проектування системи з урахуванням специфіки господарства, розробка та моделей.

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Стисла характеристика галузі та умов застосування виробу системи.

Фермерське господарство "Роксана" спеціалізується на вирощуванні високоякісних сортів овочів та фруктів, зокрема яблук, груш, черешень, помідорів та огірків. Вони використовують сучасні агротехнології та системи зрошення, що дозволяє досягати високих врожаїв та підтримувати сталість виробництва. Особлива увага приділяється екологічним аспектам виробництва, тому застосовуються органічні методи вирощування та мінімізується використання хімічних добрив і пестицидів. Головними ринками збуту продукції є внутрішній ринок, а також країни ЄС. Допомогати виробляти всю свою зернову продукцію допомагає їм зерновий елеватор

Елеватори – це спеціалізовані споруди, які використовуються для зберігання та обробки зерна та інших сільськогосподарських продуктів. Вони мають важливе значення для аграрної економіки країни, оскільки забезпечують збереження якості та відповідну обробку сільськогосподарських культур перед їх подальшим транспортуванням на ринки.

Україна, як одна з найбільших аграрних країн світу, має значний потенціал у виробництві зерна та інших сільськогосподарських продуктів. І щоб спрости їх зберігання та транспортування цих продуктів, можна скористатися таким сервісом, як карта елеваторів, яка дає змогу обрати оптимальний варіант для кожного аграрія[1].

Саме тому моя тема про зернові елеватори є дуже актуальна, так як наша Україна є одним із головних аграрних постачальників зерна по усьому світі і елеватори відіграють дуже важливу роль в Україні так як вони зберігають зерно, переробляють його та інше. Через це їх велика кількість у нас на початок 2021 року в Україні було 3545 зернових елеваторів. Більшість з них є приватними підприємствами, які займаються збором, зберіганням і переробкою зернових

культур. Зерновий елеватор по собі є складний об'єкт і ним потрібно керувати і саме тому моя тема є актуальна[2].

1.2 Характеристика і структура об'єкта впровадження.

Ось приблизне знаходження об'єкта впровадження фермерського господарства Роксана (Рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – «Фермерське господарство Роксана» Вінницька обл.,
Гайсинський район, село мельниківці

Фермерське господарство "Роксана" розташоване у селі Бузникувате, Вільшанський район, Кіровоградська область. Його керівником є Олена Володимирівна Кріпак. Основними видами діяльності цього господарства є вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур, а також оптова торгівля зерном, насінням і кормами для тварин[3, 4].

Організаційна структура підприємства виглядає приблизно так (Рисунок 1.2):

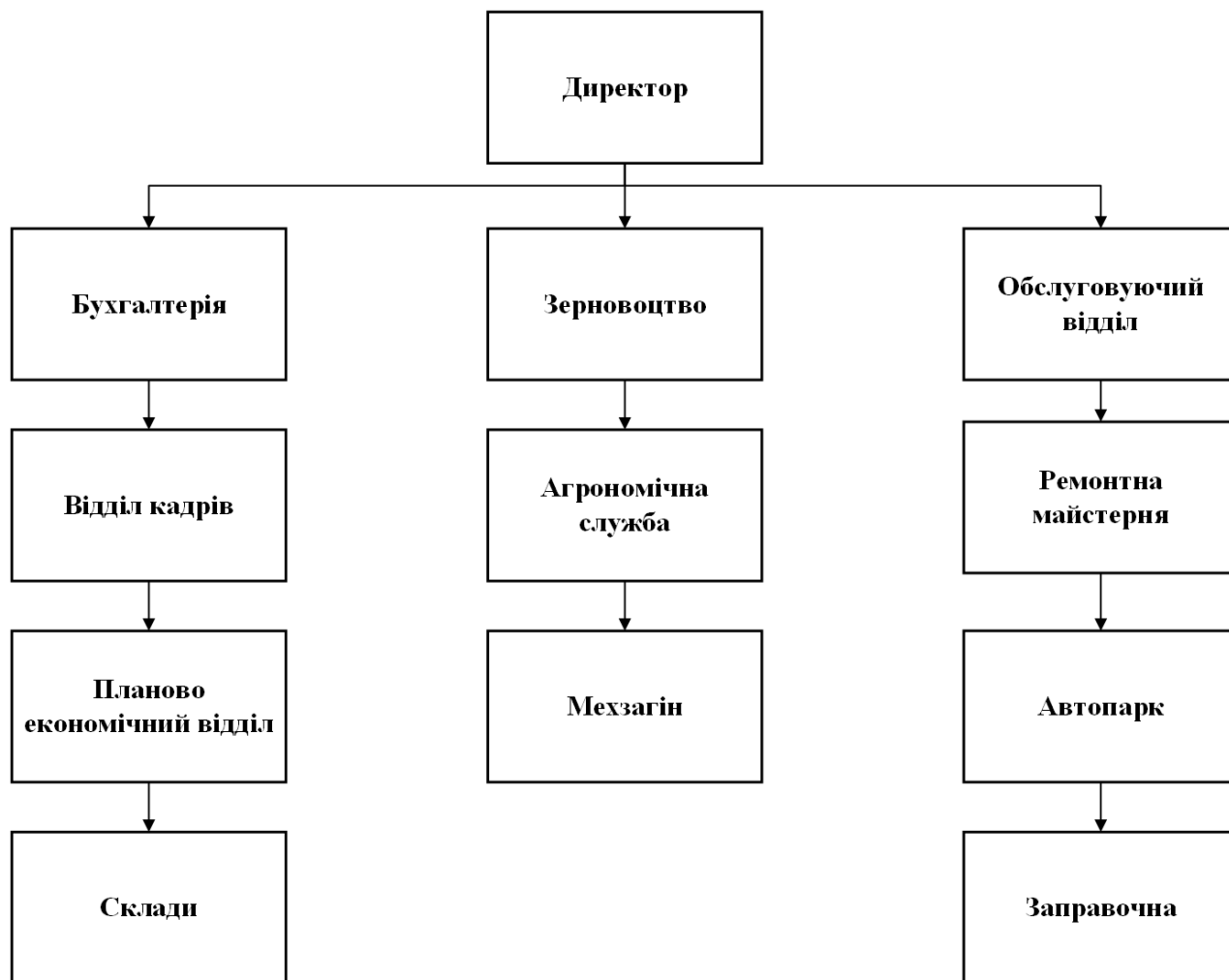


Рисунок 1.2 – Організаційна структура фермерського господарства

Роксана

Директор очолює весь комплекс, відповідає за стратегічне планування, керування та контроль за діяльністю елеватора.

Бухгалтерія відповідає за фінансові операції, облік, звітність та контроль витрат.

Зерноцтво вибір і розмноження сортів зернових культур.

Обслуговуючий відділ це відділ який обслуговує техніку та інше технічне обладнання.

Відділ кадрів Відповідає за набір персоналу, керування людськими ресурсами та навчання працівників.

Агрономічна служба ця служба спрямована на забезпечення мінеральними добривами, засобами хімічної меліорації земель та найефективніше використання добрив.

Ремонтна майстерня в цій майстерні ремонтують виведену із ладу техніку та всяке інше обладнання.

Планово економічний відділ здійснює роботу з економічного планування на підприємстві, направленою на організацію раціональної господарської діяльності з метою досягнення найбільшої економічної ефективності.

Мехзагін тут знаходиться уся робоча техніка на якій обробляють поля прозводять сбор врожаю та все інше.

Автопарк тут знаходиться стоянка простої техніки на якій люди приїжджають до себе на роботу.

Склади на них зберігається вся виготовлена продукція яку виробляли підприємство.

Заправочна тут знаходиться топлево для усієї робочої техніки і не тільки для робочої.

1.3 Стислі відомості про технології збору та передачі інформації для об'єкта впровадження.

(Рисунок 1.3) Приймання зерна спочатку зерно привозять на завантажених фурах, залізничному або водному транспорті, потім відбувається розвантаження спеціальними спецпристроями.

Очищення та попередня обробка після зважування зернова культура, яка поступила в робочу вежу здійснюється за допомогою норій проходить через зерноочисні машини–сепаратори, позбавляючись від різних домішок.

Зберігання зерна після збору на елеваторі його зберігають в силосах, частина з яких оснащена устаткуванням для дезінфекції й активної вентиляції. Температуру зернового продукту вимірюють термоподвісками, установка яких здійснюється на різних рівнях.

Переробка та підготовка до відправки зерно фасують у мішки або інші контейнери, або ж завантажують насипом у транспортні засоби для відправки. Це може бути залізничний транспорт, автомобільні вантажівки або судна.

Відправка зерна перед відправкою проводиться документальне оформлення, включаючи оформлення супровідних документів, сертифікатів якості та інших необхідних паперів.

Зерновий елеватор – не просто використовується для зберігання та обробки зернових культур, таких як пшениця, кукурудза, ячмінь, соя та інші, але й важливе устаткування для зберігання та сортування зерна, а також для виконання інших процесів, таких як сушіння, очищення та упаковка (Рисунок 1.3) [5].



Рисунок 1.3 – Організаційна структура процесу роботи зернового елеватора

1.4 Принципи роботи та технічні способи інформаційного забезпечення зернового елеватора.

Принципи роботи для початку хочу додати що за типами конструкції в Україні до недавніх часів (хоча ще й зараз наявні) були поширені прямокутні (в плані) елеватори заввишки 53–60 метрів та силосні корпуси висотою до 45 метрів. Проте сучасні технології зберігання зерна на базі сучасних конструкційних технічних рішень стрімко просуваються вперед, і це накладає свій відбиток на конструкційне «обличчя» сьогоденного елеватора. Тому такий сучасний елеватор має в своєму складі відповідне обладнання на всі випадки життя. Це дозволяє ефективно працювати з зерном та гарантувати йому високу якість навіть після значних термінів зберігання[6].

Значна виробнича потужність та тривалі терміни знаходження зерна на елеваторі передбачають, що зерну постійно під час перебування на ньому буде

«комфортно». Тобто, воно буде очищене від смітєвих домішок, матиме необхідну низьку вологість, буде надійно захищене від негативних природних факторів та зберігатиметься в такому стані тривалий час. І після цього зерно не втратить своєї якості. Зцією метою до складу елеватора повинно входити технологічне обладнання, яке має це забезпечити. Щоб реально уявити такий елеватор, спробуємо не тільки проаналізувати його але й «побудувати» в нашій уяві. Отже, переходимо до складу типового елеватора[6].

Елеватори не займаються вирощуванням зерна, а працюють на давальній сировині – тобто все зерно на договірній основі отримується від зерновиробників. Тому не дивно, що таке зерно потужним зерновозом транспортується до «брами» елеватора, після якої, відповідно до правильних «соціалістичних канонів», воно зважується. Ваги можуть бути розміщені як одразу за брамою, так і безпосередньо біля самого елеватора – в районі засипної ями, з якої зерно транспортерами переміщається на очищення[6].

Далі з завальної ями зерно транспортується норіями до робочої вежі, на якій розташовані машини для попереднього, первинного очищення. Елеватор не «будує ілюзій» щодо високої чистоти отриманого зерна, тому для його очищення має в своєму складі ефективну зерноочисну машину. Результати навіть «поверхневих» досліджень машин цієї групи свідчать, що очищення зерна цілком задовільно виконують вітчизняні машини. Вони за ціною, продуктивністю та якістю очищення успішно конкурують із зарубіжними аналогами. Тому при проектуванні та побудові елеваторів споживачі надають перевагу машинам українського походження[6].

Обов'язково слід відмітити, що процес очищення зерна супроводжується значними пиловідокремленнями. А, зважаючи на вміст такого пилу і легкого сміття, яке в зерні від комбайна може становити навіть до 3%, та потужність елеватора, наприклад, 150 тис. тонн, викиди пилу можуть сягати 4,5 тис. тонн. І вони при відсутності спеціалізованих систем для їх збору, можуть «витати» в повітрі елеватора, осідати на його території та розповсюджуватись на прилеглі.

А таке явище в ХХІ столітті є недопустимим та не може позитивно схвалюватись. Тому зерноочисна машина комплектується системою пиловідокремлення і аспірації[6].

Потім, зважаючи на зерно технологічної культури та її вологість, можуть бути різні схеми роботи як із зерном, так і з обладнанням самого елеватора. У варіанті роботи із зерном пшениці, яке часто в період збирання має вологість, що значно менше допустимої – 14%, воно може транспортуватися в буферні оперативні силоси малої місткості. З них у подальшому, згідно прийнятої та можливої схеми роботи із цим зерном, з допомогою транспортерів та галерей, воно майже без затримок у часі транспортується на тривале місце зберігання – в зернові силоси великої місткості. Тут зерно може зберігатись значний час[6].

Відділення для зберігання зерна в складі елеватора в останні два десятиліття в Україні широко представлене металевими зерновими силосами. Їх кількість (різної конструкції та призначення) в складі елеватора часто доходить до кількох десятків. Зерновий силос – ключове обладнання елеватора, оскільки він виконує функцію, покладену на весь елеватор: не лише якісно та ефективно зберігає зерно, а й виконує низку задач, що спрямовані на підтримання зерна у «стартових» кондиціях по якості протягом значного терміну. Цей термін, залежно від призначення елеватора, може бути навіть один рік. Сучасний силос являє собою сталевий циліндр висотою до 30 м і діаметром до 20 м. Металеві силоси мають місткість, що досягає 10 тис. тонн. На території елеватора вони, як правило, розміщені послідовно в кілька рядів, по 4–10 силосів у ряду. Зерно з приймальних оперативних бункерів (для допоміжних проміжних технологічних операцій) підіймають транспортерами нагору будівлі на надсилосний поверх, і по конвеєрах засипають його до основних силосів, які виконують зберігання зерна тривалий час. Сучасні силоси розроблені та виготовлені на базі сучасних конструкційних матеріалів – сталі, алюмінію і різних сплавів. Найчастіше їх виготовляють із листової сталі і циліндричними за формою. Ці матеріали та їх профіль забезпечують силосам необхідну конструкційну жорсткість. У

сучасному елеваторі силоси необхідної місткості розташовані в один або кілька взаємопов'язаних рядів, що дозволяє зберігати значні об'єми зерна різних культур чи сортів одних і тих самих культур в одному елеваторі. Переваги металевих силосів – зручність їх завантаження і розвантаження. Вони швидше будуються (монтуються), вартість однієї тонни місткості їх у 1,5–2 рази менша, ніж елеватора із залізобетону. До переваг такого сховища також треба віднести їх малу потребу в площі. Металеві силоси надійно захищають зернові маси від гризунів, пожежобезпечні, зручні для проведення газової дезинсекції, активного вентилявання і т. д. Поряд зі стійкістю до тиску завантаженої в нього зернової маси, вітру і несприятливої дії атмосферних факторів силоси забезпечують збереження зерновою масою вихідних показників якості. Основний недолік зернових силосів – у них може бути забезпечене надійне зберігання тільки сухого зерна. Практика також свідчить, що при різких перепадах атмосферних температур утворюються значні температурні градієнти, які призводять до виникнення явища термовологопровідності зернової маси і утворення в ній вологи з конденсату. Останнє стимулює активацію мікрофлори і низки інших негативних явищ. У боротьбі з ними дієвим засобом є активне вентилявання (або аерація зерна). Тому зернові сучасні силоси мають ефективні системи активного вентилявання зерна, що гарантує стабільну необхідну температуру зерна в силосі та разом з тим – попередження процесів гниття і появи плісняви на поверхні зерна та діяльності шкідливих комах[6].

Сушильне відділення елеватора включає в себе першочергово необхідну кількість сушарок різного виконання з пальниками під потрібний вид палива та буферні ємності для тимчасового накопичення вологого і сухого матеріалів. Тому в складі елеватора поряд із силосами є зернові сушарки[6].

Зерно, яке потребує сушіння, накопичується в невеликих буферних силосах, що розміщені поряд із сушарками. Після сушіння сухе зерно знову надходить у буферний силос, а з нього з допомогою галерей та транспортерів

переміщається до великотонажних зернових силосів для довготривалого зберігання або одразу ж відвантажується за межі елеватора[6].

Однією із основних культур, зерно якої переробляється та зберігається на елеваторі, є кукурудза. Її зерно часто доставляється господарствами–постачальниками на елеватор просто від комбайна зі значною вологістю, яка сягає 35% і навіть більше. Природно, що таке зерно після очищення зерноочисними машинами на елеваторі транспортується «короткими технологічними шляхами» елеватора відразу ж до зернової сушарки, оскільки воно потребує негайного сушіння[6].

Для сушіння зерна на елеваторі виробничники, як правило, використовують зернові сушарки шахтного типу, переважно – виробництва зарубіжних фірм, які підтвердили своє високе реноме в умовах України. Наразі в Україні найчастіше використовують шахтні сушарки компаній–виробників Західної та Східної Європи і США й вітчизняні з продуктивністю сушіння до 100 т/год. При цьому всі майбутні власники прискіпливо підходять до вибору зерносушарки – її виробника, продуктивності сушіння, економічних показників роботи, енергоефективності, оскільки в майбутньому при її експлуатації це призведе не тільки до додаткових разових фінансових витрат, але й надалі, протягом усього строку її експлуатації, відзначатиметься додатковими вкладеннями і високою собівартістю кінцевого продукту. А при використанні в складі елеватора, коли згідно потужності елеватора потрібно висушити більше 100 тис. тонн в рік, – це призведе до значних неефективних економічних затрат. І тоді власнику елеватора не потрібно бути великим економістом, щоб відчути це. «Прискіпливість» у виборі конкретної сушарки обумовлюється також її габаритами, згідно з якими уже на етапі проектувальних робіт не тільки на «папері», але й на виробничій площадці, поряд та між іншим габаритним обладнанням та фундаментами закладаються також «серйозні» бетонні фундаменти для неї, переміщати які після «неправильного» проектування буде дуже дорого[6].

Сушіння зерна шахтними сушарками, особливо високопродуктивними, може здійснюватися за одноразовий прохід через сушарку при незначному знятті вологи. Однак, при значній вологості зерна, наприклад, кукурудзи – до 35%, за одноразовий прохід неможливо якісно виконати зниження вологості зерна до необхідних 15%. Тому для сушіння такого зерна виконується установка послідовно з'єднаних двох шахтних сушарок та подвійний пропуск зерна за схемою (Рисунок 1.4) [6]:

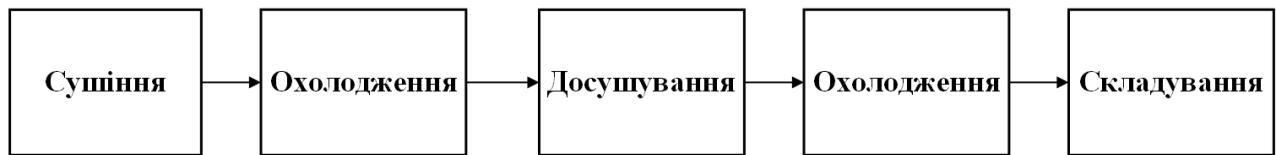


Рисунок 1.4 – Схема сушіння при значній вологості зерна

Тому при побудові елеватори ці виробничі нюанси враховуються та згідно з ними передбачаються в складі елеватора відповідні технологічні і транспортні лінії та об'єкти. Вони дозволять переміщати таке зерно «поряд» із сушаркою та виключити його небажане далеке переміщення/транспортування з тим, щоб знову повернути на досушування до сушарки. За періодичного сушіння, тобто за повного сушіння однієї партії зерна, як правило, шукають компроміси у процесах та режимах сушіння і економією палива сушаркою при цьому. Тому в складі елеваторів біля сушарки розміщують та застосовують для охолодження зерна силоси з активним вентиляванням[6].

Наповнення фури біля зернового елеватора зазвичай відбувається наступним чином. Перед завантаженням фури може зважуватись, щоб визначити її порожню вагу. Перевіряються документи на зерно та транспорт. Фура під'їжджає до спеціальної завантажувальної станції або під завантажувальний бункер. Зерно з елеватора подається до завантажувального бункера, де через спеціальні шнеки або транспортери зерно направляється до кузова фури. Зерно розподіляється рівномірно по всьому кузову для забезпечення рівномірного завантаження. Після завантаження фури знову зважується, щоб визначити вагу завантаженого зерна. Можуть братись зразки

зерна для перевірки його якості та відповідності стандартам. Кузов фури закривається тентом або іншими захисними засобами, щоб запобігти втратам зерна та його забрудненню під час транспортування. Оформляються необхідні документи на вантаж, включаючи накладні, сертифікати якості та інші супровідні документи. Після завершення всіх процедур фура виїжджає з території елеватора для подальшого транспортування зерна до місця призначення[6].

Транспортні системи. Всі «зернові шляхи» між силосами, сушарками та зерноочисним відділенням між собою зблоковані за допомогою допоміжного транспортного і технологічного обладнання. Зерно із приймальних бункерів/зернових ям піднімають транспортерами або вертикальними підйомниками (норіями) наверх робочої будівлі, очищають від домішок, сушать в зерносушарках і направляють по верхньому конвеєру на надсилосні транспортери, які скидають його в силоси. Зерно із малотоннажних буферних силосів вивантажують через отвори з воронками в днищах силосів на нижні конвеєри – це один із варіантів роботи із зерном у силосах. Конвеєри встановлюють у підсилосному поверсі[6].

Температура зерна в силосах постійно вимірюється. Для цього, як правило, всередині силосів, на різних рівнях, розміщують термopідвіски, які входять до складу системи виміру і контролю температури.

Стандартні функції системи виміру і контролю температури:

Отримання інформації у вигляді протоколів різної форми; комп'ютерна програма отримує із центрального пульта показники температури і заносить їх у пам'ять в цифровій базі даних. Показники температури подаються у графічному вигляді і можуть бути роздруковані у вигляді протоколів[6];

Візуальне представлення температур. Можна з першого погляду побачити критичні ділянки на основі плану розташування у трьохмірній панорамі, виявити актуальні (критичні) температури зерна в силосі і негайно прийняти відповідні

міри. Графічна оцінка процесу зміни температури допомагає при складанні прогнозу напрямків руху температури[6];

Інформація по силосах. У складі постійних даних може бути додана додаткова інформація по кожному силосу. Граничні дані по кожному бункеру залежать від зерна (виду, сорту, фізичного стану) і можуть встановлюватися індивідуально. Більш «старі» дані автоматично видаляються або заносяться в архів[6];

Обробка даних. Можна отримувати різноманітні друковані протоколи з класифікацією за групами силосів. Для всіх видів обробки інтегровано попередній перегляд друку. Таким чином, користувач може в будь-який час отримати всі необхідні дані для перегляду своїх документів простим натиском кнопки[6].

Сучасні потужні елеватори обов'язково мають відділення залізничного відвантаження, які представляють собою систему бункерів–хоперів для відвантаження на залізничний або автомобільний транспорт. У варіанті залізничного відвантаження до елеватора підходить та пролягає через його територію залізнична «гілка». Розміщення її біля оперативного буферного силоса дозволяє швидко та зручно вивантажити сухе зерно в залізничний вагон.

Усі технологічні процеси елеватора автоматизовані, що виключає помилки обслуговуючого персоналу. Система включає цілий комплекс систем керування та візуального спостереження і керування за технологічними об'єктами елеватора.

Сучасний елеватор не можна уявити без адміністративно–побутового корпусу, лабораторій, пожежного резервуара й інших будівель та споруд, необхідних згідно з нормативними вимогами.

Отже, сучасний елеватор – це не просто місце для зберігання зерна, а відповідність актуальним вимогам до ефективного ведення бізнесу та критеріям:

Продумана структура приймання зерна для мінімізації простоїв у гарячий період сезону;

Абсолютний облік зернової продукції під час перебування її на території елеватора;

Наявність якісного обладнання для післязбиральної первинної переробки врожаю – від очищення до сушіння;

Можливість оперативного просушування великої партії вологого зерна;

Гарантія збереження зерна під час зберігання і можливість оперативного попередження небезпеки, типу грибків чи хлібних шкідників;

Можливість окремо зберігання різних партій зерна;

Оперативне завантаження та відвантаження зернової продукції залізничним чи автомобільним транспортом;

Повна автоматизація всіх процесів[6].

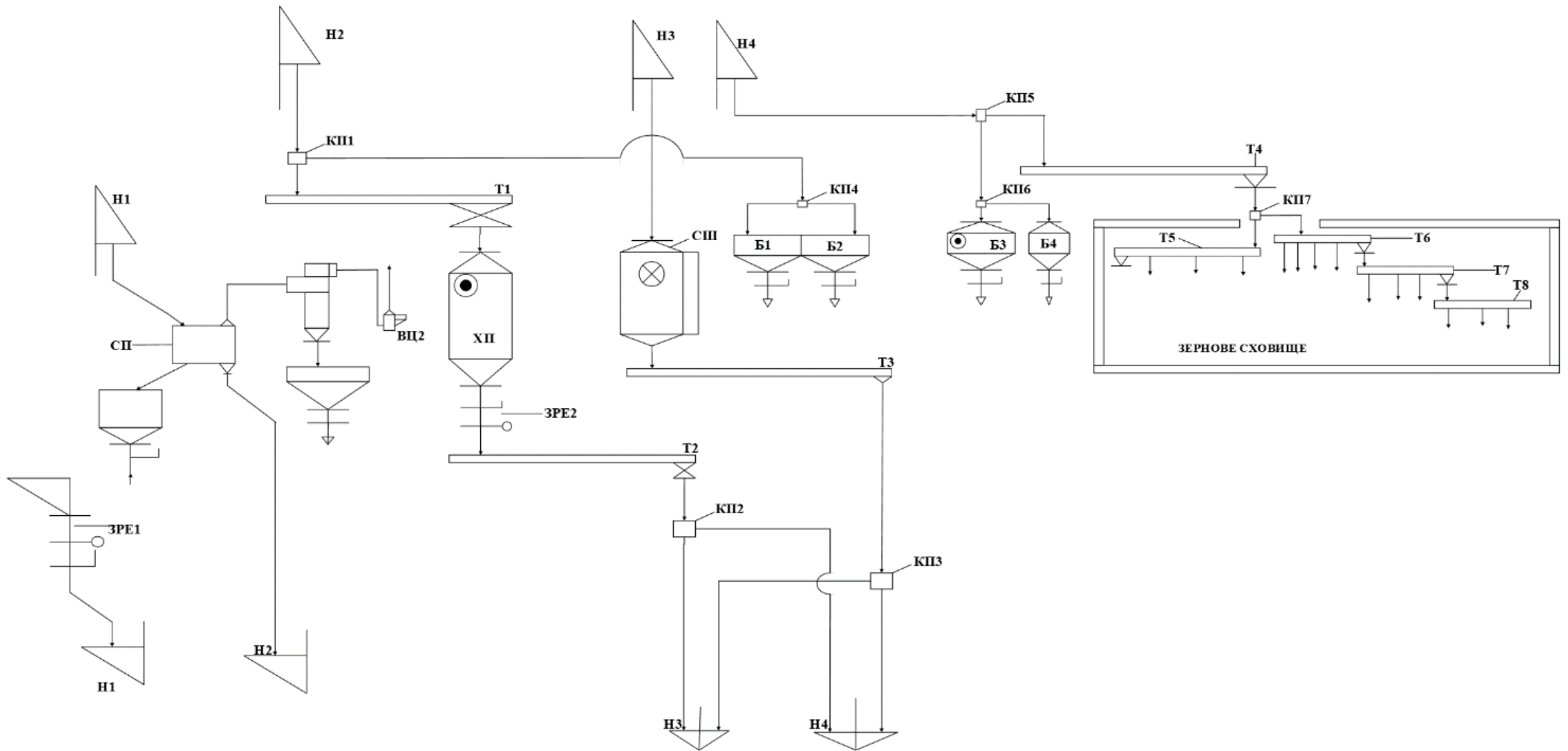


Рисунок 1.5 – Принципова схема технологічної лінії зернового елеватора “Роксана”

Перелік наданих приладів їхнє призначення та їх опис:

Н1, Н2, Н3, Н4 – призначені для транспортування сипучих матеріалів: зерно, кукурудза, соя, насіння, пелети та інших сипучих матеріалів. Зерно по самопливних трубах надходить в приймальний патрубок черевика норії, а потім підхоплюється ковшами і подається на встановлену висоту до головки норії, де під дією відцентрового прискорення відбувається розвантаження ковшів і далі зерно по самопливам направляється згідно технологічної схеми (Рисунок 1.6) [7].

Характеристики:

Максимальний кут роботи (α) – 90

Продуктивність т/год – 10 т/рік

Наявність реверсу руху сировини – відсутня

Тип двигуна – ел. Двигун

Кількість завантажень – одна

Кількість вивантажень – одна

Під продукт – різний продукт із питомою вагою від 0,2 – 2 тонни куб.

Тип транспортера – Норія НКЗ–10

Тип матеріалу – Зерно, Пісок, Борошно, Цукор, Вугілля, Пелети, Цемент, Добрив, Кормів

Потужність двигуна – 1500 об/хв 1,1–5.5 кВт

Гарантія від – Виробник (Рисунок 1.6) [7]



Рисунок 1.6 – Норія НКЗ–10 4,25 М контрприводі

КП1, КП2, КП3, КП4, КП5, КП6 – Клапани перекидні призначені зміни напрямку потоку продукту та розподілу його по одному з напрямків. Є неодмінною частиною самопливних транспортних систем трубопроводів, призначених для транспортування потоків зерна та комбікормів. Дозволяє здійснювати зерно потік на елеваторах, складах безтарного зберігання зернової продукції та інших підприємствах зернопереробки.

Характеристики:

Тип – У-подібний

Ціна – 2997.00

Наявність – В наявності

Бренд – AgroHelix (Рисунок 1.7) [8].



Рисунок 1.7 – Клапан самопливний "У" діаметром $\varnothing 200$ мм/200 мм/200 мм перекидний AgroHelix

T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 – Скребоквий транспортер використовують для роботи на зернових струмах та елеваторах, забезпечуючи швидке вивантаження/навантаження матеріалу, транспортування матеріалу по прямій або під нахилом $0-45^\circ$ [9].

Характеристики:

Максимальний кут роботи (α) – 45°

Продуктивність т / год – 50 т/год

Тип коробка ТС – Короб зварний

Наявність реверсу руху сировини – можливе встановлення

Кількість завантажень – одна і більше

Кількість вивантажень – одна і більше

Цепь / скребок – Цеп ТРД/скребок гума

Під продукт – різний продукт з питомою вагою від 0,2 – 2 тон метр кубічний

Умови роботи – $(-30) - (+30)$ в будівлі та на вулиці

Товщина стінки пера, мм – 2мм. – 6мм.

Тип транспортеру – Скребоквий, Конвеєр, Скребоквий розбірний
 Тип матеріалу – Зерно, Пісок, Борошно, Цукор, Вугілля, Пелети, Цемент,
 Добрив, Кормів
 Потужність двигуна 1500 об/хв – 1,1–5.5 кВт
 Матеріал скребка – гума
 Тип ланцюгу – трд
 Гарантійний термін – 12 місяців
 Країна виробник – Україна
 Гарантія від – Виробник (Рисунок 1.8) [9].



Рисунок 1.8 – Транспортер скребковий AgroHelix розбірний L– 4 м. цеп – трд., скребок гума

ЗРЕ1, ЗРЕ2 – Встановлюється в місцях розвантаження накопичувальних ємностей, бункерів, складів, зерносховищ. Мотор–редуктор приводить в дію приводний вал з шестернею, яка через зубчасту рейку забезпечує рух шибера (відкриття/закриття) (Рисунок 1.9) [10].

Характеристики:

Гарантія, міс. – 12

Режим експлуатації – Регулярно протягом всього року

Привід – Китай (GRHQ)

- Кріплення рейки – Зварне
- Кріплення шестерні – Зварне
- Кінцевий вимикач – Європа (Schneider Electric)
- Складання болтовими з'єднаннями – Є
- Капролонові підшипники вала – Є
- Опора шибера – підшипники кочення
- Положення монтажу 0–45 градусів – Є
- Матеріал корпусу – Сталь оцинкована

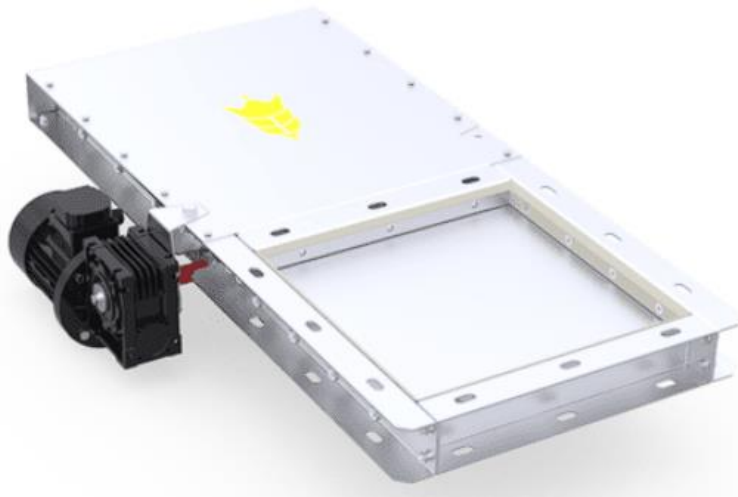


Рисунок 1.9 – Засувка роликів автоматична ZEO-RPA

ВЦ – відносяться до вентиляторів високого тиску і призначені для переміщення повітря та інших пилових домішок.

Характеристики:

Країна виробник – Україна

Вага – 255 кг

Гарантійний термін 12 міс

Максимальна температура навколишнього середовища – 40 град.

Мінімальна температура навколишнього середовища – 40 град.

Напруга мережі – 380~400 В

Споживана потужність – 22 кВт

Продуктивність – 5800 куб.м/год

Стан – Новий

Частота обертання – 3000 об/хв

Матеріал корпусу – Вуглецева сталь

Номер вентилятора – 6.3

Мах. робочий тиск – 8800

Min. робочий тиск – 8330

ВЦ – відносяться до вентиляторів високого тиску і призначені для переміщення повітря та інших пилових домішок(Рисунок 1.10) [11].

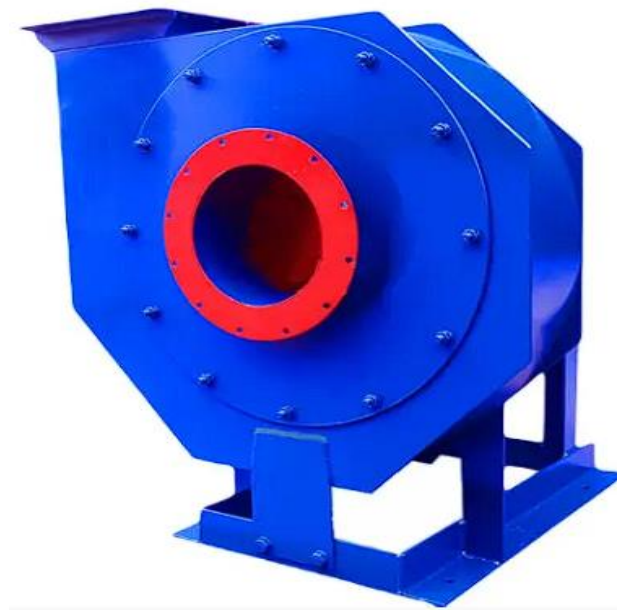


Рисунок 1.10 – Вентилятор ВР 160–18 №6,3 22 кВт 3000 об/хв

Посилені бункери виготовлені з високоміцної сталі S450GD, що має високу міцність і еластичність.

Опорна конструкція складається з холодноформованих профілів для силосів серії Nerep і гарячекатаних профілів для силосів серії Inti.

Силоси оснащені дахом 30, що забезпечує стійкість із зменшеною висотою, що дозволяє ефективно використовувати простір і скоротити довжину конвеєрів, елеваторів і обладнання для обробки зерна.

ХП – це спеціальний резервуар, призначений для зберігання та транспортування сипучих матеріалів, зокрема зерна. Він має конічну або воронкоподібну форму, що забезпечує зручність вивантаження зерна під дією сили тяжіння. Хопери можуть бути виготовлені з металу або пластику і використовуються на різних етапах обробки та зберігання зерна.

Характеристики:

Діапазон діаметрів – Від 3 до 13 м (метрика)

Діапазон об'ємів – Від 31 м³ до 3566 м³

Кут конуса – 45° (Рисунок 1.11) [12].



Рисунок 1.11 – Силоси для зерна – хопер з конусним дном

СП – сепаратори БЦС–50 для швидкого та якісного очищення зернових, бобових та круп'яних культур від великих та дрібних домішок, сміття, пилу (Рисунок 1.12) [13].

Кількість зерноочисних блоків, шт – 2

Кількість ярусів решет на один блок, шт – 3

Кількість секцій решет на один ярус, шт – 2

Довжина решета, мм – 990

Висота решета, мм – 490

Маса, кг – 2370

Продуктивність т/год по зерну пшениці – 50

Ефективність очистки, % – 80

Споживання повітря при повному тиску (м³/год) – 8000

Довжина, мм – 3300

Ширина, мм – 1220

Висота, мм – 3220



Рисунок 1.12 – Зерновий віброцентровий сепаратор БЦС–50 AgroHelix

СШ – Сушарки зернові модульні призначені для сушіння зерна насінневого, продовольчого і фуражного призначення, а також насіння зернових, зернобобових, круп'яних культур та соняшнику (Рисунок 1.13) [14].

Характеристики:

Продуктивність – 292 т/год

Витрата газу не більше, м³/год – 1 942

Споживання електроенергії за 1 годину не більше, кВт – 463

довжина – 7 610

ширина – 9 780

висота – 26 100

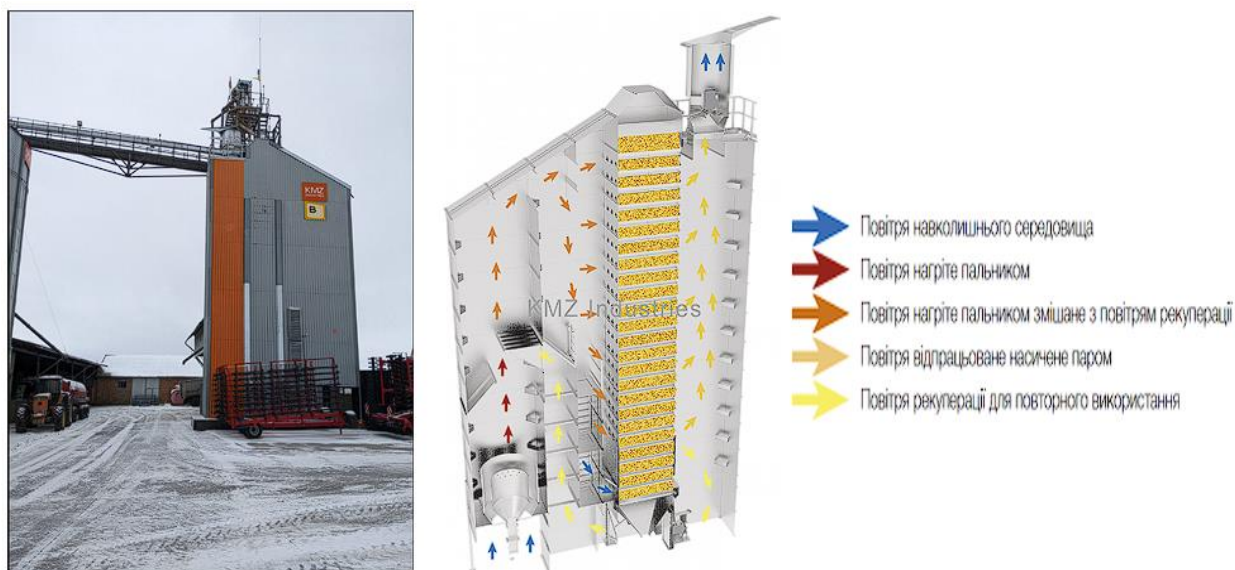


Рисунок 1.13 – Сушарка Brice–Baker.

Б1, Б2, Б3, Б4 – Секційний бункер марки БС призначений для зберігання і оперативного використання сипучих зернових матеріалів і продуктів їх переробки. Прямокутна форма дозволяє раціонально використовувати площу, а закруглені кути запобігають налипанню продукту (Рисунок 1.14) [15].

Характеристики:

Місткість бункера, м³:

– повна – 24*

– робоча – 26*

Вивантажувальний отвір, мм – 200x200

Завантажувальний отвір, мм – 200x200

Кількість поясів – 1–5

Висота до вивантаження, мм – 880

Габаритні розміри, мм:

– довжина – 2 000

- ширина – 2 000
 - висота з огорожею – 9 984
 - без огорожі – 4 750
- Вага, кг – 1430



Рисунок 1.14 – Бункер секційний марки БС

Спочатку зерно засипають у яму, через яму воно потропляє до норія Н1 убирається автоматична засувка ЗРЕ1 і все зерно потропляє до сепаратора СП при цьому завдяки автоматичній засувці регулюється рівень того скільки потрібно потрапити зерна до сепаратора коли рівень вже наповнений засувка сама автоматично закривається і зерно перестає потропляти через сепаратор. В сепараторі зерно починає очищатися від всякого пилу, сміття та всяких інших великих та дрібних домішок при цьому разом із сепаратором починає працювати централізований вентилятор ВЦ1 який слугує для того щоб весь пил виходив наружу, а два бункери які знаходяться біля сепаратора слугують для того щоб збирати всі накопичені відходи та іншу грязь яка зібралася при очищенні зерна

та вивозити їх на смітник. Далі все зерно розпочинає йти до норія Н2 через нього все йде спочатку до клапана КП1 в якому вже обирають куди відправляти зерно якщо положення 1 то все починає йти через транспортер Т1 до Хопера ХП який слугує для того щоб зібрати потрібний рівень зерна та почати наступний етап обробки зерна, якщо положення 2 то відправляють до клапана КП4 на 2 бункера Б1, Б2 для відвантаження зерна. Далі коли Хопер ХП заповнений до потрібного рівня розпочинається наступний етап обробки зерна, відкривається автоматична засувка ЗРЕ2 через яку все зерно потрапляє до транспортера Т2 який відвантажує все це зерно до клапана КП2 який в свою чергу розподіляє на норій Н3 чи Н4, якщо на норій Н3 то зерно потрапляє на сушарку СШ яка висушує зерно при цьому сама сушарка працює сама бо в ній знаходяться свої досить складні підсистеми якими ми не керуємо, якщо на норій Н4 то зерно йде до клапана КП5 в якому зерно розподіляє чи на клапан КП6 який всвою чергу розподіляє зерно на бункера Б3, Б4 для тимчасового зберігання та відвантаження зерна, або відправляє зерно на скрипковий транспортер Т4. Коли зерно висушують на сушарки СШ то його починають відправляти через транспортер Т3 на клапан КП3 який розподіляє на норій Н3 або Н4, якщо йде на норій Н3 то це називається рециркуляційний режим його використовують коли сушать кукурудзу а так як в неї 25% вологи то її знову запускають до сушарки щоб висушити її до потрібних 15%, але так як в нас зерно то його відправляють вже до норія Н4. Потім все зерно знову збігається до клапана КП5 та знову розподіляють на КП6 і вже на бункери Б3, Б4, або відправляють на транспортер Т4, і вже через транспортер зерно відправляють на клапан КП7 який в свою чергу розподіляє зерно на транспортер Т5 чи Т6 а вже через Т6 іде на транспортер Т7 а через нього на транспортер Т8, усі транспортери в нас скрипкові і в них знаходяться отвори які продемонстровані стрілочками в яких є засувка і через них регулюють куди саме потрібно висипати зерно в ЗЕРНОСХОВИЩІ, якщо засувку не потрібно відчиняти то зерно йде вже у саму останню дірку яка виглядає як трикутничок

на Т5 а вже на Т6 і Т7 там регулюють де до якого потрібно транспортера відправити зерно щоб заповнити рівномірно ЗЕРНОСХОВИЩЕ.

1.5 Аналітичний огляд існуючих способів обробки та передачі інформації.

Датчики на елеваторі:

Індуктивний датчик – вимірює проміжок часу між двома сигналами, виявленими в механізмах з поворотним або циклічним рухом. Коли часовий проміжок стає меншим за попередньо встановлене значення, пристрій перемикається та сигналізує про збільшення швидкості обертання або циклічності руху. Якщо час між імпульсами перевищує заздалегідь встановлений, то пристрій не перемикається, дозволяючи, таким чином, безперебійну роботу датчика.

Характеристики:

напруга – 12–24 В постійного струму;

споживаний струм – 13 мА;

комутаційна здатність до 200 мА;

відстань до певного предмета 0–8 мм;

червоний індикатор спрацьовування;

стійкість до вібрації 10–55 Гц;

стійкість до удару – 1000 м/с;

Відстань спрацьовування, мм : 10.0 – 15.0

Тип напруги : DC

Вихідний сигнал : цифровий (Рисунок 1.15) [16].



Рисунок 1.15 – Індуктивний датчик Omron E2E-X10ME1-Z

Датчик контролю сходження стрічки – призначений для контролю аварійного сходження у бік конвеєрної стрічки та видачі сигналу (шляхом замикання або розмикання свого контакту) у систему дистанційного або автоматизованого керування.

Характеристики:

Рівень і тип вибухозахисту – PO, Ia

Кількість контактів – один НЗ

Комутований змінний струм за напруги до 30 В А, не понад – 0,25

Комутований постійний струм, за напруги до 30 В А, не понад – 0,5

Відхилення вершини приводу датчика від його осі, за яких відбувається спрацювання контакту, мм, не понад – 60 (Рисунок 1.16) [17].



Рисунок 1.16 – Датчик контролю сходження стрічки КСЛ-2 (КСС-2)

Датчики вимірювання струму – призначений для вимірювання змінного, постійного чи імпульсного струму до 625 А.

Характеристики:

безконтактний вимір струму – (відсутність шунтових елементів)

гальванічна розв'язка до– 3000В

два інформаційних інтерфейсу – аналоговий, 0...20мА

Додатковий вхід виміру – 0–10В (модель ДТХ–04)

похибка вимірів – 1%. (Рисунок 1.17) [18].



Рисунок 1.17 – Датчик вимірювання струму

Soliswitch FTE20–AA13AA41. Механічний поворотний пластинчастий сигналізатор рівня Soliswitch FTE20–AA13AA41 від Endress+Hauser з релейним виходом є ідеальним датчиком для визначення рівня, а також для оповіщення про заповнення, спорожнення і потребу в силосах для сипучих.

Характеристики:

Робоча напруга макс. – 230 В

Тип напруги – АС

Вихід – Релейний

Максимальний вихідний струм – 6 А

Функція виходу – NC

Довжина стрижня – 75 мм речовин (Рисунок 1.18) [19].



Рисунок 1.18 – Датчики рівня ротаційні Endress+Hauser FTE20–
AA13AA41

1.6 Завдання і мета роботи

Мета роботи – це розробка кіберфізичної системи зернового елеватора для підприємства “РОКСАНА” у сфері фермерського господарства.

Завдання 1. Виконати аналіз об’єкту впровадження та обґрунтування напрямів розробки кіберфізичної системи зернового елеватора.

Завдання 2. На основі аналізу обґрунтувати вибір комплексу технічних засобів і реалізувати схему структурного обладнання.

Завдання 3. Згідно вимог кваліфікаційної роботи Бакалавра виконати розробку корпоративної мережі підприємства “РОКСАНА”.

Завдання 4. Згідно вимог до кваліфікаційної роботи Бакалавра розробити модуль кіберфізичної системи зернового елеватора.

1.7 Визначення можливих напрямків рішення поставлених завдань та обґрунтування вибраного напрямку інженерного рішення.

Обираємо напрямок згідно вимог до кваліфікаційної роботи ця системи має інтегруватися до загальної системи керування підприємством “РОКСАНА” тому використовуються по перше мережеві засоби, по друге так як на елеваторі є певна група маршрутів і варіантів точок завантаження, є певна варіативність по переробці зерна, тобто сушити чи не сушити зберігати тимчасово чи не зберігати тимчасової партії, то тут потрібен оператор і тому є можливість використати НМІ панель чи комп’ютер для роботи над елеватором, в випадку НМІ панелі не буде вигідним, так як велика варіативність обробки зерна, і тому тут потрібен на 100% оператор який буде не тільки керувати усім цим процесом ай вести певний обліковий запис того що саме куди саме відправляється зерно де воно завантажується або вивантажується чи куди відправлено зерно для зберігання. Тому НМІ панельне не підходить тут потрібен комп’ютер із системою SCADA та PLC, і робоче місце для оператора.

1. PLC – є ключовим компонентом для автоматизації промислових процесів. Вони використовуються для керування обладнанням та забезпечення взаємодії між різними частинами системи.

Яку роль відіграє система PLC:

Керують виконавчими механізмами: PLC приймають сигнали від датчиків та видають команди на виконавчі механізми (наприклад: конвеєри, клапани) забезпечуючи їх точне та синхронізоване функціонування.

Моніторинг стану системи: PLC отримують дані від датчиків та обробляють їх для подальшого використання іншими підсистемами.

Реалізація алгоритмів керування: Програмуються для виконання логічних операцій та алгоритмів, які забезпечують автоматизовану роботу системи (наприклад, запуск і зупинка маршрутів транспортування зерна).

2. Система диспетчерського керування та збору даних (SCADA) – забезпечують моніторинг і керування на рівні всього елеватора, об’єднуючи дані з усіх підсистем та дозволяючи операторам контролювати і керувати процесами в реальному часі.

Яку роль відіграє система SCADA:

Збір даних: SCADA система збирають дані з PLC та інших пристроїв по всій системі елеватора.

Моніторинг: Відображають стан всіх компонентів системи на екранах операторів, забезпечуючи візуалізацію процесів (графіки, діаграми, панелі стану).

Аналіз даних: Виконують аналіз зібраних даних для виявлення аномалій, оптимізації процесів та прийняття рішень.

Віддалене керування: Дозволяють операторам взаємодіяти з системою на відстані, здійснюючи керування процесами та оперативне втручання при необхідності.

Таким чином, PLC та SCADA працюють разом для забезпечення ефективної, надійної та безпечної роботи зернового елеватора, даючи точний контроль, моніторинг та керування всіма процесами[20].

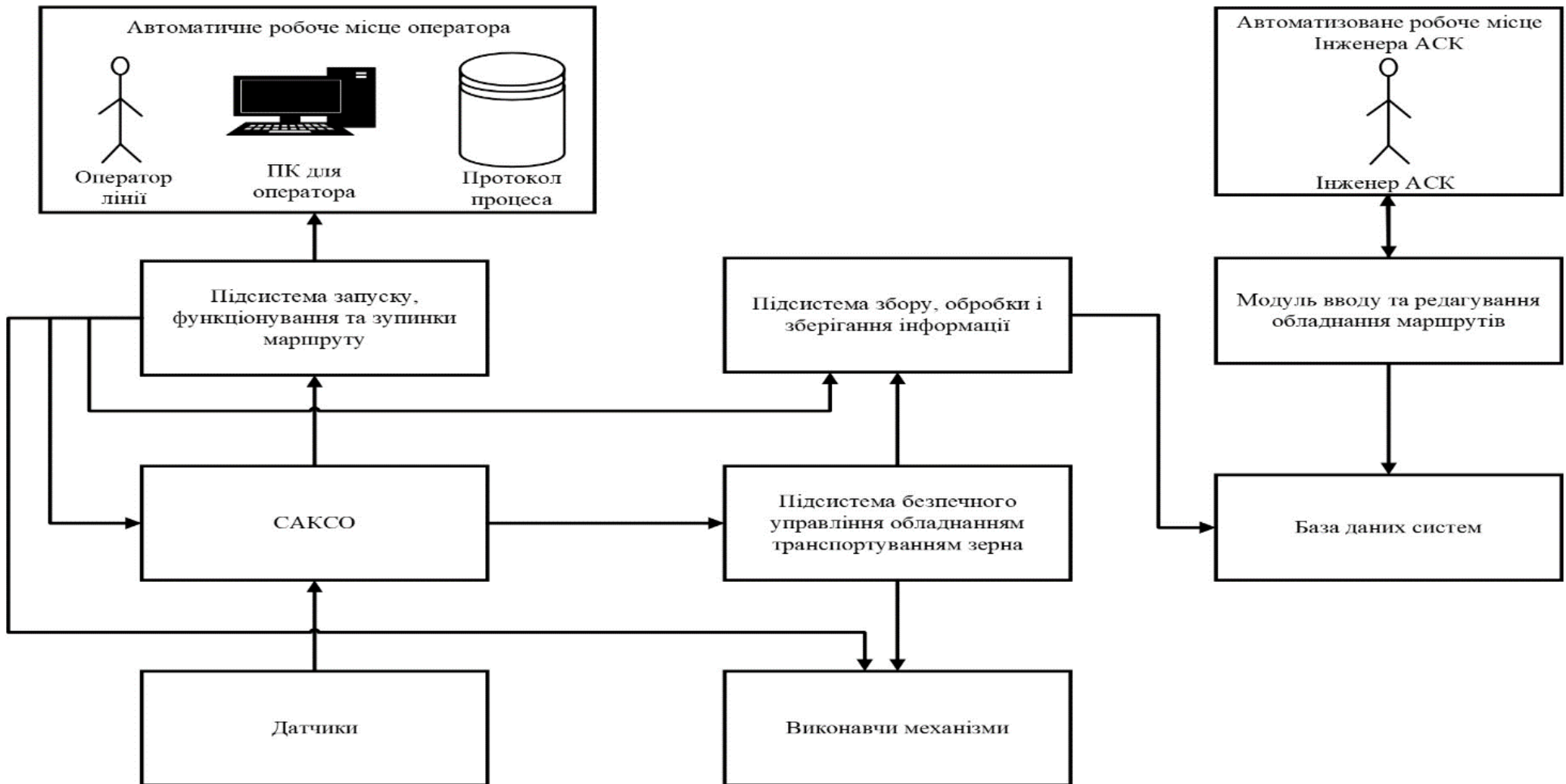


Рисунок 1.19 – Схема функціональної структури системи зернового елеватора

2 РОЗРОБКА АПАРАТНОЇ ЧАСТИНИ КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ

2.1 Технічні вимоги до комп'ютерної системи в цілому

2.1.1 Вимоги до структури і функціонування системи

Кіберфізична система транспортних ліній зернового елеватора фермерського господарства "Роксана", далі КСТЛ ЗЕ ФГР, ця система призначена для обробки даних під час технологічного процесу транспортних ліній зернового елеватора "Роксана".

Система повинна мати ієрархічну структуру розподіленого типу і включати рівні:

1. Рівень КВП і А;
2. Рівень ПЛК;
3. Рівень керування технологічним процесом(рівень оператора).

2.1.1.1 Перелік підсистем, їхнє призначення й основні характеристики

Система повинна складатися з наступних функціональних блоків:

- блок робочого місця оператора.
- блок запуску, функціонування та зупинки маршруту
- блок, збору обробки і зберігання інформації
- блок вводу та редагування обладнання маршрутів
- блок САКСО
- блок безпечного керування обладнанням транспортуванням зерна
- блок датчиків
- блок виконавчих механізмів

Призначення та характеристики:

1. Блок робочого місця оператора – Забезпечує взаємодію оператора з системою зернового елеватора. База даних дозволяє зберігати до 500тис. записів протягом року. Введення протоколу процесу спорадичне.

2. Блок запуску, функціонування та зупинки маршруту – Час реакції на подію під час запуску маршруту не більше 500мс. кількість підтримувальних маршрутів до 15.

3. Блок, збору обробки і зберігання інформації – Дозволяє зберігати до 50 налаштувань маршрутів до 30 налаштувань механізмів.

4. Блок вводу та редагування обладнання маршрутів – Забезпечує можливість вводу та редагування даних про маршрути і обладнання. Дає змогу інженерам вводити нові маршрути, змінювати існуючі та налаштовувати параметри обладнання. Додатковий блок захищений привілейованим доступом

5. Блок САКСО – Здійснює автоматизований контроль та спостереження за всіма процесами в межах елеватора. Обробляє інформацію від датчиків.

6. Блок безпечного керування обладнанням транспортуванням зерна – Забезпечує безпечне керування всіма механізмами та обладнанням, що використовуються для транспортування зерна. Включає в себе алгоритми та механізми, що забезпечують безперебійну та безпечну роботу усього обладнання.

7. Блок датчиків – Збирають дані про поточний стан обладнання на елеваторі, а саме використовуються для моніторингу різних показників, таких як рівень зерна в бункерах, швидкість руху норій та транспортерів, вимірювання струму та іншого. Періодичність видачі керуючих впливів опитування датчиків до 500мс.

8. Блок виконавчих механізмів – Виконують команди, що надходять від системи керування, для здійснення фізичних дій. Включають в себе різноманітні пристрої такі як клапани, конвеєри, вентилі тощо, які забезпечують реалізацію маршрутів транспортування зерна.

2.1.1.2 Вимоги до способів зв'язку для інформаційного обміну між компонентами системи.

Обмін між компонентами системи здійснюється за допомогою стандартних промислових інтерфейсів зумовлених технічними характеристиками технічного обладнання. Відстань для передачі між компонентами системи не менше 100м, для аналогової частини не менше 200м період повного обміну даними між компонентами системи не більше 500мс

2.1.1.3 Вимоги до характеристик взаємозв'язків створюваної системи із суміжними системами

Система повинна забезпечувати зв'язок із суміжними системами через провідну мережу Ethernet. Підмережа системи має бути відокремлена від суміжних систем за допомогою засобів захисту роутера Ethernet. Для введення відлагоджувальних робіт комплекс технічних засобів системи (КТЗ) має надавати точку безпроводного доступу вайфай для тимчасового підключення АРМ інженера АСК. На період коли система не працює у відлагоджувальному режимі точка вайфай має бути відключена.

2.1.1.4 Вимоги до режимів функціонування Кіберфізичної Системи

КС для зернового елеватора має можливість виконувати такі режими функціонування як автоматизований режим, диспетчерський режим, ручний режим та налагоджувальний режим.

Автоматизований режим – контроль і керування на рівні керування маршрутами здійснюється системою під наглядом і у результаті прийняття початкових рішень оператором.

Диспетчерський режим – контроль і керування маршрутами, або окремим обладнанням здійснюється оператором шляхом ручного керування обладнанням маршрутів з АРМ.

Ручний режим – керування маршрутами, або окремим обладнанням здійснюється оператором шляхом ручного керування обладнанням маршрутів з кнопочових локальних постів керування.

Налагоджувальний режим – здійснюється інженером АСК на стадії впровадження на об'єкті, гарантійного та після гарантійного ремонту, модернізації.

2.1.1.5 Вимоги до діагностування Кіберфізичної Системи

Діагностування елементів системи виконується з періодичністю не рідше 2 рази на рік. Під час діагностування контролюється цілісність датчиків, електросилового обладнання, адекватність контролю стану та керування механізмами і маршрутами відповідно у ручному, диспетчерському та автоматизованими режимах.

2.1.1.6 Перспективи розвитку та модернізації системи

Система зернового елеватора в перспективі повинна бути інтегрована в корпоративну мережу підприємства фермерського господарства “Роксана” та мати такі вимоги:

- Мережа повинна постійно надавати персоналу зв'язок між собою та наділяти можливістю обміну даними, ресурсами та інформацією між персоналом.

- Структура мережі повинна бути такої щоб у майбутньому була можливість вдосконалення та розширення мережі для підприємства “Роксана”

- Мережа повинна бути забезпечена системою, яка допомагає зберігати дані, щоб вони не зникли в разі раптового відключення електроенергії або інших несподіваних ситуацій.

- Мережа повинна бути забезпечена надійним антивірусом для захисту від шкідливого програмного забезпечення та безпеки усієї мережі підприємства.

- Мережа повинна бути забезпечена системою для моніторингу мережі для відстеження стану мережі, виявлення проблем і забезпечення безперервності роботи.

Можлива структура корпоративної мережі підприємства “Роксана”, яка буде розбита на 5 підмереж до яких входять:

- LAN1 – Підмережа директора;
- LAN2 – Підмережа якості зерна;
- LAN3 – Підмережа відділу кадрів;
- LAN4 – Підмережа обслуговчого відділу;
- LAN5 – Підмережа машинного відділу (Рисунок 2.1);

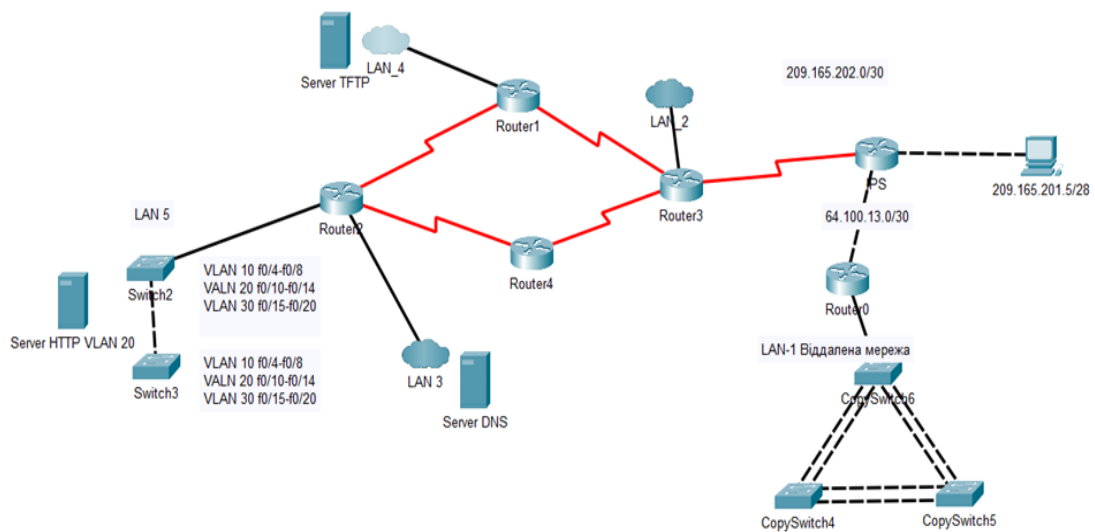


Рисунок 2.1 – Загальна топологія мережі підприємства

2.1.2 Вимоги до показників призначення

Час реакції блоку робочого місця оператора АРМ не більше події секунди.

2.1.3 Вимоги до експлуатації, технічного обслуговування, ремонту і збереженню

2.1.3.1 Умови і регламент (режим) експлуатації

Система експлуатується цілодобово без вихідних у сезон прийому, заготівлі і відпуску зерна в інший час поміри технологічної необхідності.

2.1.3.2 Вимоги до параметрів мереж енергопостачання (живлення та заземлення.)

Обчислювальні вузли мережі живляться від мережі змінного струму 230В 50Гц заземлення TNS.

2.1.3.3 Вимоги до кількості кваліфікації обслуговчого персоналу і режимам його роботи

Для роботи нашого елеватора потрібно 4 людини які отримали спеціальність Агроінженерія, 3 оператори та 1 Інженер АСК. Інженер АСК в нас максимум може працювати по мірі необхідності але не частіше 8 годин 5 разів на тиждень а оператори в період збору зерна 12 годиними змінами 3 оператори 2 зміни персоналу 2 зміни робочих в період коли заготівлі не має по мірі необхідності але не частіше 5 днів на тиждень 8 годин на день:

План графіку Інженер АСК:

Понеділок: 09:00 – 17:00

Вівторок: 09:00 – 17:00

Середа: 09:00 – 17:00

Четверг: 09:00 – 17:00

П'ятниця: 09:00 – 17:00

Субота: Вихідний

Неділя: Вихідний

План графіку Операторів в (Період збору зерна):

Зміна 1: 08:00 – 20:00 (Оператор 1, Оператор 2)

Зміна 2: 20:00 – 08:00 (Оператор 3, Оператор 1)

Ротація: кожні 2 дні змінюються операторами.

План графіку Операторів в (Період без заготівлі):

Понеділок: 8:00 – 16:00 (Оператор 1, Оператор 2)

Вівторок: 8:00 – 16:00 (Оператор 3, Оператор 1)

Середа: 8:00 – 16:00 (Оператор 2, Оператор 3)

Четвер: 8:00 – 16:00 (Оператор 1, Оператор 2)

П'ятниця: 8:00 – 16:00 (Оператор 3, Оператор 1)

Субота, Неділя: вихідний

Такий графік зроблений для того щоб елеватор перебував у робочому стані та щоб можливо було його запустити в потрібний момент обробки необхідного зерна, недоліки цього режиму вже залежить більш не від графіка а від самих людей яким потрібно буде пристосуватися до роботи у нічний час.

На посаду операторів та Інженера АСК обирають таких людей які відповідають заданим кваліфікаціям:

- Професійна – технічна освіта.
- Можливість підвищення кваліфікації.
- Стаж праці не мене 2 років.
- Досвід роботи з обладнанням елеватора.

2.1.4 Вимоги до патентної частини

На території України.

2.1.5 Додаткові вимоги

2.1.5.1 Вимоги до кабель–каналів, інформаційним та електричним розеткам

Вони повинні відповідати таким вимогам щоб можна було встановити під відкритим небом.

2.1.5.2 Вимоги до комунікаційного обладнання і його розташування

Обладнання має бути встановлено в окремий розподільчий пункт там де розміщується електросилове комунікаційне обладнання.

2.1.5.3 Вимоги до однорідності

Підключення датчиків повинно бути виконане моножилним кабелем не менше 1 квадратного мм, а комунікаційне електросилове обладнання виконавчих механізмів підключається багатожилним мідним кабелем перетином не менше 1кмм ізоляцією полівінілхлорид (ПВХ), мережа підприємства підводиться за допомогою кабелю для зовнішнього монтажу не нижче 6 категорії екранованим.

2.1.5.4 Вимоги до резервування

Кожний технічний елемент промислового виконання має бути зарезервовані в кількості не менше 5% від загальної кількості.

2.2 Вимоги до видів забезпечення

2.2.2 Лінгвістичне забезпечення

Використовується українська та англійська мова в інтерфейсах, інструкціях та іншої документації.

2.2.3 Технічне забезпечення

Компоненти системи повинні бути реалізовані засобами промислових контролерів фірми Siemens, модельний ряд S7 – 1200, АРМ оператора, а саме роутер, комутатор, маршрутизатор, точка вайфай та інше, також розроблено на базі фірми Siemens для промислового виконання.

2.2.4 Організаційне забезпечення

2.2.4.1 До структури і функцій підрозділів, що беруть участь у функціонуванні системи чи забезпечують її експлуатацію

Підрозділ оператора знаходиться під порядкуванням Агрономічної служби в організаційній структурі фермерського господарства “Роксана”.

2.2.4.2 До організації функціонування системи і порядку взаємодії персоналу системи і персоналу об’єкта впровадження

Оператор системи входить водночас до складу персоналу об'єкта впровадження і може давати розпорядження робітникам в обслуговуванні сховища.

2.2.4.3 До захисту від помилкових дій персоналу системи

Система автоматично забезпечує захист від помилок оператора під час вибору маршрутів.

2.2.5 Методичне забезпечення

У керівництва оператора для обслуговування системи має бути інструкція з експлуатації.

2.3 Розробка специфікацій апаратних засобів комп'ютерної системи

Для розробки специфікації апаратних засобів ми визначаємо входи і виходи АСК ЗЕ та проводимо аналіз і класифікацію входів і виходів датчиків та виконавчих механізмів технологічного обладнання.

Наше обладнання датчиками і виконавчими механізмами які приведені в таблиці 1.1

Проводимо угруповання вхідних і вихідних сигналів за нашим обладнанням та електричних параметрів в коротку технічну специфікацію АСК ЗЕ. Це угруповання продемонстровано на таблиці 2.1

Таблиця 2.1 – Перелік вхідних і вихідних даних сигналів. АСК Зернового елеватора

№ п/п	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напрм. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело / Отримувач	Форма подання (розрядність точність)		Період вв./вив., сек.
						Зов.	Внутр.	
Норії (Н1, Н2, Н3, Н4)								
1.	Включити норії	Вихід	Керування	Норм. Розімкн.	Оператор	24 В	1 біт	0,5
2.	Запустити норії	Вхід	Керування	Норм. Розімкн.	Оператор	24 В	1 біт	0,5
3.	Датчик сходження стрічки	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Датчик сходження КСЛ– 2	24 В	1 біт	0,5
4.	Датчик швидкості норії	Вхід	Контроль	Норм. Розімкн.	Індуктивний датчик	24 В	1 біт	0,5
5.	Сигнал про спрацювання пускача	Вхід	Контроль	Норм. Розімкн.	Пускач АВВ ACS580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5
6.	Датчик споживання струму	Вхід	Контроль	аналог	Датчик струму ДТХ – 111	0...20мА	13 біт	0,5
7.	Датчик завалу башмака	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Датчик завалу башмака	24 В	1 біт	0,5
8.	Зупинка норії	Вхід	Керування	Норм. Замкн.	Оператор	24 В	1 біт	0,5
9.	Виключення норії	Вихід	Керування	Норм. Замкн.	Оператор	24 В	1 біт	0,5

Продовження таблиці 2.1

№ п/п	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напрм. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело / Отримувач	Форма подання (розрядність точність)		Період вв./вив., сек.
						Зов.	Внутр.	
Транспортери (Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6, Т7, Т8)								
8.	Робота двигуна	Вхід	Контроль	Норм. Розімкн.	Контакт пускача ABB ACS580	24 В	1 біт	0,5
9.	Запуск двигуна	Вихід	Керування	Норм. Розімкн.	Пускач АBB ACS580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5
10.	Зупинка двигуна	Вихід	Керування	Норм. Розімкн.	Пускач АBB ACS580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5

Продовження таблиці 2.1

№ п/п	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напрм. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело / Отримувач	Форма подання (розрядність точність)		Період вв./вив., сек.
						Зов.	Внутр.	
Клапани перекидні (КП1, КП2, КП3, КП4, КП5, КП6)								
11.	Положення клапана	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Контакт пускача АВВ ACS580	24 В	1 біт	0,5
12.	Клапан відкритий	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Пускач АВВ ACS580	24 В	1 біт	0,5
13.	Клапан закритий	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Пускач АВВ ACS580	24 В	1 біт	0,5
14.	Відкрити клапан	Вихід	Керування	Норм. Розімкн.	Пускач АВВ ACS580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5
15.	Закрити клапан	Вихід	Керування	Норм. Розімкн.	Пускач АВВ ACS580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5

Продовження таблиці 2.1

№ п/п	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напрм. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело / Отримувач	Форма подання (розрядність точність)		Період вв./вив., сек.
						Зов.	Внутр.	
Сепаратор								
16.	Верхній рівень	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Endress + Hauser	24 В	1 біт	0,5
17.	Нижній рівень	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Endress + Hauser	24 В	1 біт	0,5
18.	Сепаратор включений	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Контакт пускача АВВ АСС580	24 В	1 біт	0,5
19.	Сепаратор включити	Вихід	Керування	Норм. Розімкн.	Контакт пускача АВВ АСС580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5

Продовження таблиці 2.1

№ п/п	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напрм. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело / Отримувач	Форма подання (розрядність точність)		Період вв./вив., сек.
						Зов.	Внутр.	
Сушарка								
20.	Робота Двигуна вентилятора	Вхід	Контроль	Норм. Розімкн.	Контакт пускача АВВ ACS580	24 В	1 біт	0,5
21.	Запуск двигуна вентилятора	Вихід	Керування	Норм. Розімкн.	Пускач АВВ ACS580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5
22.	Зупинка двигуна вентилятора	Вихід	Керування	Норм. Розімкн.	Пускач АВВ ACS580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5

Продовження таблиці 2.1

№ п/п	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напрм. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело / Отримувач	Форма подання (розрядність точність)		Період вв./вив., сек.
						Зов.	Внутр.	
Хопер								
23.	Нижній рівень	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Endress + Hauser	24 В	1 біт	0,5
24.	Верхній рівень	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Endress + Hauser	24 В	1 біт	0,5
25.	Засувка закрита	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Контакт пускача ABB ACS580	24 В	1 біт	0,5
26.	Засувка відкрита	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Контакт пускача ABB ACS580	24 В	1 біт	0,5
27.	Засувку закрити	Вихід	Керування	Норм. Розімкн.	Пускач ABB ACS580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5
28.	Засувку відкрити	Вихід	Керування	Норм. Розімкн.	Пускач ABB ACS580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5

Продовження таблиці 2.1

№ п/п	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напрм. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело / Отримувач	Форма подання (розрядність точність)		Період вв./вив., сек.
						Зов.	Внутр.	
Засувка (ЗРЕ1, ЗРЕ2)								
29.	Засувка закрита	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Контакт пускача АВВ АСС580	24 В	1 біт	0,5
30.	Засувка відкрита	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Контакт пускача АВВ АСС580	24 В	1 біт	0,5
31.	Засувка закрита	Вихід	Керування	Норм. Розімкн.	Пускач АВВ АСС580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5
32.	Засувка відкрита	Вихід	Керування	Норм. Розімкн.	Пускач АВВ АСС580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5

Продовження таблиці 2.1

№ п/п	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напрм. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело / Отримувач	Форма подання (розрядність точність)		Період вв./вив., сек.
						Зов.	Внутр.	
Бункера (Б1, Б2, Б3, Б4)								
33.	Нижній рівень	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Endress + Hauser	24 В	1 біт	0,5
34.	Засувка закрита	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Контакт пускача АВВ ACS580	24 В	1 біт	0,5
35.	Засувка відкрита	Вхід	Контроль	Норм. Замкн.	Контакт пускача АВВ ACS580	24 В	1 біт	0,5
36.	Засувку закрити	Вхід	Керування	Норм. Розімкн.	Пускач АВВ ACS580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5
37.	Засувка відкрита	Вихід	Керування	Норм. Розімкн.	Пускач АВВ ACS580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5
38.	Верхній рівень	Вихід	Контроль	Норм. Замкн.	Endress + Hauser	24 В	1 біт	0,5

Продовження таблиці 2.1

№ п/п	Найменування інформації (сигнали, дані)	Напрм. вх./вих.	Функція	Вигляд	Джерело / Отримувач	Форма подання (розрядність точність)		Період вв./вив., сек.
						Зов.	Внутр.	
Вентиляція централізована								
39.	Робота двигуна	Вхід	Контроль	Норм. Розімкн.	Контакт пускача АВВ ACS580	24 В	1 біт	0,5
40.	Запуск двигуна	Вихід	Керування	Норм. Розімкн.	Пускач АВВ ACS580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5
42.	Зупинка двигуна	Вихід	Керування	Норм. Розімкн.	Пускач АВВ ACS580	~220 В, 0,5 А	1 біт	0,5

Таблиця 2.2 Технічна специфікація (коротка) АСК ЗЕ

№ п/п	Пристрій	Опис входу або виходу	Кількість входів або виходів
		Дискретні входи Endress + Hauser	
1.	Норії (Н1, Н2, Н3, Н4)	--/–	4
2.	Транспортери (Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6, Т7, Т8)	--/–	1
3.	Клапани перекидні (КП1, КП2, КП3, КП4, КП5, КП6)	--/–	3
4.	Сепаратор	--/–	3
5.	Сушарка	--/–	1
6.	Хопер	--/–	4
7.	Засувка (ЗРЕ1, ЗРЕ2)	--/–	2
8.	Бункера (Б1, Б2, Б3, Б4)	--/–	4
9.	Вентиляція централізована	--/–	1
РАЗОМ			23
10.	Норії (Н1, Н2, Н3, Н4)	Аналогові входи датчик струму ДТХ – 111	4
РАЗОМ			4
		Дискретні виходи Пускач АВВ ACS580	
11.	Норії (Н1, Н2, Н3, Н4)	--/–	2
12.	Транспортери (Т1, Т2, Т3, Т4, Т5, Т6, Т7, Т8)	--/–	2
13.	Клапани перекидні (КП1, КП2, КП3, КП4, КП5, КП6)	--/–	2
15.	Сепаратор	--/–	1
16.	Сушарка	--/–	2
17.	Хопер	--/–	2
18.	Засувка (ЗРЕ1, ЗРЕ2)	--/–	2
19.	Бункера (Б1, Б2, Б3, Б4)	--/–	2
20.	Вентиляція централізована	--/–	2
РАЗОМ			17

2.4 Вибір і обґрунтування структурної схеми комплексу технічних засобів комп'ютерної системи шляхом узгодження структури з топологічними особливостями об'єкту розробки

Обираємо джерела живлення для системи автоматизації на базі SIMATIC S7–1200 (Рисунок 2.2):



Рисунок 2.2 – Основний контролер: Модуль SIMATIC S7–1200 CPU 1214C

Базове споживання: 200мА (включаючи електроніку контролера)

Вбудовані входи/виходи:

14 Дискретних входів (DI)

10 дискретних виходів (DO)

2 аналогові входи (AI)

Споживання струму для входів і виходів на цьому модулі:

14 DI: $14 * 3 \text{ мА} = 42 \text{ мА}$

10 DO: $10 * 20 \text{ мА} = 200 \text{ мА}$

2 AI: $2 * 0,5 \text{ мА} = 1 \text{ мА}$

Загальне споживання: $200\text{мА (базове)} + 42\text{мА} + 200\text{мА} + 1\text{мА} = 443\text{мА}[21]$.

Обираємо модуль для дискретного вводу–виводу SM 1223 (Рисунок 2.3):



Рисунок 2.3 – Модуль дискретного вводу–виводу SM 1223

Базове споживання: ~50 мА

Вбудовані входи/виходи:

16 Дискретних входів (DI)

16 дискретних виходів (DO)

Споживання струму для входів і виходів:

16 DI: $16 * 3 \text{ мА} = 48 \text{ мА}$

16 DO: $16 * 20 \text{ мА} = 320 \text{ мА}$

Загальне споживання: $50\text{мА (базове)} + 48\text{мА} + 320\text{мА} = 418\text{мА}[22]$.

Обираємо модуль аналогово вводу–виводу SM 1234 (Рисунок 2.4):



Рисунок 2.4 – Модуль аналогового вводу–виводу SM 1234

Базове споживання: ~ 50 мА

Вбудовані входи/виходи:

4 аналогові входи (AI)

Споживання струму для входів і виходів:

4 AI: $4 * 0,5$ мА = 2 мА

Загальне споживання: 50мА (базове) + 2мА + 2мА = 54мА[23].

Загальне споживання струму з усіх модулів вийде: 443мА (CPU 1214C) + 418мА (SM 1223) + 54мА(SM 1234) = 915мА

Загальна кількість входів та виходів, враховуючи всю систему:

23 дискретних входи (DI) = 23×3 мА = 69мА

4 аналогових входи (AI) = $4 \times 0,5$ мА = 2мА

17 дискретних виходів (DO) = 17×20 мА = 340мА

Підсумкове споживання струму всіх входів виходів: 69мА (DI) + 2мА (AI) + 340мА (DO) = 411мА

Споживання всіх 915мА (модулі) + 411мА (входи/виходи) = 1326мА

Оскільки загальне споживання: 1,326 А (24 В постійного струму) то рекомендується вибрати джерело живлення з потужністю приблизно 2 А або більше, наприклад, 24 В, 2,5 А, а саме обираємо блок живлення серії SIMATIC S7-1200, PM1207 (Рисунок 2.5):



Рисунок 2.5 – Блок живлення серії SIMATIC S7-1200, PM1207

Вихідний струм, не більше – 2.5 А

Вихідна напруга – 24 В

Вихідна потужність – 60 Вт[24].

Блок живлення SIMATIC S7-1200, PM1207, цілком підходить до системи автоматизації на базі SIMATIC S7-1200, оскільки він забезпечує достатній запас потужності для стабільної роботи всіх компонентів системи.

Тепер із розчисаного споживання струму ми оберасмо маршрутизатор фірми SCALANCE (Рисунок 2.6):



Рисунок 2.6 – SCALANCE S615 LAN

Маршрутизатор локальної мережі SCALANCE S615; для захисту пристроїв/мереж у техніці автоматизації та для захисту промислових комунікацій за допомогою VPN та брандмауера; Інші функції: перетворення адрес (NAT/NAPT), підключення до SINEMA RC, 5–портовий комутатор, 1x dig. вхід, 1x цифровий вихід.

Цей комутатор використовується в системах автоматизації для забезпечення швидкого та надійного обміну даними між різними компонентами виробничої мережі. Він підтримує високі стандарти якості та надійності, що робить його незамінним у промисловій автоматизації[25].

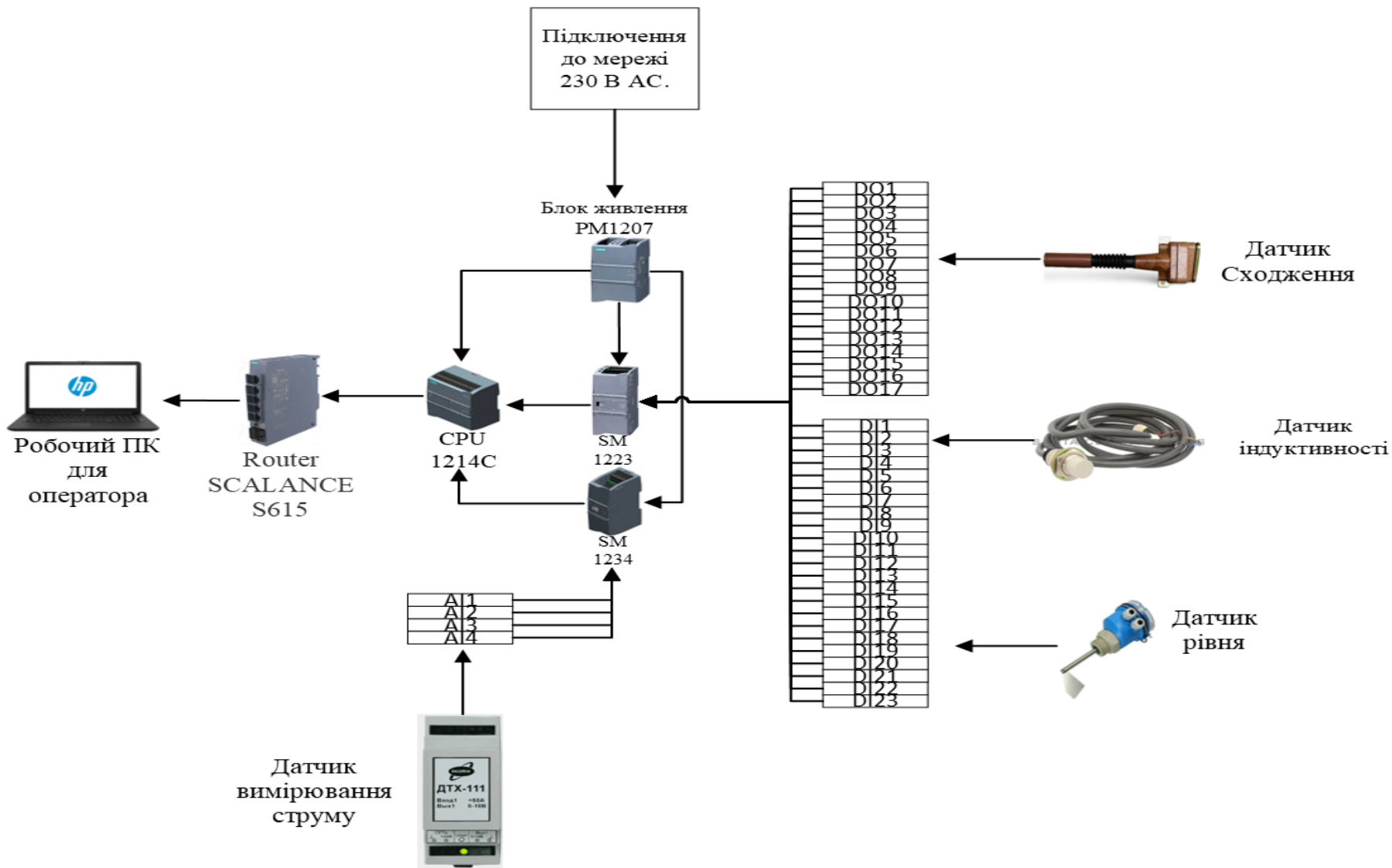


Рисунок 2.6 – Схема структурного комплексу технічних засобів кіберфізичної системи зернового елеватора

2.5 Розрахунок інтенсивності вихідного трафіку найбільшої локальної корпоративної мережі підприємства

Найбільшою мережею мого підприємства “Роксана” є LAN4. Для того щоб розрахувати інтенсивність трафіку буду використовувати наступні дані:

$N_0 = 117$ (одиниць) – це кількість вузлів в мережі;

$\mu = 167$ (кадрів/с) – це середня інтенсивність трафіку;

$l = 650$ (байт) – середня довжина повідомлень становить;

$n = 24$ (одиниць) – кількість портів комутатора.

Максимальна передача через затримку пакету не повинно бути вище 6.

При розрахунку пропускної здатності будемо користуватися формулою:

$$P_{p.p} = \mu * l * n$$

При розрахунку довжини кадра нам потрібно байти перевести в біти.

$$l = 650 \text{ (байт)} = 5200 \text{ (біт)};$$

$$n = 24 \text{ одиниць};$$

$$P_{p.p} = 167 * 5200 * 24 = 20\,841\,600 \text{ (біт/с)}$$

Для того щоб виміряти пропускну здатність мережі на рівні розподілу:

$$P_{p.p} = \mu * l * N_0 * 8$$

Де 8 це: 1 байт = 8 біт.

$$P_{p.p} = 167 * 650 * 117 * 8 = 10,16 \text{ (Мбіт/с)}$$

Для того щоб виміряти пропускну здатність мережі на рівні доступу:

$$P_{p.d} = \mu * l * n * 8$$

$$P_{p.d} = 167 * 650 * 24 * 8 = 20,84 \text{ (Мбіт/с)}$$

Загальне навантаження на комутатор в якого використовується лінія передачі з пропускну здатністю 1000 Мбіт/с. Тому загальна нагрузка на комутатор не повинна бути вище ніж:

$$\mu_{вих} = 1000 * 1000000 / (650 * 8) = 192308 \text{ (пакетів/с)}.$$

Так як в найбільшій мережі буде вироблятися 167 (кадрів/с), то необхідно внести обмеження до приєднання комутатора на рівні розподілу:

$$N_{дж} = \mu_{вих} / \mu = 192308 / 167 = 1151 \text{ (джерел)}$$

Цього вистачить для найбільшої мережі яка має (117 вузол).

Тепер визначаєм інтенсивність вихідного трафіку для того щоб розрахувати коефіцієнт затримки за формулою:

$$\lambda = N_0 * \mu = 117 * 167 = 19539 \text{ (пакетів/с)}.$$

Отже, роблячи вердикт ми можемо дізнатися що коефіцієнт затримки на рівні розподілу буде:

$$p = \lambda / \mu_{\text{вих}} = 19539 / 192308 = 0,10.$$

Тепер ми маємо можливість розрахувати коефіцієнт зайнятості комутатора на рівні розподілу, за формулою:

$$r = p / (1 - p) = 0,10 / (1 - 0,10) = 0,111$$

Завдяки цим розрахункам ми дізнаємося що середня затримка кадру в черзі M/M/1 дорівнюватиме:

$$T = 1 / ((\mu_{\text{вих}} - \lambda)) = 1 / (192308 - 19539) = 5,5 \text{ (мкс)}$$

Тепер будемо розраховувати середню довжину черги паєтів, за формулою:

$$L_{\text{черг}} = p^2 / (1 - p) = (0,10)^2 / (1 - 0,10) = 0.0111$$

Тепер потрібно розрахувати середній одного пакета у черзі, і зробимо ми це завдяки такій формулі:

$$\text{Точікування} = L_{\text{черг}} / \lambda = 0.0111 / 19539 = 5,68 \text{ (мкс)}$$

На кінець будемо розраховувати пропускна здатність за такою формулою:

$$b = \lambda * 1 * 8 = 19539 * 650 * 8 = 10,16 \text{ (Мбіт/с)}$$

Після усіх цих розрахунків можемо сміло сказати, що лінії розподілу на 1 Гбіт/с більш ніж достатньо.

3 РОЗРОБКА КОРПОРАТИВНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Розрахунок адресації мережі.

Для того щоб реалізувати розрахунок адресації підмережі ми спочатку розподілимо нашу мережу завдяки системі – VLSM, що означає маска підмережі змінної довжини, яка виникає, коли у проекті підмережі використовується кілька масок однієї мережі.

VLSM еквівалентний поділу підмереж на підмережі, що означає, що VLSM дозволяє мережевим інженерам розділити простір IP-адрес на ієрархії підмереж різного розміру. Таким чином, VLSM дозволяє мережевим інженерам створювати підмережі з різною кількістю хостів, при цьому втрачається лише невелика кількість адрес. VLSM використовується для збільшення доступності підмереж, оскільки підмережі можуть мати змінний розмір. Це також визначається як процес розподілу на підмережі для підмережі.

Таблиця 3.1 – Кількість вузлів для мережі.

Адреса для виділення підмережі	Назва мережі	LAN1	LAN2	LAN3	LAN4	LAN5
10.25.112.0/22	Кількість вузлів	42	58	82	110	117

- LAN1 Підмережа для директора;
- LAN2 Підмережа для якості зерна;
- LAN3 Підмережа для відділу кадрів;
- LAN4 Підмережа для обслуговчого відділу;
- LAN5 Підмережа для машинного відділу;

Завдяки цій таблиці дізнаємося що в мережі буде 5 підмереж із вузловими пристроями, тому розпочинаємо розрахунок підмережі, для початку робимо це від самої великої мережі і до самої малесенької, розглядаючи таблицю ми розуміємо що розпочинаємо з LAN4, так як на ньому сама велика кількість підмереж – 117. Спочатку знаходимо саму велику ступінь двійки або рівну для

117. В цьому випадку $2^7 = 128$, тому нам потрібно 7 біт для цієї мережі. Маска підмережі в нас буде дорівнювати /25, так як $(32 - 7 = 25)$. Перша IP-адреса до підмережі буде 10.25.112.1, а остання 10.25.112.126. Наступний розрахунок IP-адрес буде виконуватися точно так само. Результат в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Адресація корпоративної мережі.

Назва мережі	Кількість вузлів	Номер мережі	Маска мережі	Початкове значення діапазону можливих адрес вузлів у підмережі	Кінцеве значення діапазону можливих адрес вузлів у підмережі
LAN1	42	10.25.114.0	/26	10.25.114.1	10.25.114.62
LAN2	82	10.25.113.0	/25	10.25.113.1	10.25.113.126
LAN3	58	10.25.113.128	/26	10.25.113.129	10.25.113.190
LAN4	117	10.25.112.0	/25	10.25.112.126	10.25.112.126
LAN5	110	10.25.112.128	/25	10.25.112.254	10.25.112.254

Це були загальна адресація корпоративної мережі підприємства “Роксана”.

Тепер проводимо розрахунок адресації мережі WAN та ISP.

Таблиця 3.3 – Розрахунок адресації мережі.

Назва мережі	Кількість вузлів	Номер мережі	Маска мережі	Початкове значення діапазону можливих адрес вузлів у підмережі	Кінцеве значення діапазону можливих адрес вузлів у підмережі
LAN1	64/42	10.25.114.0	/26	10.25.114.1	10.25.114.62
LAN2	128/82	10.25.113.0	/25	10.25.113.1	10.25.113.126
LAN3	64/58	10.25.113.128	/26	10.25.113.129	10.25.113.254
LAN4	128/117	10.25.112.0	/25	10.25.112.1	10.25.112.126
LAN5	128/110	10.25.112.128	/25	10.25.112.129	10.25.114.254
WAN1	2/2	10.0.14.0	/30	10.0.14.1	10.0.14.2
WAN2	2/2	10.0.14.4	/30	10.0.14.5	10.0.14.6
WAN3	2/2	10.0.14.8	/30	10.0.14.9	10.0.14.10
WAN4	2/2	10.0.14.12	/30	10.0.14.13	10.0.14.14
ISP1	2/2	209.165.202.0	/30	209.165.202.1	209.165.202.2

Продовження таблиці 3.3

Назва мережі	Кількість вузлів	Номер мережі	Маска мережі	Початкове значення діапазону можливих адрес вузлів у підмережі	Кінцеве значення діапазону можливих адрес вузлів у підмережі
ISP2	2/2	64.100.13.0	/30	64.100.13.1	64.100.13.2

3.2 Розрахунок схеми адресації пристроїв.

Після розрахунку адресації мережі ми переходимо до адресації інтерфейсів мережі на маршрутизаторах, налаштування віддаленої мережі LAN1 та маршрутизатора провайдера, дивлячись на налаштування підрозділів, які будуть виконанні далі, ми створюємо такий розподіл адрес маршрутизації що продемонстровано у таблиці 3.2. Перші адреси були привласнені тим інтерфейсам що спочатку ведуть до підмереж, через що утворюється Default Gateway.

Таблиця 3.4 – Адресація пристроїв для маршрутизації.

Пристрій	Інтерфейс	IP-адреса	Маска	Шлюз	VLAN	Інтерфейс підключеного пристрою
ISP	Se0/3/1	209.165.202.2	255.255.255.252	–	–	Se0/3/1
	Gig0/0	64.100.13.1	255.255.255.252	–	–	Gig0/0
	Gig0/1	209.165.201.1	255.255.255.240	–	–	Fa0
Router0	Gig0/0	64.100.13.2	255.255.255.252	–	–	Gig0/0
	Gig0/1	10.25.114.1	255.255.255.192	–	–	Gig0/1
Router1	Se0/3/0	10.1.14.1	255.255.255.252	–	–	Se0/3/0
	Se0/3/1	10.1.14.14	255.255.255.252	–	–	Se0/3/1
	Gig0/1	10.25.112.1	255.255.255.128	–	–	Gig0/1
Router2	Se0/3/0	10.1.14.13	255.255.255.252	–	–	Se0/3/1
	Se0/3/1	10.1.14.9	255.255.255.252	–	–	Se0/3/1
	Gig0/1	10.25.112.129	255.255.255.128	–	–	Gig0/1
	Gig0/2	10.25.113.129	255.255.255.128	–	–	Gig0/2

Продовження таблиці 3.4

Пристрій	Інтерфейс	IP-адреса	Маска	Шлюз	VLAN	Інтерфейс підключеного пристрою
Router3	Se0/2/0	10.1.14.5	255.255.255.252	–	–	Se0/3/0
	Se0/3/0	10.1.14.2	255.255.255.252	–	–	Se0/3/0
	Se0/3/1	209.165.202.1	255.255.255.252	–	–	Se0/3/1
	Gig0/1	10.25.113.1	255.255.255.128	–	–	Gig0/1

Далі було розраховано IP-адресцію Серверів. Адресацію серверів виконуємо за вимогами, а саме IP-адрес дорівнює першому можливому адресу у мережі+9+№, де № – номер варіанту студента за списком у групі, і відповідаючи цим вимогам виходить така таблиці:

Таблиця 3.5 – Адресація інтерфейсів серверів.

Назва серверу	Назва інтерфейсу	IP-адреса	Маска	Шлюз
HTTP	Fa0	10.25.112.184	25	10.25.112.161
DNS	Fa0	10.25.113.152	25	10.25.113.129
TFTP	Fa0	10.25.112.24	25	10.25.112.1

Ну і накічень було проведено розподіл адресації на комутаторах з SVI-інтерфейсам, які отримали другу IP-адресу виходячи із IP-адресів своєї мережі.

Таблиця 3.6 – Адресація пристроїв для комутації.

Ім'я пристрою	Інтерфейс	IP-адреса	Маска	Шлюз	VLAN	Інтерфейс підключеного пристрою
Sotnik_Switch0 _LAN1	Fa0/1	–	/26	–	–	Fa0/1
	Fa0/2	–	/26	–	–	Fa0/1
	Fa0/3	–	/26	–	–	Fa0/1
	Fa0/4	–	/26	–	–	Fa0/1
	Vlan1	10.25.114.2	/26	10.25.114.1	1	–

Продовження таблиці 3.6

Ім'я пристрою	Інтерфейс	IP-адреса	Маска	Шлюз	VL AN	Інтерфейс підключеного пристрою
Sotnik_Switch1 _LAN1	Fa0/1	–	/26	–	–	Fa0/1
	Fa0/2	–	/26	–	–	Fa0/2
	Fa0/5	–	/26	–	–	Fa0/5
	Fa0/6	–	/26	–	–	Fa0/6
	Vlan1	10.25.114.3	/26	10.25.114.1	1	–
Sotnik_Switch2 _LAN1	Fa0/3	–	/26	–	–	Fa0/3
	Fa0/4	–	/26	–	–	Fa0/4
	Fa0/5	–	/26	–	–	Fa0/5
	Fa0/6	–	/26	–	–	Fa0/6
	Vlan1	10.25.114.4	/26	10.25.114.1	1	–
Sotnik_Switch0 _LAN2	Vlan1	10.25.113.2	/25	10.25.113.1	1	–
Sotnik_Switch0 _LAN3	Vlan1	10.25.113.1 30	/25	10.25.113.129	1	–
Sotnik_Switch0 _LAN4	Vlan1	10.25.112.2	/25	10.25.112.1	1	–
Sotnik_Switch0 _LAN5	Fa0/2	–	/25	–	–	Fa0/2
	Vlan99	10.25.112.2 26	/25	10.25.112.129	99	–
Sotnik_Switch1 _LAN5	Fa0/2	–	/25	–	–	Fa0/2
	Vlan99	10.25.112.2 27	/25	10.25.112.129	99	–

3.3 Налаштування моделі комп'ютерної системи

Розроблену схему мережі підприємства “Роксана” та розраховану адресацію що продемонстровані в таблицях у пункті 3.2 була проведена робота по створенню її у логічну топологію мережі завдяки середовищу Cisco Packet Tracer. Результат цієї роботи ви наблюдаєте за (Рисунок 3.1).

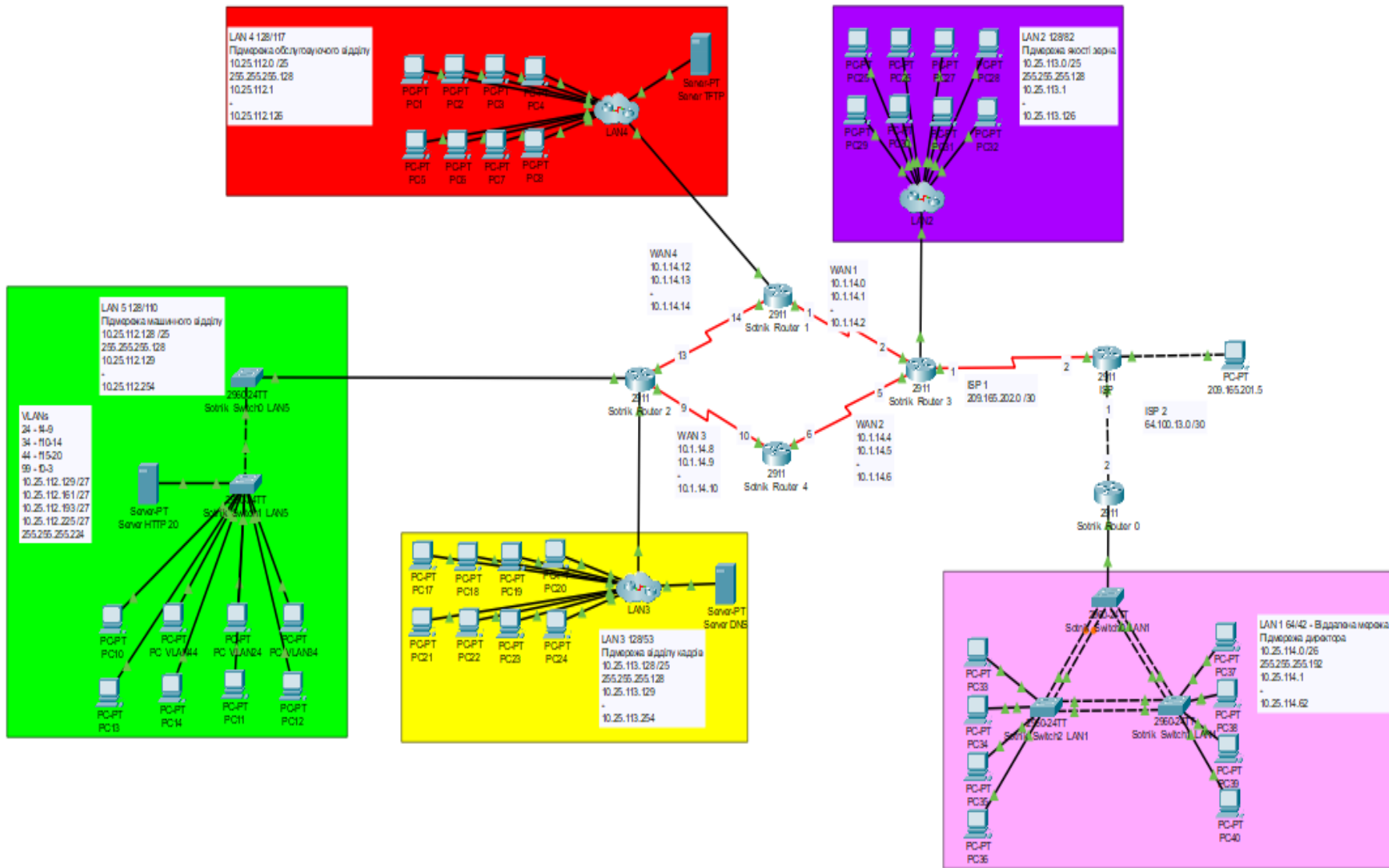


Рисунок 3.1 – Логічна топологія корпоративної мережі підприємства «Роксана»

3.4 базове налаштування конфігурації пристроїв

На початку налаштування нашої мережі ми проводимо базове налаштування наших пристроїв, а саме: задаємо відповідну назву пристроям, призначаємо пароль для привілейованого режиму, виконуємо шифрування паролів, створення банера MOTD, на значення на лініях vty, використання протоколу ssh та створення доменного імені.

Весь цей процес буде продемонстровано на Router3 так як на ньому буде виконана більша частина всіх інших налаштувань у мережі:

Входимо в привілейований режим:

```
Router3>en
```

```
Router3#conf t
```

Змінюємо назву маршрутизатора:

```
Router3(config)# hostname Sotnik_Router_3
```

Переходимо до конфігураційного режиму:

```
Sotnik_Router_3(config)# line console 0
```

Задаємо пароль для неї:

```
Sotnik_Router_3(config-line)# password cisco
```

Тепер застосовуємо налаштування:

```
Sotnik_Router_3(config-line)# login
```

Далі встановлюємо пароль для vty:

```
Sotnik_Router_3(config-line)# line VTY 0 15
```

```
Sotnik_Router_3(config-line)# password cisco
```

```
Sotnik_Router_3(config-line)# login
```

Встановлюємо пароль на привілейований режим:

```
Sotnik_Router_3(config-line)# enable secret class
```

Виконуємо шифрування паролю:

```
Sotnik_Router_3(config)# service password-encryption
```

Назначаємо доменне ім'я:

```
Sotnik_Router_3(config)# ip domain-name Sotnik_Router_3
```

Створюємо ключ завдяки якому зможемо шифрувати пароль через протокол RSA:

```
Sotnik_Router_3(config)# crypto key generate rsa
```

В нас висвітиться питання стосовно того який біт потрібно використовувати ми задаємо 1024 біт.

```
How many bits in the modulus [512]: 1024
```

Далі створимо локального користувача з ім'ям 123202_Sotnik та паролем admincisco:

```
Sotnik_Router_3(config)# username 123202_Sotnik password admincisco
```

Далі використовуємо протокол ssh на усіх лініях vty:

```
Sotnik_Router_3(config)# line vty 0 15
```

```
Sotnik_Router_3(config-line)# transport input ssh
```

```
Sotnik_Router_3(config-line)# login local
```

3.5 Налаштування маршрутизаторів

Переходимо до головного налаштування нашої мережі, а саме до налаштування адресації пристроїв, для початку було проведено налаштування на кожному із інтерфейсів маршрутизаторів, кожен маршрутизатор мав свою власну IP-адресу та маску, а на інтерфейсах Serial була зроблена тактова частота, Було виконана затримка та пропускна спроможність, аналогічно було виконано налаштування усіх інших Serial як це продемонстровано нижче:

```
Sotnik_Router_3 (config)# interface Serial0/2/0
```

```
Sotnik_Router_3 (config-if)# ip address 10.1.14.5 255.255.255.252
```

```
Sotnik_Router_3 (config-if)# clock rate 128000
```

```
Sotnik_Router_3 (config-if)# delay 7500
```

```
Sotnik_Router_3 (config-if)# bandwidth 128
```

Наступним кроком було проведено динамічне налаштування маршрутизації через протокол OSPF. В обраному протоколі присутня технологія відстеження стану каналу, для знаходження коротшого шляху. Цей протокол

розповсюджує інформацію про маршрутизатори в яких є вільні маршрути однієї автономної системи, також в ньому відсутні обмеження досяжності, оптимальне рівень пропускної здатності ну і на кінець підтримка масок змінної довжини VLSM.

```
Sotnik_Router_3 (config)# router ospf 14
Sotnik_Router_3 (config-router)# network 209.165.202.0 0.0.0.3 area 0
Sotnik_Router_3 (config-router)# network 10.25.113.0 0.0.0.127 area 0
Sotnik_Router_3 (config-router)# network 10.1.14.0 0.0.0.3 area 0
Sotnik_Router_3 (config-router)# network 10.1.14.4 0.0.0.3 area 0
```

Після налаштування цього протоколу на двох маршрутизаторах, ці маршрутизатори становляться “зв’язаними” через те що в них спільна мережа, та розпочинають обмін таблицею маршрутизації.

Далі нам потрібно провести вимкнення автоматичного поширення повідомлень з інших інтерфейсів і залишити тільки ті інтерфейси що йдуть до самих маршрутизаторів. Це було вже продемонстровано на рисунку 3.3, але ця частина буде виділена та продемонстрована:

```
Sotnik_Router_3 (config-router)# passive-interface default
Sotnik_Router_3 (config-router)# no passive-interface Serial0/2/0
Sotnik_Router_3 (config-router)# no passive-interface Serial0/3/0
Sotnik_Router_3 (config-router)# no passive-interface Serial0/3/1
```

Також виконаємо налаштування пропускної спроможності між маршрутизаторами завдяки команді:

```
Sotnik_Router_3 (config-router)# auto-cost reference-bandwidth 1000
```

Наступним кроком буде налаштування статистичних маршрутів в цьому випадку було налаштовано 3 статистичні маршрути, один за замовчуванням виконується це для того якщо маршрутизатор отримає пакет в якому йому невідома мережа призначення, а другий до мережі комп’ютера що веде який під’єднано до ISP ну і останній це на NAT, це для того щоб пакет який буде повертатися до роутера щоб він знав цю мережу та зміг її відправити.

```
Sotnik_Router_3 (config)# ip route 0.0.0.0 0.0.0.0 209.165.202.2
```

```
Sotnik_Router_3 (config)# ip route 209.165.201.0 255.255.255.240  
209.165.202.2
```

```
Sotnik_Router_3 (config)# ip route 10.25.114.0 255.255.255.192  
209.165.202.2
```

Тепер переходимо до налаштування служби AAA який використовується для опису процесу та надання доступу до комп'ютерної мережі та контролю над ним.

Щоб налаштувати цю службу спочатку проводимо налаштування на маршрутизаторі, а потім на одному із серверів, наприклад TFTP:

```
Sotnik_Router_3 (config)# aaa new-model
```

```
Sotnik_Router_3 (config)# aaa authentication login console group radius local
```

```
Sotnik_Router_3 (config)# line console 0
```

```
Sotnik_Router_3 (config)# login authentication console
```

```
Sotnik_Router_3 (config)# aaa authentication login default local
```

```
Sotnik_Router_3 (config)# username Sotnik_Router_3 password admin123
```

```
Sotnik_Router_3 (config)# # line vty 0 15
```

```
Sotnik_Router_3 (config)# login authentication default
```

Тепер переходимо до налаштування на сервері TFTP (Рисунок 3.2).

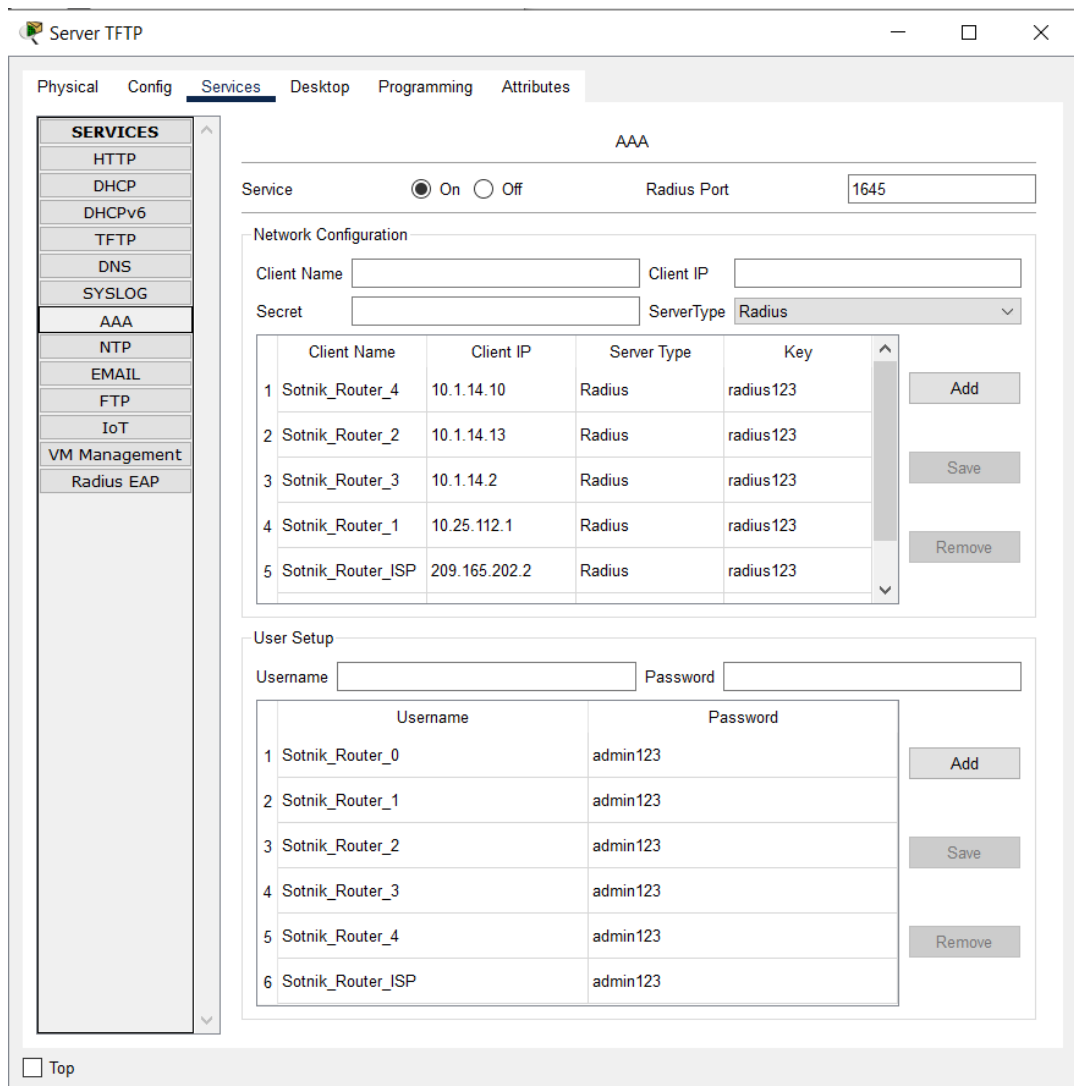


Рисунок 3.2 – Налаштування RADIUS-сервера

Ну і на кінець робимо динамічне розподілення адрес на пристрої, що належать до своєї підмережі, через протокол DHCP адреса буде надходити з тих що були виділенні з пулу адрес.

```
Sotnik_Router_0 (config)# ip dhcp pool poollan1
```

```
Sotnik_Router_0 (dhcp-config)# network 10.25.114.0 255.255.255.192
```

```
Sotnik_Router_0 (dhcp-config)# default-router 10.25.114.1
```

```
Sotnik_Router_0 (dhcp-config)# dns-server 10.25.113.152
```

```
Sotnik_Router_0 (dhcp-config)# exit
```

```
Sotnik_Router_0 (dhcp-config)# dns-server 10.25.113.152
```

```
Sotnik_Router_0 (config)#ip dhcp excluded-address 10.25.114.0 10.25.114.10
```

3.6 Налаштування роботи Інтернет

Для того щоб налаштувати інтернет ми додаємо ще додаткового провайдера під назвою (ISP) з доступом до інтернета, наступним кроком розпочинається налаштування пограничних маршрутизаторів з динамічним NAT обираємо найближчий пограничний маршрутизатор Sotnik_Router_3 та проводимо його налаштування з використанням того пула адрес який нам даний за вимогам, а саме: 209.165.200.5 по 209.165.200.30? також ми забороняємо увесь трафік з основної мережі та дозволяємо лише увесь інший:

```
Sotnik_Router_3 (config)# ip access-list extended NAT
```

```
Sotnik_Router_3 (config-ext-nacl)# deny ip 10.25.112.0 0.0.0.127 10.25.114.0
0.0.0.63
```

```
Sotnik_Router_3 (config-ext-nacl)# deny ip 10.25.113.0 0.0.0.127 10.25.114.0
0.0.0.63
```

```
Sotnik_Router_3 (config-ext-nacl)# deny ip 10.25.113.128 0.0.0.127
10.25.114.0 0.0.0.63
```

```
Sotnik_Router_3 (config-ext-nacl)# deny ip 10.25.112.128 0.0.0.127
10.25.114.0 0.0.0.63
```

```
Sotnik_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.112.0 0.0.0.127 any
```

```
Sotnik_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.112.128 0.0.0.127 any
```

```
Sotnik_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.113.0 0.0.0.127 any
```

```
Sotnik_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.113.128 0.0.0.127 any
```

Після створеного списку доступу створемо пул Internet та з'єднаємо його зі списком NAT.

```
Sotnik_Router_3 (config)# ip nat pool Internet 209.165.200.5 209.165.200.30
netmask 255.255.255.224
```

```
Sotnik_Router_3 (config)# ip nat inside source list NAT pool Internet
```

Останнім кроком у налаштуванні NAT це вказанні ролей інтерфейсам у NAT, тобто нам потрібно вказати який із інтерфейсів є входом а який виходом.

```
Sotnik_Router_3 (config)# interface Serial0/2/0
```



```
Sotnik_Router_3 (config)# ip nat inside
Sotnik_Router_3 (config)# interface Serial0/3/0
Sotnik_Router_3 (config)# ip nat inside
Sotnik_Router_3 (config)# interface Serial0/3/1
Sotnik_Router_3 (config)# ip nat outside
```

Таким чином, можна вважати налаштування NAT завершеним, але в нас присутній ще один пограничний маршрутизатор біля ISP під назвою Sotnik_Router_0, на цьому маршрутизаторі проводяться аналогічні дії що ми робили на маршрутизаторі Sotnik_Router_3, окрім іншого пулу адресів та іншої адресації. Пул адрес буде використовуватися 209.165.200.37 по 209.165.200.62.

Наступним кроком ми переходимо до налаштування VPN на тих підмережах в яких була заборонена комунікація з віддаленою мережею, для того щоб це відбулося спочатку створемо розширений список доступу де ми дозволяєм трафік з підмереж до віддаленої підмережі.

```
Sotnik_Router_3 (config)# ip access-list extended VPN
Sotnik_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.112.0 0.0.0.127
10.25.114.0 0.0.0.63
Sotnik_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.112.128 0.0.0.127
10.25.114.0 0.0.0.63
Sotnik_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.113.0 0.0.0.127
10.25.114.0 0.0.0.63
Sotnik_Router_3 (config-ext-nacl)# permit ip 10.25.113.128 0.0.0.127
10.25.114.0 0.0.0.63
```

Наступним кроком нам потрібно активувати особливий модуль під назвою securityk9 та погодитися з його умовами

```
Sotnik_Router_3 (config)# license boot module c2900 technology-package
securityk9
```

далі потрібно зберегти конфігураційний файл та перезавантажити маршрутизатор, тільки після цих дій модуль розпочинає діяти і ми можемо

приступити до VPN-з'єднань, додаємо властивості криптографічної політики ISAKMP 10 та створюємо загальний ключ шифрування sotnik.

```
Sotnik_Router_3 (config)# crypto isakmp policy 10
Sotnik_Router_3 (config-isakmp)# encr aes
Sotnik_Router_3 (config-isakmp)# authentication pre-share
Sotnik_Router_3 (config-isakmp)# group 2
Sotnik_Router_3 (config-isakmp)# crypto isakmp key sotnik address
64.100.13.2
```

```
Sotnik_Router_3 (config)# crypto ipsec transform-set VAL esp-aes esp-sha-
hmac
```

```
Sotnik_Router_3 (config)# crypto map MAP 10 ipsec-isakmp
Sotnik_Router_3 (config-crypto-map)# description VPN connection to R0
Sotnik_Router_3 (config-crypto-map)# set peer 64.100.13.2
Sotnik_Router_3 (config-crypto-map)# set transform-set VAL
Sotnik_Router_3 (config-crypto-map)# match address VPN
Sotnik_Router_3 (config-crypto-map)# interface Serial0/3/1
Sotnik_Router_3 (config-if)# crypto map MAP
```

Дві останні команди відповідали за прив'язання криптографічного зіставлення MAP до вихідного інтерфейсу маршрутизатора Sotnik_Router_3.

3.7 Перевірка роботи комп'ютерної системи

Для захисту інформації в системі від несанкціонованого доступу розробляються і описуються відповідні методи. Для початку мережа буде розбита на 4 підрозділи VLAN, основні із них будуть всього 3 розділи це VLAN24, VLAN34 та VLAN44, а 4 створена для того щоб призначити інтерфейсам пристрої комутації, яка має назву Management.

Тепер переходимо до налаштування VLAN-ів задаємо їм ім'я та виконуємо це на комутаторі Sotnik_Switch0_LAN5:

```
Sotnik_Switch(config)# vlan24
```

```

Sotnik_Switch(config-vlan)# name Accounting
Sotnik_Switch(config-vlan)# vlan 34
Sotnik_Switch(config-vlan)# name Resources_Department
Sotnik_Switch(config-vlan)# vlan 44
Sotnik_Switch(config-vlan)# name Guest
Sotnik_Switch(config-vlan)# vlan 99
Sotnik_Switch(config-vlan)# name Management
Sotnik_Switch(config-vlan)# vlan 100
Sotnik_Switch(config-vlan)# name Native

```

Таблиця 3.7 – Список мереж VLAN

Номер VLAN	Ім'я VLAN	Примітка	Розподілення портів
1	Default	Не використовується	–
24	Accouting	Бухгалтерське відділення	F0/4–8
34	Resouces Departament	Відділ кадрів	F0/10–14
44	Guest	Гості	F0/15–20
99	Managment	Керування пристроями	–
100	Native	Власна	F0/1–3

Далі ми привласнюємо IP-адресу SVI-інтерфейсу vlan99:

```

Sotnik_Switch0_LAN5(config)# interface vlan 99
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if)# ip address 10.25.112.226 255.255.255.224
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if)# ip default-gateway 10.25.112.225

```

Далі ми заходимо на інтерфейс що підєднаний між комутатором та роутером та прозводимо налаштування портів:

```

Sotnik_Switch0_LAN5(config)# interface g0/1
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if)# switchport mode trunk
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if)# switchport trunk native vlan 100
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if)# switchport trunk allowed vlan 24,34,44,99–

```

Наступним кроком будемо розподіляти інтерфейси VLAN згідно варіанту:

```
Sotnik_Switch0_LAN5(config)# interface range f0/4–8
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if-range)# switchport mode access
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if-range)# switchport access vlan 24
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if-range)# interface range f0/10–14
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if-range)# switchport mode access
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if-range)# switchport access vlan 34
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if-range)# interface range f0/15–20
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if-range)# switchport mode access
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if-range)# switchport access vlan 44
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if-range)# interface range f0/1–3
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if-range)# switchport mode trunk
Sotnik_Switch0_LAN5(config-if-range)# switchport trunk native vlan 100
```

Налаштовуємо маршрутизатор який під'єднано до мережі VLAN, а саме Sotnik_Router_2 прозводимо налаштування DHCP

```
Sotnik_Router_2(config)# ip dhcp pool poolvlan24
Sotnik_Router_2(dhcp-config)# network 10.25.112.128 255.255.255.224
Sotnik_Router_2(dhcp-config)# default-router 10.25.112.129
Sotnik_Router_2(dhcp-config)# dns-server 10.25.113.152
Sotnik_Router_2(config)# ip dhcp pool poolvlan34
Sotnik_Router_2(dhcp-config)# network 10.25.112.160 255.255.255.224
Sotnik_Router_2(dhcp-config)# default-router 10.25.112.161
Sotnik_Router_2(dhcp-config)# dns-server 10.25.113.152
Sotnik_Router_2(config)# ip dhcp pool poolvlan44
Sotnik_Router_2(dhcp-config)# network 10.25.112.192 255.255.255.224
Sotnik_Router_2(dhcp-config)# default-router 10.25.112.193
Sotnik_Router_2(dhcp-config)# dns-server 10.25.113.152
```

Тепер вилучемо з кожного VLAN перші 10 адрес:

```
Sotnik_Router_2(config)# ip dhcp excluded-address 10.25.112.128
10.25.112.138
```

```
Sotnik_Router_2(config)# ip dhcp excluded-address 10.25.112.160
10.25.112.170
```

```
Sotnik_Router_2(config)# ip dhcp excluded-address 10.25.112.192
10.25.112.202
```

Тепер переходимо до налаштування віртуал інтерфейсів на маршрутизаторі:

```
Sotnik_Router_2(config)# int g0/1.24
```

```
Sotnik_Router_2(config-if)# encapsulation dot1Q 24
```

```
Sotnik_Router_2(config-if)# ip address 10.25.112.129 255.255.255.224
```

```
Sotnik_Router_2(config-if)# no shutdown
```

```
Sotnik_Router_2(config)# int g0/1.34
```

```
Sotnik_Router_2(config-if)# encapsulation dot1Q 34
```

```
Sotnik_Router_2(config-if)# ip address 10.25.112.161 255.255.255.224
```

```
Sotnik_Router_2(config-if)# no shutdown
```

```
Sotnik_Router_2(config)# int g0/1.44
```

```
Sotnik_Router_2(config-if)# encapsulation dot1Q 44
```

```
Sotnik_Router_2(config-if)# ip address 10.25.112.193 255.255.255.224
```

```
Sotnik_Router_2(config-if)# no shutdown
```

```
Sotnik_Router_2(config)# int g0/1.99
```

```
Sotnik_Router_2(config-if)# encapsulation dot1Q 99
```

```
Sotnik_Router_2(config-if)# ip address 10.25.112.225 255.255.255.224
```

```
Sotnik_Router_2(config-if)# no shutdown
```

Ну і на кінець нам потрібно налаштувати безпеку для наших серверів, а саме портів що підключені до комутаторів доступ надаємо лише двом особливим пристроям, переходимо до налаштування динамічного розпізнавання MAC-адресів та додаємо їх до нашої поточної конфігурації, якщо безпека буде

порушена то тоді висвітитиметься повідомлення при цьому доступ до порта буде залишатися відкритим.

```
Sotnik_Switch1_LAN5(config)# int f0/10
```

```
Sotnik_Switch1_LAN5(config-if)# switchport mode access
```

```
Sotnik_Switch1_LAN5(config-if)# switchport port-security maximum 2
```

```
Sotnik_Switch1_LAN5(config-if)# switchport port-security mac-address sticky
```

```
Sotnik_Switch1_LAN5(config-if)# switchport port-security violation restrict
```

На цьому налаштування VLAN буде завершено та отримає такий вигляд (Рисунок 3.3):

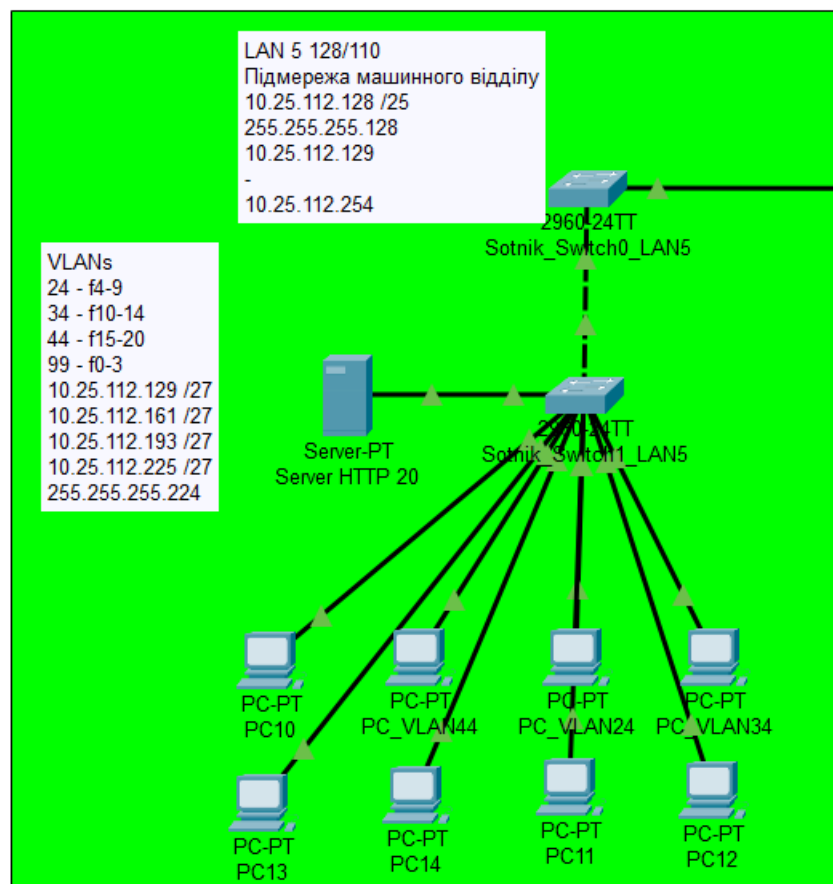


Рисунок 3.3 – Вигляд мережі VLAN

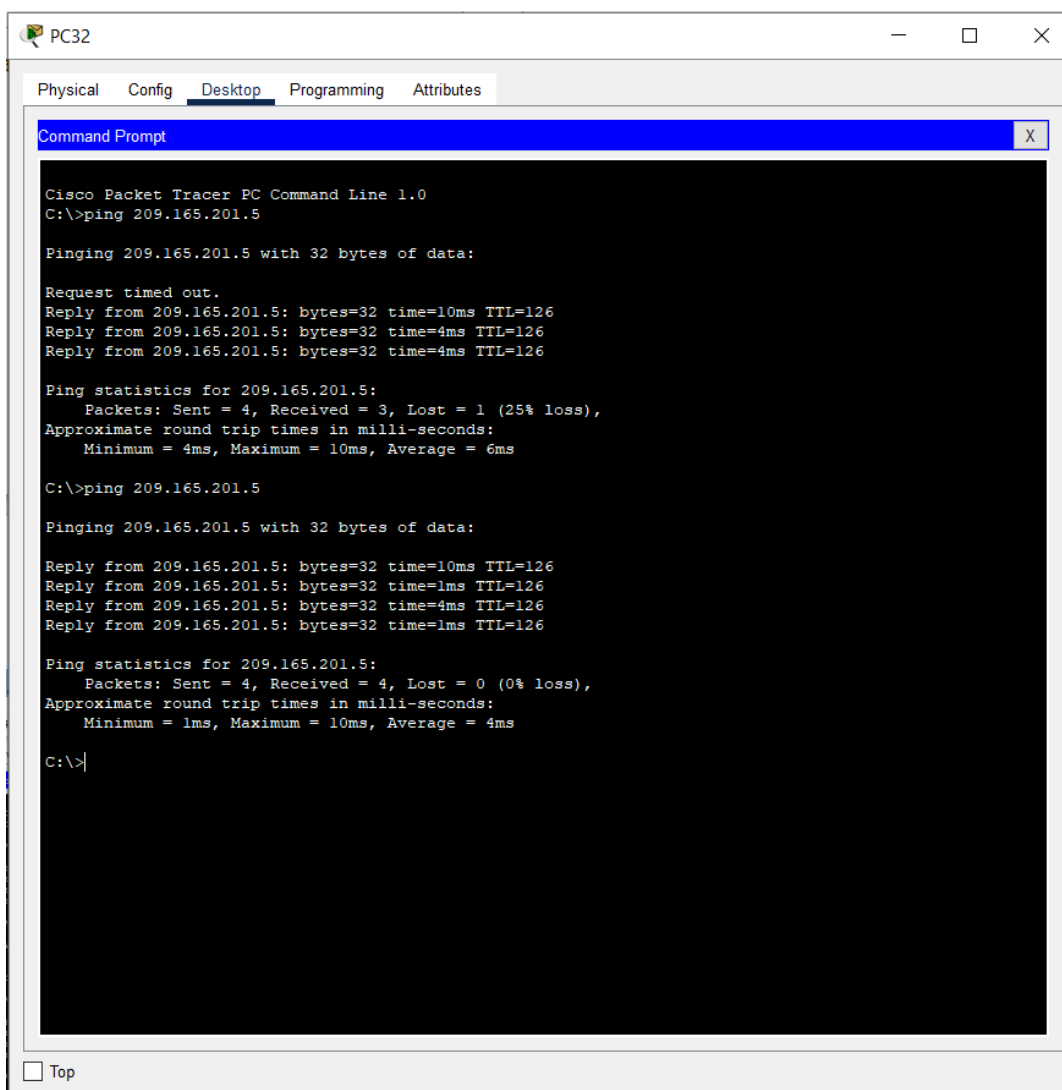
3.8 Перевірка роботи моделі комп'ютерної системи

Для того щоб перевірити базові налаштування переходимо до строки CLI на будьому маршрутизаторі (Рисунок 3.4):

```
Sotnik-Valik-Project!  
  
User Access Verification  
  
Username: 123202_Sotnik  
Password:  
Sotnik_Router_3>
```

Рисунок 3.4 – Вхід до консолі Sotnik_Router_3

Далі буде перевірка пінгування Інтернет з одного із комп'ютерів підмережі, що під'єднано до ISP і не є частиною основної мережі (Рисунок 3.5):



```
PC32  
Physical Config Desktop Programming Attributes  
Command Prompt  
Cisco Packet Tracer PC Command Line 1.0  
C:\>ping 209.165.201.5  
  
Pinging 209.165.201.5 with 32 bytes of data:  
  
Request timed out.  
Reply from 209.165.201.5: bytes=32 time=10ms TTL=126  
Reply from 209.165.201.5: bytes=32 time=4ms TTL=126  
Reply from 209.165.201.5: bytes=32 time=4ms TTL=126  
  
Ping statistics for 209.165.201.5:  
Packets: Sent = 4, Received = 3, Lost = 1 (25% loss),  
Approximate round trip times in milli-seconds:  
Minimum = 4ms, Maximum = 10ms, Average = 6ms  
  
C:\>ping 209.165.201.5  
  
Pinging 209.165.201.5 with 32 bytes of data:  
  
Reply from 209.165.201.5: bytes=32 time=10ms TTL=126  
Reply from 209.165.201.5: bytes=32 time=1ms TTL=126  
Reply from 209.165.201.5: bytes=32 time=4ms TTL=126  
Reply from 209.165.201.5: bytes=32 time=1ms TTL=126  
  
Ping statistics for 209.165.201.5:  
Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),  
Approximate round trip times in milli-seconds:  
Minimum = 1ms, Maximum = 10ms, Average = 4ms  
  
C:\>
```

Рисунок 3.5 – Пінгування мережі до інтернет

Наступною буде перевірка трансляції NAT на HTTP сервері (Рисунок 3.6).

<pre>Sotnik_Router_0(config)#do show ip nat translation Pro Inside global Inside local Outside local Outside global --- 209.165.200.4 10.24.9.139 --- ---</pre>	<pre>Sotnik_Router_3(config)#do show ip nat translation Pro Inside global Inside local Outside local Outside global --- 209.165.200.4 10.25.112.184 --- ---</pre>
---	--

Рисунок 3.6 – Трансляція NAT на HTTP сервер

Перевіряємо налаштування сервера HTTP, вводячи в одному із вузлів підмережі адресу 123.dnipro.ua (Рисунок 3.7).

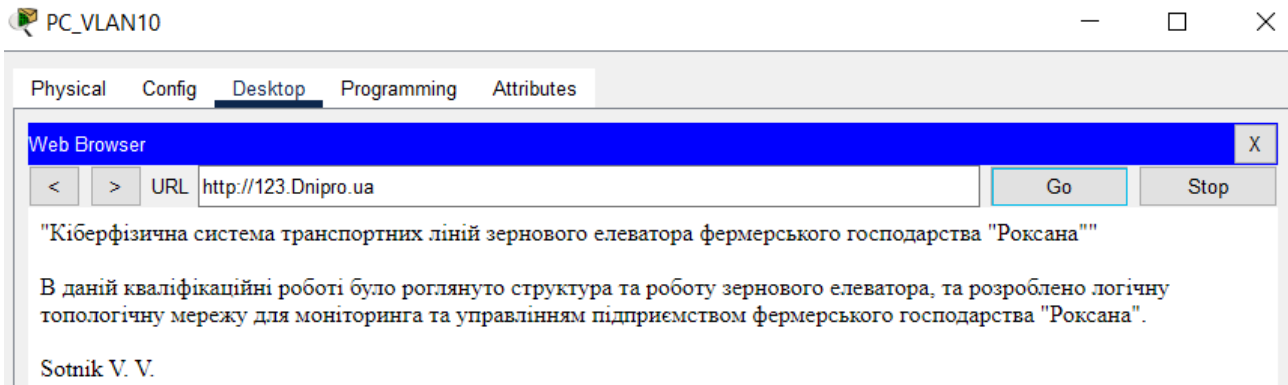


Рисунок 3.7 – Перевірка адреси 123.Dnipro.ua

Далі перевіряємо існування VPN завдяки команді `do show crypto isakmp sa` на `Sotnik_Router_0` та виконуємо запит з підмережі для перевірки працювання VPN (Рисунок 3.8).


```

Sotnik_Router_0(config-if)#do show crypto isakmp sa
IPv4 Crypto ISAKMP SA
dst          src          state          conn-id slot status
209.165.202.1 64.100.13.2   QM_IDLE       1065    0 ACTIVE

IPv6 Crypto ISAKMP SA

Sotnik_Router_0(config-if)#

```



Рисунок 3.8 – Перевірка існування VPN-зв'язку та спроба пінгу

Останнім перевіряємо робоздатність VLAN між собою між собою для цього із одного пристроя VLAN24 проведемо запит на VLAN44 (рисунок 3.9).

The screenshot displays a Cisco Packet Tracer network simulation. On the left, a network diagram shows two switches, 'Sotnik_Switch0' and 'Sotnik_Switch1', connected via their LAN5 ports. A 'Server-PT' (Server HTTP 20) is connected to Switch0. Several 'PC-PT' devices (PC10, PC13, PC14, PC11, PC_VLAN44, PC_VLAN24) are connected to Switch1. A text box lists VLAN configurations: LAN 5 128/110, Підмережа машинного відділу, 10.25.112.128/25, 255.255.255.128, 10.25.112.129, 10.25.112.254. Another text box lists VLANs: 24 - f4-9, 34 - f10-14, 44 - f15-20, 99 - f0-3, and IP ranges: 10.25.112.129/27, 10.25.112.161/27, 10.25.112.193/27, 10.25.112.225/27, 255.255.255.224. On the right, a 'Command Prompt' window shows the execution of a ping command: 'C:\>ping 10.25.112.203'. The output indicates successful connectivity: 'Pinging 10.25.112.203 with 32 bytes of data: Reply from 10.25.112.203: bytes=32 time<1ms TTL=127'. Ping statistics show 4 packets sent, 4 received, and 0% loss.

Рисунок 3.9 – Перевірка працездатності VLAN

4 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО МОДУЛЯ СИСТЕМИ

4.1 Призначення та сфера застосування програмного забезпечення

Програмне забезпечення потрібне для керування норіями зернового елеватора на типу ковшових на підприємствах збереження зерна. Розробляємо програмне забезпечення входить до складу кіберфізичної системи керування зернового елеватора. Воно потрібне для керування виробляючими пристроями реального часу. Запуск та остановка зернового елеватора відбувається через кіберфізичну систему керування норіями чи АРМ.

4.2 Обґрунтування технічних характеристик програми

4.2.1 Постановка задачі на розробку програми

Необхідно розробити програму на мові релейно–контактних схем для керування норіями зернового елеватора типу ковшових. При цьому процес керування реалізован згідно пункту про математичні методи в ввиді графів.

4.2.2 Опис алгоритму та функціонування програми

Програма кіберфізичної системи керування зерновим елеватором що знаходиться в контролері повина виконувати наступні функції:

- прийом сигналів від датчиків .
- обробка команд на запуск і зупинку.
- керування норією в різних режимах.
- реалізація логіки аварійного захисту.
- моніторинг і керування параметрами через таймери.
- передача команд на контрольні блоки
- автоматична перевірка стану системи

Ініціалізація здійснюється автоматично при подачі живлення. Початкові дані щодо ініціалізації прописуються в контролер при конфігуруванні.

Враховуючи передбачувану довжину програми (близько 100 команд), можна стверджувати, що навіть за найбільш несприятливому алгоритмі час, витрачений на скан програми, не перевищить 100 мс.

4.2.3 Опис та обґрунтування вибору методу організації вхідних та вихідних даних

Згідно з таблиці 2.1 що дана в розділі 2 програма АСК зерновим елеватором повинна використовувати наступні вхідні дані:

- команди запуску та вимкнення норій.
- дані з датчиків що розположені на норіях які описані в розділі 2 в таблиці 2.1.
- згідно з таблиці 2.1 програма повинна демонструвати наступні вхідні дані:

Інформацію про АС норій, АС вищого рівня або АРМ про стан норій у вигляді даних відповідно до таблиці 2.1, схем технологічної структури та графічної частини проекту.

4.3 Розробка математичних моделей керування процесом

Все обладнання норій, за винятком датчека струму ДТХ–111, є дискретно–керуваним, якщо датчики сигналізують про нештатний стан то це аварія. Поки цей стан активований норія перебуває в стані аварії і поки цей стан не виправлять вона в цьому стані і залишиться, коли вже виправели норії перезапускають і вона переходить знов на початковий стан.

В інших випадках кіберфізична система керування зернового елеватора має використовувати дискретні рівняння станів устаткування норій у вигляді вхід–вихід.

Stan0 (St0) – стан норії. Готовність норії до запуску.

Stan1 (St1) – стан норії. Норія запускається. Перевіряються умови для переходу в робочий стан.

Stan2 (St2) – стан норії. Норія працює в нормальному режимі роботи. Відстежуються параметри для підтримки нормальної роботи.

Stan3 (St3) – стан норії. Норія зупиняється. Перевіряється стан зупинки і виконуються дії по зупинці.

Stan4 (St4) – стан норії. Норія зупинена через аварію. Перевіряються причини аварії і їх усунення.

Start – команда на запуск норії.

Stop – команда на зупинку норії.

BeltMisalignment (BM) – датчик сходження стрічки.

SpeedControl (SC) – датчик швидкості норії.

StarterFeedback (SF) – сигнал про спрацювання пускача.

CurrentConsumption (CC) – датчик споживання струму.

BootJammed (BJ) – датчик завалу башмака.

ControlNoria (CN): команда на включення або виключення норії.

T1 (300 мс) – таймер для перевірки спрацювання пускача.

T2 (10 с) – таймер для розгону норії.

T3 (15 с) – таймер для зупинки норії.

Самий граф продемонстровано нижче на рисунку 4.1

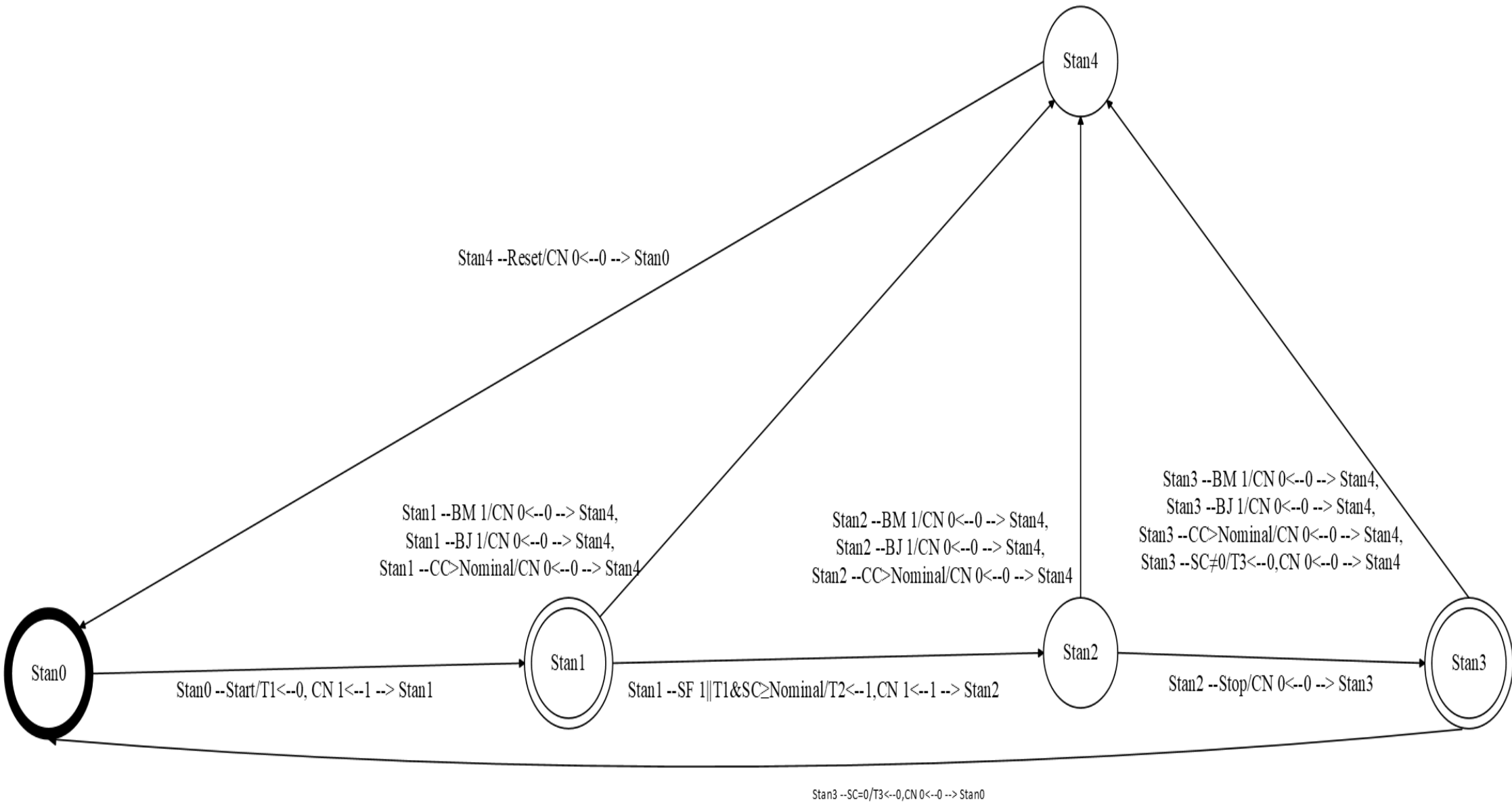


Рисунок 4.1 – Граф станів Норії

Перехід з Stan0 (St0) до Stan1 (St1):

– опис стану Stan0: Норія знаходиться у вихідному стані готовності до запуску.

– умова переходу: Команда на запуск норії (Start).

– таймер: T1 (300 мс) – Таймер для перевірки спрацювання пускача.

– вихід: CN 1 – Активується вихід на контроль норії.

– текстовий опис: Stan0 —Start/T1<—0, CN 1<—1 —> Stan1

Перехід з Stan1 (St1) до Stan2 (St2):

– опис стану Stan1: Норія запускається, перевіряються умови для переходу в робочий стан.

– умова переходу: Пускач успішно спрацював протягом 300 мс (SF 1, T1), швидкість досягла номіналу протягом 10 секунд ($SC \geq \text{Nominal}$, T2).

– Таймери:

T1 (300 мс) – таймер для перевірки спрацювання пускача.

T2 (10 с) – таймер для розгону норії до номінальної швидкості.

– вихід: CN 1 – Активується вихід на контроль норії.

– аварійні умови: BM 1, BJ 1, або $CC > \text{Nominal}$ – Схід стрічки, завал башмака, або перевищення номінального струму.

– текстовий опис:

– робочий стан: Stan1 —SF 1||T1& $SC \geq \text{Nominal}$ /T2<—1,CN 1<—1 —> Stan2

– аварія: Stan1 —BM 1/CN 0<—0 —> Stan4, Stan1 —BJ 1/CN 0<—0 —> Stan4, Stan1 — $CC > \text{Nominal}$ /CN 0<—0 —> Stan4

Перехід з Stan2 (St2) до Stan3 (St3):

– опис стану Stan2: Норія працює в нормальному режимі, відстежуються параметри для підтримки нормальної роботи.

– умова переходу: Команда на зупинку норії (Stop).

- вихід: CN 0 – Деактивується вихід на контроль норії.
- аварійні умови: BM 1, BJ 1, або CC>Nominal – Схід стрічки, завал башмака, або перевищення номінального струму.
- текстовий опис:
- робочий стан: Stan2 —Stop/CN 0<—0 —> Stan3
- аварія: Stan2 —BM 1/CN 0<—0 —> Stan4, Stan2 —BJ 1/CN 0<—0 —> Stan4, Stan2 —CC>Nominal/CN 0<—0 —> Stan4

Перехід з Stan3 (St3) до Stan0 (St0):

- опис стану Stan3: Норія зупиняється, перевіряється стан зупинки і виконуються дії по зупинці.
- умова переходу: Швидкість знизилася до нуля протягом 15 секунд (SC=0, T3).
- таймер: T3 (15 с) – Таймер для зупинки норії.
- вихід: CN 0 – Деактивується вихід на контроль норії.
- аварійні умови: BM 1, BJ 1, або CC>Nominal – Схід стрічки, завал башмака, або перевищення номінального струму.
- текстовий опис:
- робочий стан: Stan3 —SC=0/T3<—0,CN 0<—0 —> Stan0
- аварія: Stan3 —BM 1/CN 0<—0 —> Stan4, Stan3 —BJ 1/CN 0<—0 —> Stan4, Stan3 —CC>Nominal/CN 0<—0 —> Stan4, Stan3 —SC≠0/T3<—0,CN 0<—0 —> Stan4

Перехід з Stan4 (St4) до Stan0 (St0):

- опис стану Stan4: Норія зупинена через аварію, перевіряються причини аварії і їх усунення.
- умова переходу: Після усунення причин аварії і відповідної команди на скидання аварії (Reset).
- вихід: CN 0 – Деактивується вихід на контроль норії.

4.3.1 Опис та обґрунтування вибору та складу технічних та програмних засобів

Технічне та програмне середовище для розробки програми справочним руководством по використанню контролерів S7– 1200. Мова програмування LAD для PLC Simatic. Середовище розробки – програма Siemens TIA Portal V.14. для Windows 10.

4.3.2 Опис розробленої програми

4.3.2.1 Загальні відомості

Текст програми знаходиться в проекті Norgia для Siemens TIA Portal V.14. Весь текст та модулі програми приховані. Для встановлення програми в контролері потрібне середовище Siemens TIA Portal V.14. Одноразове встановлення в контролер програми і вона знаходиться в пам'яті цього середовища і тому в наступних загрузках немає сенсу. Для виконання програми використовуються встроєні в S7–1214C інтерпретатор. Запуск програми відбувається при подачі струму. Мова реалізації програми – LAD для PLC.

4.3.2.2 Функціональне призначення

Програма створює на технологічному обладнанні норії в штатном та аварійних режимах роботи під керуванням кіберфізичної системи керування норіями, кіберфізичної системи більш високого рівня чи АРМ.

Програма спроможна виконувати самостійно технологічний цикл без використання кіберфізичної системи керування норіями, кіберфізичної системи керування високого рівня чи АРМ.

Програма спроможна запустити технологічний цикл кіберфізичної системи керування норіями, кіберфізичної системи високого рівня чи АРМ.

Програма продемонструє реалізовані функції програму автоматизованого захисту згідно загальним вимогам к одноконтурним кіберфізичній системі керування зерновим елеватором.

4.3.2.3 Опис логічної структури програми

Програма користувача розміщена в сегменті оперативної пам'яті програм користувача контролера S7–1214C та складається з організаційного блоку Main, таблиці тегів меркерної пам'яті, функції CommandsDB, функціонального блоку Noria.

Блок Main реалізує основний граф керування норіями. Блок Main викликає функцію CommandsDB у робочому режимі зернового елеватора.

Функція CommandsDB отримує дані з датчиків про сходження стрічки, швидкість норій, завалу башмака та датчика струму, і за потреби, викликає функціональний блок Noria.

Функціональний блок Noria поєднує функції регулятора і керування норіями за даними датчиків та еталонними нормами, а якщо при роботі виникає відхилення відбувається аварійний стан, і норія не працює поки не виявиться проблема.

Програма написана мовою LAD для PLC Simatic та представлена у вигляді ланцюгів релейно–контактної логіки.

4.3.2.4 Використовувані технічні засоби

Для виконання програми необхідні: модуль контролера S7–1214C DI/DO/AI – 1шт; модуль дискретного введення–виведення SM 1223 – 1 шт.; Модуль аналогового введення–виведення SM 1234 – 1шт; Блок живлення серії SIMATIC S7–1200, PM1207 – 1шт; Маршрутизатор локальної мережі SCALANCE S615.

4.3.2.5 Виклик та завантаження

Програма на початку виробляє завантаження в енергонезависиму пам'ять Simatic S7–1214C с персонального комп'ютера завдяки середовищі Siemens TIA Portal V.14 по інтерфейсу Ethernet, де і знаходяться весь срок своєї експлуатаційної системи. Запуск програми на виконання відбувається через

вмикання струму контролеру. Вхідна точка в програму – головний організаційний блок Main проекту.

4.3.2.6 Вхідні та вихідні дані

Вхідні та вихідні дані згідно стандартам Siemens є невідомою частиною програмованого коду та продемонстровані на середовищі.

ВИСНОВКИ

У ході роботи було розроблено та впроваджено кіберфізичну систему для автоматизації транспортних ліній зернового елеватора фермерського господарства "Роксана". Система забезпечує автоматичний моніторинг та керування процесами транспортування, зберігання та обробки зерна, що дозволило значно знизити витрати на керування і обслуговування елеватора. Результати демонструють відповідність сучасному рівню наукових і технічних знань у сфері автоматизації аграрних процесів, підтверджуючи ефективність і надійність запропонованих технічних рішень.

Під час виконання цієї роботи було виконано аналіз об'єкту впровадження та обґрунтування напрямів розробки кіберфізичної системи зернового елеватора.

Було проведено аналіз та обґрунтування вибору комплексу технічних засобів і реалізована схема структурного обладнання.

Також згідно вимогам до кваліфікаційної роботи було виконано розробку корпоративної мережі підприємства "РОКСАНА".

Ну і накінець було розроблено програмований модуль системи також згідно за вимогам до кваліфікаційної роботи

Достигнута мета кваліфікаційної роботи по розробці кіберфізичної системи транспортних ліній зернового елеватора фермерського господарства «Роксана».

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Елеватори в Україні: роль в економіці та особливості [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://osr.kr.ua/elevatory-v-ukrayini-rol-v-ekonomitsi-ta-osoblyvosti/>
2. Історична довідка про появу перших зернових елеваторів на Україні [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://mur.vn.ua/articles/istoriya-elevator-uk/>
3. Реєстраційні дані затвердження СФГ “Роксана” [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://opendatabot.ua/c/30985121?from=search>
4. Додаткові дані про реєстрацію СФГ “Роксана” [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://www.ukraine.com.ua/uk/egrpou/30985121/>
5. Стисла конструкція зернового елеватора [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://analit-pribor.com.ua/uk/developments/yak-praczyuye-elevator/>
6. Принцип роботи зернового елеватора та опис процесу [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: [Що таке сучасний зерновий елеватор? | Журнал "АгроЕліта" \(agroelita.info\)](https://agroelita.info/Що-таке-сучасний-зерновий-елеватор-Журнал-АгроЕліта)
7. Опис Норій [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://agrohelix.com.ua/noriya-nkz-10-425-m-kontrprivod/>
8. Опис перекидного клапана [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://agrohelix.com.ua/klapan-samoplivniy-u-200-200-200-perekidniy-agrohelix/>
9. Опис конвеєра [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://agrohelix.com.ua/transporter-skrebkoviy-agrohelix-zvarniy-1-4-m.-tsep-trd.-skrebok-guma/793/>
10. Опис засувки [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://zeo.ua/equipment/zasuvka-rolikova-avtomatichna-zeo-rpa>

11. Опис вентилятора [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://propeller.in.ua/ua/p1958752876-ventilyator-160-kvt.html>
12. Опис зернового хопера [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://delta-i.com.ua/siloswithconicalbottom>
13. Опис зернових сепаратора [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://agrohelix.com.ua/zernoviy-vibrostantsionnyy-separator-btss-50-zip-komplekt-agrohelix/>
14. Опис сушарки [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: https://kmzindustries.ua/wp-content/uploads/2022/02/tablica_zernosushilki_bb_kmz_vab_bb_ua.pdf
15. Опис бункерів [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://simo.com.ua/ua/obladnannya/bunker-sekcionnii-marki-bs>
16. Датчик індуктивний E2E-X10ME1 Omron [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://prom.ua/ua/p1892183705-datchik-induktivnij-e2e.html>
17. Датчик контролю сходження стрічки [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://upo.com.ua/product/ksl-2/>
18. Датчик виміру струму [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://regmik.ua/uk/product/datchiki-toka-dth/>
19. Датчики рівня ротаційний [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://peko.com.ua/process-sensors/level-sensors/endress-hauser-fte20-aa13aa41>
20. Опис системи SCADA та те як ця система може використовуватися [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://blog.emb.global/scada-systems-in-modern-industrial-operations/#q-how-do-scada-systems-work>
21. Опис Основного контролера: Модуль SIMATIC S7-1200 CPU 1214C [Електронний ресурс] – Режим доступу: URL: <https://meanwell.kiev.ua/ua/p539759879-6es7214-1hg40-0xb0.html>

22. Опис Модуля дискретного вводу–выводу SM 1223 [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://abr.com.ua/simatic-s7-1200-modul-dyskretnogo-vvodu-vyvodu-sm-1223-16di-16do-16di-24-v-vhody-sink-source-16do-releyni-vyhody-2-a-6es7223-1pl32-0xb0>

23. Опис модуля аналогового вводу–выводу SM 1234 [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://abr.com.ua/simatic-s7-1200-modul-analogovogo-vvodu-vyvodu-sm-1234-4-ai-2-ao-plus-10v-14-bit-abo-0-20-ma-13-bit-6es7234-4he32-0xb0>

24. Опис блок живлення на DIN–рейку SIEMENS SIMATIC S7–1200 PM1207 [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://meanwell.kiev.ua/ua/p9580969-6ep1332-1sh71-blok.html>

25. Опис роутера SCALANCE S615 LAN [Электронный ресурс] – Режим доступа: URL: <https://mall.industry.siemens.com/mall/RU/RU/Catalog/Product/?mlfb=6GK5615-0AA00-2AA2>

ДОДАТОК МОДУЛЬ НОРІЙ
Кіберфізичної системи керування зернового елеватора

**Міністерство освіти і науки України
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
“ДНІПРОВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА”**

**ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
КІБЕРФІЗИЧНОЇ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТНИХ ЛІНІЙ
ЗЕРНОВОГО ЕЛЕВАТОРА ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА
"РОКСАНА"**

Текст програми

804.02070743.24014–01 12 01

Листів 3

АНОТАЦІЯ

Даний документ містить програмне забезпечення блоку керування норіями автоматизованої системи керування норіями.

Текст програми реалізований на мові LAD для PLC Simatic.

Середовище розробки та відладки – Siemens TIA Portal V.14, сумісний з IBM PC2 в середовищі операційної системи Windows 10.

ЗМІСТ

1. Таблиця змінних Default tag table
2. Організаційний блок Main
3. Функції CommandsDB
4. Функціональний блок Noria