

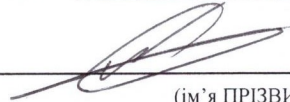
Бакалаврська дипломна робота на тему:

«МОДЕРНІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
ЗЕРНОСУШИЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КАНІВСЬКЕ ПІДПРИЄМСТВО ПО
ВІДГОДІВЛІ ХУДОБИ»

Виконав: студент 4 курсу, гр. 1ЕМ-206
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка

Сергій ДИШКАНТ
(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Керівник: к.т.н., доц., доцент каф. КЕМСК

Сергій БАБІЙ
(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

« 28 » 05 2024 р.

Рецензент: к.т.н., доц. каф. ЕСЕМ

Олексій БАБЕНКО
(ім'я ПРИЗВИЩЕ)

« 10 » 06 2024 р.

Допущено до захисту

Зав. кафедри КЕМСК

« 28 » 05 20__ р.

Вінницький національний технічний університет

Факультет Електроенергетики та електромеханіки

Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 14 – Електрична інженерія

Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Освітньо-професійна програма «Електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

К.Т.Н., доц.

Микола МОШНОРІЗ

«11» 03 2024 року

ЗАВДАННЯ НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Дишканту Сергію Павловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Модернізація автоматизованої системи керування зерносушильного комплексу в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Канівське підприємство по відгодівлі худоби»

Керівник роботи Бабій Сергій Миколайович, к.т.н., доц. каф. КЕМСК

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від «11» 03 2024 року № 80

2. Термін подання студентом роботи _____

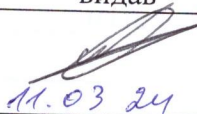
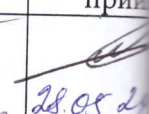
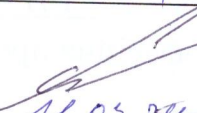
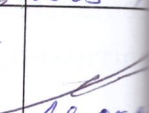
3. Вихідні дані до роботи: характеристики скребкового транспортера завальної ями: продуктивність по зерну при вологості 17% становить 70 т/год; швидкість руху тягового ланцюга 0,4–0,7 м/с; довжина транспортера 35 м; габаритні розміри 200×345 мм; діаметр приводної та натяжної зірочок 292 мм.

4. Зміст текстової частини: 1 Характеристика об'єкта проектування. 2 Розрахунок електропривода скребкового транспортера завальної ями. 3 Розробка системи керування зерносушильного комплексу. 4 Охорона праці. Висновки.

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

1 Характеристика об'єкта проектування. 2 Структура зерносушильного комплексу. 3 Постановка задачі проектування. 4 Технічні характеристики скребкового транспортера. 5 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода скребкового транспортера. 6 Вибір елементної бази електропривода скребкового транспортера. 7 Налаштування параметрів перетворювача частоти. 8 Моделювання електропривода скребкового транспортера. 9 Схема функціональна системи керування. 10 Вибір елементної бази системи керування. 11 Схема електрична принципова. 12 Практична реалізація.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконав прийняв
Спеціальна частина	Бабій С. М., к.т.н., доц. каф. ЕМСАПТ	 11.03.24	 28.05.24
Охорона праці	Кобилянський О.В., д. пед. н., професор, зав. каф. БЖДПБ	 11.03.24	 28.05.24

7. Дата видачі завдання 11.03.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапу	Термін виконання		Прим.
		початок	закінчення	
1	Формування та затвердження теми бакалаврської дипломної роботи (БДР)	11.03.2024	28.05.24	
2	Виконання спеціальної частини БДР. Перший рубіжний контроль виконання БДР	21.05.2024	28.05.24	
3	Виконання спеціальної частини БДР. Другий рубіжний контроль виконання БДР	28.05.2024		
4	Виконання розділу «Охорона праці»	28.05.2024	28.05.24	
5	Попередній захист БДР	28.05.2024	28.05.24	
6	Нормоконтроль БДР	28.05.2024	28.05.24	
7	Рецензування БДР	10.06.2024	10.06.24	
8	Захист БДР	12.06.2024		

Студент


(підпис)

Дишкант С. П.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Бабій С. М.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Бакалаврська дипломна робота складається з 107 сторінок формату А4, на яких є 37 рисунків, 14 таблиць, список використаних джерел містить 30 найменувань.

Метою роботи є покращення технологічного процесу транспортування зерна в умовах зерносушильного комплексу ТОВ «Канівське підприємство по відгодівлі худоби» за рахунок модернізації електропривода скребкового транспортера завальної ями та встановлення моторизованих засувки охолоджувачів з системою захисних блокувань.

У загальній частині роботи дано загальну характеристику технологічного процесу транспортування зерна в умовах ТОВ «Канівське підприємство по відгодівлі худоби».

У розрахунково-конструкторській частині виконано розрахунки електропривода скребкового транспортера завальної ями зерносушильного комплексу. Модернізовано систему керування зерносушильним комплексом. Коректність прийнятих рішень перевірено в реальних умовах експлуатації.

У розділі охорони праці опрацьовано такі питання, як причини виникнення, дія на організм людини та нормування шкідливих та небезпечних виробничих факторів, наведені рекомендації щодо поліпшення умов праці, а також розглянуто норми пожежної безпеки.

Ключові слова: зерносушильний комплекс, скребковий транспортер, електропривод, система керування.

ABSTRACT

The bachelor's thesis consists of 107 A4 pages, which have 37 figures, 14 tables, the list of sources used contains 30 items.

The purpose of the work is to improve the technological process of grain transportation in the conditions of the grain-drying complex of LLC "Kanivske enterprise for livestock fattening" due to the modernization of the electric drive of the scraper conveyor of the landfill pit and the installation of motorized shutters of the coolers with a system of protective locks.

In the general part of the work, a general description of the technological process of grain transportation in the conditions of Kaniv Enterprise for Cattle Feeding LLC is given.

In the calculation and design part, the calculations of the electric drive of the scraper conveyor of the filling pit of the grain drying complex were performed. The control system of the grain drying complex has been modernized. The correctness of the decisions made was verified in real operating conditions.

In the section on labor protection, issues such as the causes of occurrence, effects on the human body, and regulation of harmful and dangerous production factors are discussed, recommendations are given for improving working conditions, and fire safety standards are also considered.

Keywords: grain drying complex, scraper conveyor, electric drive, control system.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ.....	7
1.1 Характеристика ТОВ «Канівське ПВХ»	7
1.2 Загальна характеристика технологічного процесу транспортування зерна в умовах ТОВ «Канівське ПВХ»	8
1.3 Постановка завдання проектування	14
2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА СКРЕБКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА ЗАВАЛЬНОЇ ЯМИ	15
2.1 Технічні характеристики скребкового транспортера	15
2.2 Попередній розрахунок потужності приводного двигуна	17
2.3 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода	19
2.4 Вибір приводного двигуна	25
2.5 Розрахунок та вибір силового перетворювача	30
2.6 Розрахунок параметрів регуляторів електропривода скребкового транспортера	35
2.7 Моделювання перехідних процесів електропривода скребкового транспортера	38
3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗЕРНОСУШИЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ	42
3.1 Розробка функціональної схеми системи керування.....	42
3.2 Вибір сенсорів підпору та сенсорів положення	44
3.2.1 Вибір сенсорів підпору	44
3.2.2 Вибір сенсорів обмеження ходу шибера	46
3.3 Розробка принципової схеми	49
3.4 Налаштування параметрів перетворювача частоти.....	54
3.4 Практична реалізація	57
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	60

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта.....	60
4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць.....	60
4.1.2 Електробезпека	63
4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	65
4.2.1 Мікроклімат	65
4.2.2 Склад повітря робочої зони.....	65
4.2.3 Виробниче освітлення.....	66
4.2.4 Виробничий шум.....	67
4.2.5 Виробнича вібрація	68
4.3 Пожежна безпека.....	70
ВИСНОВКИ.....	73
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	74
ДОДАТКИ.....	77
ДОДАТОК А (обов'язковий). Технічне завдання.....	78
ДОДАТОК Б (обов'язковий). Графічна частина.....	82
ДОДАТОК В. Протокол перевірки дипломної роботи на наявність текстових запозичень	107

ВСТУП

Україна – це перед усім аграрна країна, яка до недавнього часу була джерелом відносно дешевого зерна для багатьох країн світу. Однак, останнім часом виникли значні труднощі із транспортуванням зерна за кордон, тому все більшого значення набуває його переробка. Одним із варіантів такої переробки є тваринництво. У цьому випадку отримуємо багато позитивних результатів таких як: перехід з позиції сировинного придатку в розряд виробника; нові робочі місця; податки до бюджету країни тощо.

Одним із таких підприємств, яке спеціалізується на відгодівлі худоби є товариство з обмеженою відповідальністю «Канівське підприємство по відгодівлі худоби» (ТОВ «Канівське ПВХ»), яке переважно спеціалізується на відгодівлі свиней. Одним із важливих компонентів кормів для відгодівлі свиней є кукурудза. Необхідність сушити кукурудзу в даному випадку обумовлено двома такими факторами:

- 1) забезпечити рівень вологості зерна необхідний для його тривалого зберігання;
- 2) провести термічну обробку зерна перед його використанням в якості корму для тварин.

Сушіння зерна в умовах ТОВ «Канівське ПВХ» відбувається на зерносушильному комплексі, який належить підприємству. Технологічний процес транспортування зерна в умовах зерносушильного комплексу має певні недоліки, які і потрібно усунути.

Метою роботи є покращення технологічного процесу транспортування зерна в умовах зерносушильного комплексу ТОВ «Канівське підприємство по відгодівлі худоби» за рахунок модернізації електропривода скребкового транспортера завальної ями та встановлення моторизованих засувки охолоджувачів з системою захисних блокувань.

Об'єкт дослідження – процес транспортування зерна в умовах зерносушильного комплексу ТОВ «Канівське підприємство по відгодівлі худоби».

Предмет дослідження — автоматизована система керування зерносушильним комплексом.

В процесі реалізації мети роботи необхідно вирішити такі завдання:

1. Здійснити загальну характеристику об'єкта проектування.
2. Провести перевірочний розрахунок електропривода скребкового транспортера завальної ями та вибрати необхідну елементну базу.
3. Розробити систему керування електроприводом скребкового транспортера завальної ями та інтегрувати її в існуючу систему керування зерносушильним комплексом.
4. Розробити систему керування електроприводом моторизованих засувки охолоджувачів та інтегрувати її в існуючу систему керування зерносушильним комплексом.
5. Перевірити правильність прийнятих рішень шляхом комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень.
6. Описати умови безпечної експлуатації розробленої системи.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ПРОЕКТУВАННЯ

1.1 Характеристика ТОВ «Канівське ПВХ»

ТОВ «Канівське ПВХ» знаходиться в с. Мартинівка (Канівський р-н, Черкаська область) і згідно класифікатора видів економічної діяльності (КВЕД) спеціалізується на таких видах діяльності [1]:

- 01.46 – Розведення свиней (основний);
- 01.49 – Розведення інших тварин;
- 01.61 – Допоміжна діяльність у рослинництві;
- 46.23 – Оптова торгівля живими тваринами;
- 46.39 – Неспеціалізована оптова торгівля продуктами харчування, напоями та тютюновими виробами;
- 77.31 – Надання в оренду сільськогосподарських машин і устаткування;
- 49.41 – Вантажний автомобільний транспорт;
- 46.21 – Оптова торгівля зерном, необробленим тютюном, насінням і кормами для тварин;
- 68.20 – Надання в оренду й експлуатацію власного чи орендованого нерухомого майна;
- 77.12 – Надання в оренду вантажних автомобілів;
- 01.63 – Післяурожайна діяльність;
- 01.64 – Оброблення насіння для відтворення;
- 52.10 – Складське господарство.

Згідно даних Всеукраїнського галузево-аналітичного центру ТОВ «Канівське ПВХ» входить в перелік із ста кращих постачальників товарів та послуг 2019 року [2].

1.2 Загальна характеристика технологічного процесу транспортування зерна в умовах ТОВ «Канівське ПВХ»

Зовнішній вигляд зерносушильного комплексу зображено на рисунку 1.1.



Рисунок 1.1 – Зовнішній вигляд зерносушильного комплексу

Базовим елементом будь-якого зерносушильного комплексу є сушарка. В умовах ТОВ «Канівське ПВХ» використовується модульна зерносушарка фірми Sukir. Зовнішній її вигляд зображено на рисунку 1.2.

Зерносушарка обладнана двома пальниками та може працювати в таких режимах:

- 1) режим потоку з повним нагрівом;
- 2) режим потоку з частковим нагрівом;
- 3) режим порції.

При повному нагріванні сушарка повинна забезпечувати продуктивність не менше 200 т/добу при нормальних умовах експлуатації та зніманні 10% вологості (з 24% до 14% по кукурудзі).



Рисунок 1.2 – Зовнішній вигляд модульної зерносушарка Sukup
в умовах ТОВ «Канівське ПВХ»

Узагальнена структура зерносушильного комплексу зображена на
рисунку 1.3.

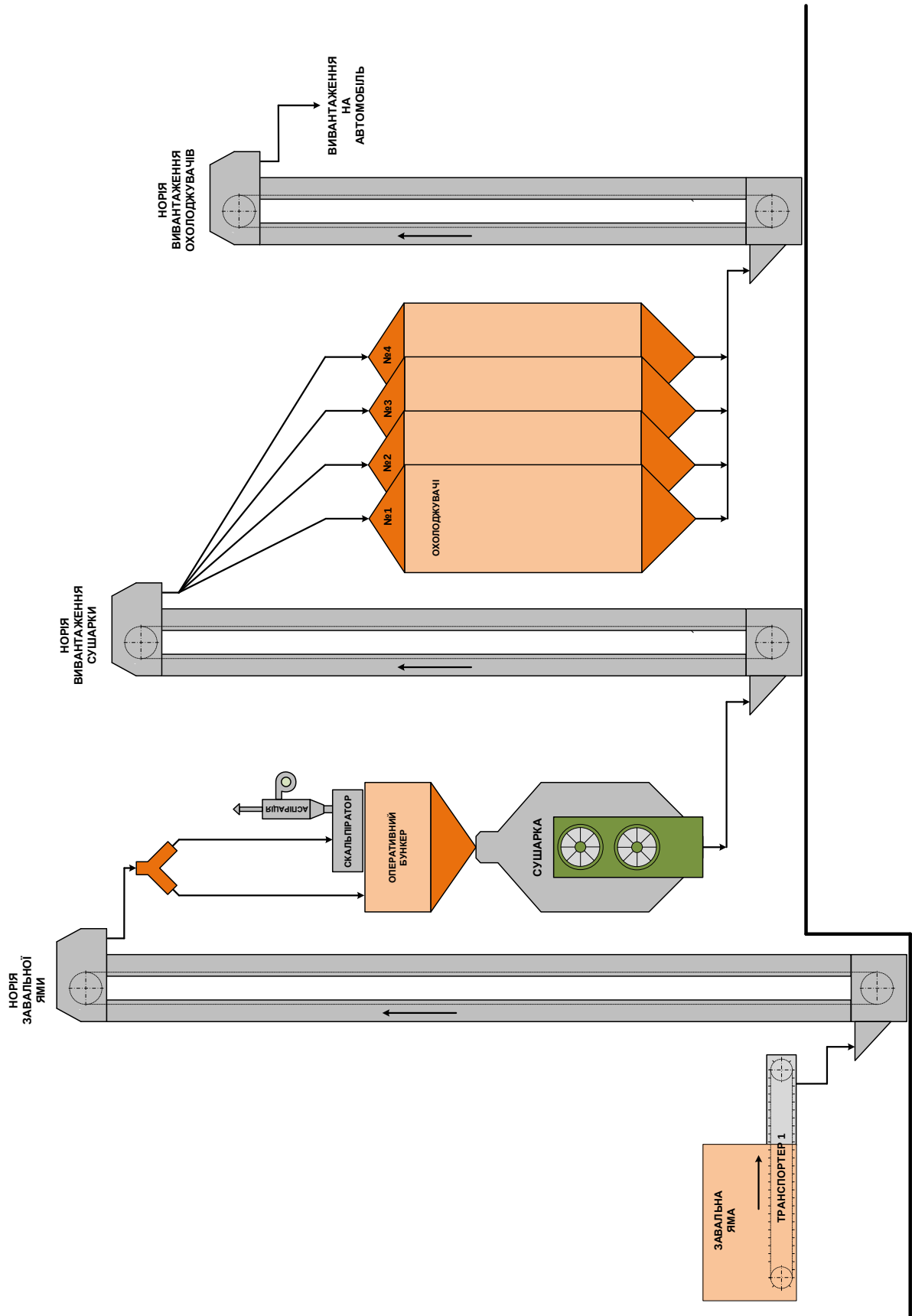


Рисунок 1.3 – Узагальнена структура зерносушильного комплексу

На територію зерносушильного комплексу зерно завозиться автомобільним транспортом та вивантажується на площадці вивантаження, яка є аналогом завальної ями (рисунок 1.4, а). Під площадкою розвантаження у спеціальному жолобі розміщений скребковий транспортер (рисунок 1.4, б), який забезпечує подальше транспортування зерна до норії завальної ями (див. рисунок 1.3).



Рисунок 1.4 – Площадка розвантаження («завальна яма»)

Залежно від положення перемикача норія завальної ями забезпечує транспортування зерна так (див. рисунок 1.3):

1) якщо зерно чисте, то його одразу транспортують в оперативний бункер сушарки;

2 якщо зерно з домішками, то його транспортують на очистку, яка складається з скальпіратора та аспірації, і лише після цього воно потрапляє в оперативний бункер.

З оперативного бункера зерно потрапляє в сушарку.

З сушарки зерно вивантажується за допомогою норії вивантаження сушарки в охолоджувачі №1, №2, №3 або №4 залежно від положення відповідних перемикачів (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Зовнішній вигляд охолоджувачів

Після охолодження зерно вивантажується із охолоджувачів на автомобільний транспорт за допомогою норії вивантаження охолоджувачів (див. рисунок 1.3).

Керування зерносушильним комплексом відбувається з операторського приміщення. Зовнішній вигляд шафи керування зображено на рисунку 1.6.



Рисунок 1.6 – Шафа керування в операторському приміщенні

1.3 Постановка завдання проектування

При експлуатації даного комплексу було виявлено такі основні недоліки:

1. Залежно від культури зерна та його вологості необхідним є регулювання продуктивності стрічкового транспортера завальної ями. Механічний спосіб регулювання продуктивності за рахунок зміни положення конуса стрічкового транспортера виявився не ефективним, оскільки є трудомістким та потребує значних витрат часу на регулювання.

2. Неузгодженість продуктивностей механізмів зерносушильного комплексу обумовлювала часті їх завали зерном. Це призводило до тривалих перерв в роботі та необхідність в ручну розвантажувати механізми, які були завалені зерном.

3. Механічні шибера охолоджувачів під дією ваги зерна важко піддавались відкриванню та закриванню та періодично заклинювали.

Для усунення зазначених недоліків необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести перевірочний розрахунок електропривода скребкового транспортера завальної ями та вибрати необхідну елементну базу.

2. Розробити систему керування електроприводом скребкового транспортера завальної ями та інтегрувати її в існуючу систему керування зерносушильним комплексом.

3. Для запобігання появи завалів механізмів комплексу передбачити встановлення сенсорів підпору механізмів зерносушильного комплексу.

4. Розробити систему керування електроприводом моторизованих засувов охолоджувачів та інтегрувати її в існуючу систему керування зерносушильним комплексом.

5. Перевірити правильність прийнятих рішень шляхом комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень.

6. Описати умови безпечної експлуатації розробленої системи.

7. Зробити загальні висновки.

2 РОЗРАХУНОК ЕЛЕКТРОПРИВОДА СКРЕБКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА ЗАВАЛЬНОЇ ЯМИ

2.1 Технічні характеристики скребкового транспортера

Скребковий транспортер – це пристрій призначений для транспортування зерна та інших насипних вантажів по нерухомому жолобу за допомогою скребків, які закріплені на одному чи декількох тягових ланцюгах і занурені в шар насипного вантажу (рисунок 2.1). Допустимий кут нахилу скребкових транспортерів зазвичай не перевищує 20° до горизонту [3, 4].

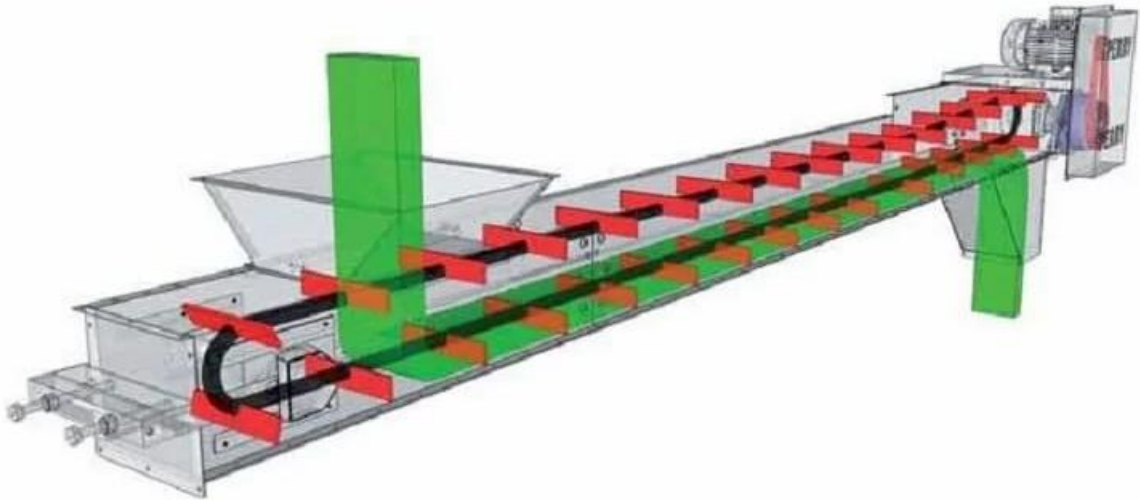


Рисунок 2.1 – Будова скребкового транспортера

В умовах ТОВ «Канівське ПВХ» скребковий транспортер забезпечує транспортування зерні із площадки розвантаження до норії. Його особливістю є те, що він розміщений у спеціальному жолобі під площадкою розвантаження. Кількість зерна, яка просипається до скребків транспортера регулюється положенням конусу над транспортером (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Скребокний транспортер площадки розвантаження

Кінематична схема скребкового транспортера зображена на рисунку 2.3.

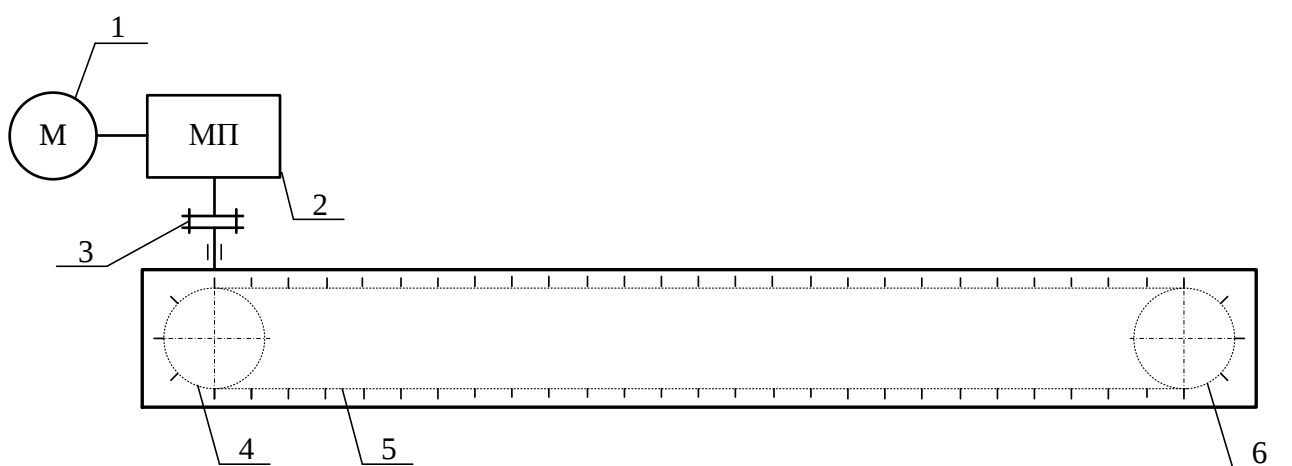


Рисунок 2.3 – Кінематична схема скребкового транспортера

На рисунку 2.3: 1 – приводний двигун; 2 – механічна передача; 3 – муфта; 4 – приводна зірочка; 5 – тяговий ланцюг зі скребками; 6 – натяжна зірочка.

Основні технічні характеристики скребкового транспортера наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Основні технічні характеристики скребкового транспортера

Параметри	Значення
Продуктивність по зерну при вологості 17%, т/год	70
Швидкість руху тягового ланцюга, м/с	0,4–0,7
Довжина транспортера, м	35
Габаритні розміри, мм	200×345
Діаметр приводної та натяжної зірочок, мм	292

2.2 Попередній розрахунок потужності приводного двигуна

Швидкість обертання приводної зірочки транспортера при максимальній швидкості транспортування:

$$n_{з. \max} = \frac{60 \cdot V_{\max}}{\pi \cdot D_з}, \quad (2.1)$$

де $V_{\max}$ – максимальна швидкість тягового ланцюга ($V_{\max} = 0,7$ м/с);

$D_з$ – діаметр приводної зірочки ($D_з = 0,292$ м),

$$n_{з. \max} = \frac{60 \cdot 0,7}{\pi \cdot 0,292} = 45,78 \text{ (об/хв)}.$$

Швидкість двигуна при максимальній швидкості транспортування вантажу:

$$n_{\text{дв}} = n_{з. \max} \cdot i_{\text{п}}, \quad (2.2)$$

де $i_{\text{п}}$ – передаточне число механічної передачі ($i_{\text{п}} = 31,5$),

$$n_{\text{дв}} = 45,78 \cdot 31,5 = 1442 \text{ (об/хв)}.$$

Кутова швидкість двигуна при максимальній швидкості транспортування вантажу:

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_{\text{дв}}}{60}, \quad (2.3)$$

$$\omega_{\text{дв}} = \frac{2 \cdot \pi \cdot 1442}{60} = 151,03 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Розрахункова потужність приводного двигуна скребкового транспортера [5]:

$$P_{\text{роз}} = \frac{Q}{367 \cdot \eta_{\text{п}}} \cdot (c \cdot L + H) \cdot k_3, \quad (2.4)$$

де Q – продуктивність транспортера ($Q = 70$ т/год);

L – відстань між барабанами транспортера ($L = 35$ м);

H – висота підйому вантажу ($H = 0$ м);

k_3 – коефіцієнт запасу ($k_3 = 1,15 \dots 1,3$);

$\eta_{\text{п}}$ – ККД передаточного механізму ($\eta_{\text{п}} = 0,75$);

c – розрахунковий коефіцієнт, який залежить від продуктивності транспортера і його довжини ($c = 0,92$),

$$P_{\text{роз}} = \frac{70}{367 \cdot 0,75} \cdot (0,92 \cdot 35 + 0) \cdot (1,15 \dots 1,3) = 9,42 \dots 10,65 \text{ (кВт)}.$$

Прирівнявши отриманий діапазон потужностей із стандартним рядом потужностей очевидно, що для привода скребкового транспортера необхідно попередньо вибрати двигун з номінальною потужністю 11,0 кВт.

2.3 Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода

Електропривод скребкового транспортера повинен забезпечувати:

- плавний пуск;
- пуск під навантаженням;
- роботу в тривалому режимі S1;
- захист від перевантаження та завалу транспортера;
- для регулювання продуктивності повинно бути передбачено неглибоке регулювання швидкості.

Зазначені показники можуть забезпечити такі системи електропривода: ШПП-ДПС; ТП-Д; ПЧ-АД.

Зазначені системи електричного привода характеризуються широким діапазоном регулювання швидкості, а отримані характеристики мають високу жорсткість. Основна перевага використання електропривода типу ПЧ-АД по відношенню до електроприводів типу ШПП-ДПС та ТП-Д полягає в тому, що АД є надійнішими та набагато дешевшими у порівнянні з двигунами постійного струму.

Для остаточного прийняття рішення щодо вибору системи електричного привода здійснимо порівняння розглянутих варіантів згідно критерію приведених витрат [6, 7].

При порівнянні можливих варіантів вирішення будь-якого завдання кращим, за інших рівних умов, вважається варіант, який передбачає мінімум приведених витрат [6, 7]:

$$Z = E_n \cdot K + C, \quad (2.5)$$

де E_n – нормативний коефіцієнт економічної ефективності капітальних вкладень (приймається 0,17 для всіх галузей промисловості), 1/рік;

K – капітальні вкладення, грн;

C – загальні щорічні відрахування, які враховуються у собівартості продукції, грн/рік.

Здійснимо розрахунок для системи ПЧ-АД.

Капітальні вкладення [6, 7]:

$$K = D + CK, \quad (2.26)$$

де D – вартість приводного двигуна ($D = 15100$ грн [8]);

CK – вартість системи керування ($CK = 57723$ грн [9]),

$$K = 15100 + 57723 = 72823 \text{ (грн)}.$$

Річні капітальні витрати [6, 7]:

$$K_{\text{річні}} = E_n \cdot K, \quad (2.7)$$

$$K_{\text{річні}} = 0,17 \cdot 72823 = 12379,91 \text{ (грн/рік)}.$$

Загальні додаткові відрахування [6, 7]:

$$C = C_A + C_P + C_D + C_O, \quad (2.8)$$

де C_A – амортизаційні відрахування, грн/рік;

C_P – відрахування на ремонт, грн/рік;

C_D – додаткові відрахування, грн/рік;

C_O – відрахування на обслуговування, грн/рік.

Величина амортизаційних відрахувань в середньому приймається 10% від капітальних вкладень [6, 7]:

$$C_A = 0,1 \cdot K, \quad (2.9)$$

$$C_A = 0,1 \cdot 72823 = 7282,3 \text{ (грн/рік)}.$$

Відрахування на ремонт електрообладнання приймають в розрахунку 2% від капітальних вкладень [6, 7]:

$$C_P = 0,02 \cdot K, \quad (2.10)$$

$$C_P = 0,02 \cdot 72823 = 1456,46 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії системі електричного привода у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік [6, 7]:

$$C_D = C_{D1} + C_{D2}, \quad (2.11)$$

де C_{D1} – додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в двигуні за рік, грн/рік;

C_{D2} – додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування за рік, грн/рік.

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в двигуні за рік [6, 7]:

$$C_{D1} = \Delta W_{\Sigma_{ДВ}} \cdot c, \quad (2.12)$$

де $\Delta W_{\Sigma_{ДВ}}$ – сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік, (кВт·год)/рік;

c – вартість для промисловості одного кіловата потужності за годину, грн/(кВт·год) ($c = 6,5$ грн/(кВт·год)).

Сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи за рік [6, 7]:

$$\Delta W_{\Sigma_{ДВ}} = (\Delta P_{\text{ном}} + \Delta P_{\text{перех.}}) \cdot k_3 \cdot \Phi, \quad (2.13)$$

де $\Delta P_{\text{ном}}$ – втрати потужності в двигуні в номінальному режимі роботи, кВт;

$\Delta P_{\text{перех.}}$ – додаткові втрати потужності в двигуні у перехідних режимах роботи, кВт;

k_3 – коефіцієнт завантаження по потужності (приймають рівним 0,8);

Φ – дійсний фонд часу роботи системи електричного привода за рік, год/рік.

Втрати потужності в двигуні в номінальному режимі роботи [6, 7]:

$$\Delta P_{\text{ном}} = P_{\text{ном}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{ном}}}{\eta_{\text{ном}}}, \quad (2.14)$$

де $P_{\text{ном}}$ – номінальна потужність електричного двигуна ($P_{\text{ном}} = 11$ кВт);

$\eta_{\text{ном}}$ – номінальний ККД двигуна ($\eta_{\text{ном}} = 0,884$),

$$\Delta P_{\text{ном}} = 11 \cdot \frac{1 - 0,884}{0,884} = 1,44 \text{ (кВт)}.$$

Додаткові втрати потужності в двигуні у перехідних режимах роботи приймають рівними 10% від номінальних [6, 7]:

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot \Delta P_{\text{ном}}, \quad (2.15)$$

$$\Delta P_{\text{перех.}} = 0,1 \cdot 1,44 = 0,144 \text{ (кВт)}.$$

Дійсний фонд часу роботи електричного привода за рік [6, 7]:

$$\Phi = \varepsilon \cdot Z_{\text{р.д.}} \cdot Z_{\text{р.з.}} \cdot t_{\text{р.з.}}, \quad (2.16)$$

де ε – відносна тривалість ввімкнення (прийmemo $\varepsilon = 1$);

$Z_{\text{р.д.}}$ – кількість робочих днів за рік ($Z_{\text{р.д.}} = 60$ 1/рік);

$Z_{\text{р.з.}}$ – кількість робочих змін ($Z_{\text{р.з.}} = 2$);

$t_{\text{р.з.}}$ – тривалість робочої зміни ($t_{\text{р.з.}} = 12$ год),

$$\Phi = 1 \cdot 60 \cdot 2 \cdot 12 = 1440 \text{ (год/рік)}.$$

Сумарні втрати енергії в двигуні у стаціонарних та перехідних режимах роботи згідно формули (2.13):

$$\Delta W_{\Sigma \text{дв}} = (1,44 + 0,144) \cdot 0,8 \cdot 1440 = 1829,1 \text{ ((кВт} \cdot \text{год)/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (2.12):

$$C_{\text{д1}} = 1829,1 \cdot 6,5 = 11889,32 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування, які враховують втрати енергії в системі керування за рік [6, 7]:

$$C_{\text{д2}} = \Delta W_{\Sigma \text{ск}} \cdot c, \quad (2.17)$$

де $\Delta W_{\Sigma \text{ск}}$ – кількість втраченої електроенергії в системі керування за рік, (кВт·год)/рік.

Втрати енергії в системі керування за рік [6, 7]:

$$\Delta W_{\Sigma \text{СК}} = \Delta P_{\text{СК}} \cdot k_3 \cdot \Phi, \quad (2.18)$$

де $\Delta P_{\text{СК}}$ – втрати потужності в системі керування, кВт.

Втрати потужності в системі керування [6, 7]:

$$\Delta P_{\text{СК}} = P_{\text{СП}} \cdot \frac{1 - \eta_{\text{ПП}}}{\eta_{\text{ПП}}}, \quad (2.19)$$

де $P_{\text{ПП}}$ – номінальна потужність перетворюючого пристрою ($P_{\text{ПП}} = 15$ кВт);

$\eta_{\text{ПП}}$ – номінальний ККД перетворюючого пристрою ($\eta_{\text{ПП}} = 0,98$),

$$\Delta P_{\text{СК}} = 15 \cdot \frac{1 - 0,98}{0,98} = 0,306 \text{ (кВт)}.$$

Втрати потужності в системі керування згідно формули (2.18):

$$\Delta W_{\Sigma \text{СК}} = 0,306 \cdot 0,8 \cdot 1440 = 352,7 \text{ ((кВт} \cdot \text{год)/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (2.17):

$$C_{\text{Д2}} = 352,7 \cdot 6,5 = 2292,24 \text{ (грн/рік)}.$$

Додаткові відрахування згідно формули (2.11):

$$C_{\text{Д}} = 11889,32 + 2292,24 = 14181,56 \text{ (грн/рік)}.$$

Відрахування на обслуговування електрообладнання приймають рівним 5% від суми відрахувань на амортизацію, ремонт та додаткових витрат [6, 7]:

$$C_{\text{О}} = 0,05 \cdot (C_{\text{А}} + C_{\text{Р}} + C_{\text{Д}}), \quad (2.20)$$

$$C_{\text{О}} = 0,05 \cdot (7282,3 + 1456,46 + 14181,56) = 1146,02 \text{ (грн/рік)}.$$

Загальні додаткові відрахування згідно формули (2.8):

$$C = 7282,3 + 1456,46 + 14181,56 + 1146,02 = 24066,34 \text{ (грн/рік)}.$$

Приведені витрати згідно формули (2.5):

$$З = 0,17 \cdot 72823 + 24066,34 = 36446,25 \text{ (грн/рік)}.$$

Для інших систем електричного привода проведемо аналогічні розрахунки, результати розрахунків зведемо в порівняльну таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Порівняльна таблиця ТЕО

Показники	Системи електричного привода		
	ШП-ДПС	ТП-Д	ПЧ-АД
Вартість двигуна Д, грн	37750	37750	15100
Вартість системи керування СК, грн	46178,4	51950,7	57723
Капітальні вкладення К, грн	83928,4	89700,7	72823
Річні капітальні витрати $K_{річн}$, грн/рік	14267,83	15249,12	12379,91
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	8392,84	8970,07	7282,30
Відрахування на ремонт C_R , грн/рік	1678,57	1794,01	1456,46
Додаткові відрахування C_D , грн/рік	16569,32	19058,68	14181,56
Відрахування на обслуговування C_O , грн/рік	1332,04	1491,14	1146,02
Загальні відрахування C , грн/рік	27972,76	31313,90	24066,34
Приведені витрати З, грн/рік	42240,59	46563,02	36446,25

Аналіз отриманих результатів розрахунків дозволяє зробити такий висновок: найбільш економічно вигідним є використання системи ПЧ-АД, оскільки приведені витрати для неї є найменшими і становлять 36446,25 грн/рік.

2.4 Вибір приводного двигуна

Умови вибору приводного двигуна [6, 7]:

$$\begin{cases} P_{\text{дв.н}} \geq P_{\text{роз}}, \\ n_{\text{дв.н}} \geq n_{\text{роз}}. \end{cases} \quad (2.21)$$

Базуючись на умовах (2.21) для привода скребкового транспортера виберемо візьмемо АД з КЗ ротором типу АІР132М4 (таблиця 2.3):

$$\begin{cases} P_{\text{дв.н}} \geq 9,42 \dots 10,65 \text{ (кВт)}, \\ \omega_{\text{дв.н}} \geq 1442 \text{ (об/хв)}. \end{cases}$$

Таблиця 2.3 – Технічні дані вибраного приводного двигуна [8]

Тип двигуна	АІР132М4
Номінальна потужність $P_{\text{дв.н}}$, кВт	11
Номінальна напруга $U_{\text{дв.н}}$, В	380
Номінальна швидкість обертання $n_{\text{дв.н}}$, об/хв	1460
Коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{\text{ном}}$	0,84
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{\text{дв.н}}$, %	88,4
Кратність пускового моменту $\lambda_{\text{пуск}}$	2,2
Кратність критичного моменту $\lambda_{\text{к}}$	2,3
Номінальний струм статора $I_{\text{дв.н}}$, А	22,5
Кратність пускового струму $\lambda_{I.\text{пуск}}$	7,0
Момент інерції ротора $J_{\text{рот}}$, кг·м ²	0,0349
Монтажне виконання	ІМ2081
Рівень шуму, дБ	75
Вага, кг	84
Режим роботи	S1

Синхронна кутова швидкість обертання приводного двигуна [6, 7]:

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot f_1}{p}, \quad (2.22)$$

де f_1 – частота напруги живлення ($f_1 = 50$ Гц);

p – число пар полюсів електричної машини ($p = 2$),

$$\omega_0 = \frac{2\pi \cdot 50}{2} = 157,08 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Номінальна кутова швидкість обертання [6, 7]:

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{2\pi \cdot n_{\text{дв.н}}}{60}, \quad (2.23)$$

$$\omega_{\text{дв.н}} = \frac{2\pi \cdot 1460}{60} = 152,89 \text{ (с}^{-1}\text{)}.$$

Номінальний момент приводного двигуна [6, 7]:

$$M_{\text{дв.н}} = 9550 \cdot \frac{P_{\text{дв.н}}}{n_{\text{дв.н}}}, \quad (2.24)$$

$$M_{\text{дв.н}} = 9550 \cdot \frac{11}{1460} = 72 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Критичний момент [6, 7]:

$$M_{\text{дв.к}} = \lambda_{\text{к}} \cdot M_{\text{дв.н}}, \quad (2.25)$$

$$M_{\text{дв.к}} = 2,3 \cdot 72 = 165,6 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Пусковий момент [6, 7]:

$$M_{\text{дв.пуск}} = \lambda_{\text{пуск}} \cdot M_{\text{дв.н}}, \quad (2.26)$$

$$M_{\text{дв.пуск}} = 2,2 \cdot 72 = 158,4 \text{ (Н} \cdot \text{м)}.$$

Пусковий струм [6, 7]:

$$I_{\text{дв.пуск}} = \lambda_{\text{I.пуск}} \cdot I_{\text{дв.н}}, \quad (2.27)$$

$$I_{\text{дв.пуск}} = 7,0 \cdot 22,5 = 157,5 \text{ (A)}.$$

Номінальне ковзання [6, 7]:

$$s_{\text{н}} = \frac{\omega_0 - \omega_{\text{дв.н}}}{\omega_0}, \quad (2.28)$$

$$s_{\text{н}} = \frac{157,08 - 152,89}{157,08} = 0,027.$$

Критичне ковзання [6, 7]:

$$s_{\text{к}} = s_{\text{н}} \cdot (\lambda_{\text{к}} + \sqrt{\lambda_{\text{к}}^2 - 1}), \quad (2.29)$$

$$s_{\text{к}} = 0,027 \cdot (2,3 + \sqrt{2,3^2 - 1}) = 0,117.$$

Номінальна фазна напруга:

$$U_{\text{ф.н}} = \frac{U_{\text{дв.н}}}{\sqrt{3}}, \quad (2.30)$$

$$U_{\text{ф.н}} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219,4 \text{ (В)}.$$

Для побудови природної механічної характеристики приводного двигуна скористатись формулами Клоса та Чекунова.

Механічна характеристика згідно формули Клоса [6, 7]:

$$M(s) = \frac{2 \cdot M_{\text{дв.к}} \cdot (1 + a \cdot s_{\text{к}})}{\frac{s}{s_{\text{к}}} + 2 \cdot a \cdot s_{\text{к}} + \frac{s_{\text{к}}}{s}}, \quad (2.31)$$

де a – розрахунковий коефіцієнт [6, 7]:

$$a = \frac{R_1}{R'_2}, \quad (2.32)$$

де R_1 – активний опір обмотки статора, Ом;

R_2' – приведений активний опір обмотки ротора, Ом.

Механічні втрати приймають рівними 5% від номінальної потужності [6, 7]:

$$P_{\text{дв.мех}} = 0,05 \cdot P_{\text{дв.н}}, \quad (2.33)$$

$$P_{\text{дв.мех}} = 0,05 \cdot 11000 = 550 \text{ (Вт)}.$$

Розрахунковий активний опір ротора приведений до статора [6, 7]:

$$R_2' = \frac{1}{3} \cdot \frac{P_{\text{дв.н}} + P_{\text{дв.мех}}}{I_{\text{дв.н}}^2 \cdot \frac{1-s_{\text{н}}}{s_{\text{н}}}}, \quad (2.34)$$

$$R_2' = \frac{1}{3} \cdot \frac{11000 + 550}{22,5^2 \cdot \frac{1-0,027}{0,027}} = 0,208 \text{ (Ом)}.$$

Розрахунковий активний опір статора [6, 7]:

$$R_1 = \frac{U_{\text{ф.н}} \cdot \cos \varphi_{\text{н}} \cdot (1 - \eta_{\text{дв.н}})}{I_{\text{дв.н}}} - C^2 \cdot R_2' - \frac{P_{\text{дв.мех}}}{3 \cdot I_{\text{дв.н}}^2}, \quad (2.35)$$

де C – розрахунковий коефіцієнт ($C = 1,019$),

$$R_1 = \frac{219,4 \cdot 0,84 \cdot (1 - 0,884)}{22,5} - 1,019^2 \cdot 0,208 - \frac{550}{3 \cdot 22,5^2} = 0,372 \text{ (Ом)}.$$

Відповідно до формули (2.32):

$$a = \frac{0,372}{0,208} = 1,78.$$

Вираз механічної характеристика згідно формули Клоса (2.31):

$$M(s) = \frac{2 \cdot 165,6 \cdot (1 + 1,78 \cdot 0,117)}{\frac{s}{0,117} + 2 \cdot 1,78 \cdot 0,117 + \frac{0,117}{s}}.$$

Механічна характеристика згідно формули Чекунова [6, 7]:

$$M(s) = M_k \cdot \frac{2 + (s^2 - s_k^2) \cdot K_s}{\frac{s}{s_k} + \frac{s_k}{s}}, \quad (2.36)$$

де K_s – розрахунковий коефіцієнт [6, 7],

$$K_s = \frac{\frac{\lambda_{\text{пуск}}}{\lambda_k} \cdot \left(\frac{1}{s_k} + s_k \right) - 2}{1 - s_k^2}, \quad (2.37)$$

$$K_s = \frac{\frac{2,2}{2,3} \cdot \left(\frac{1}{0,117} + 0,117 \right) - 2}{1 - 0,117^2} = 6,4.$$

Згідно формули (2.36):

$$M(s) = 165,6 \cdot \frac{2 + (s^2 - 0,117^2) \cdot 6,4}{\frac{s}{0,117} + \frac{0,117}{s}}.$$

Рівняння, яке описує залежність швидкості обертання двигуна від ковзання має вигляд [6, 7]:

$$\omega(s) = \omega_0 \cdot (1 - s). \quad (2.38)$$

Графіки природніх механічних характеристик приводного двигуна, побудовані в ППП Mathcad згідно формул Клоса та Чекунова, зображені на рисунку 2.4.

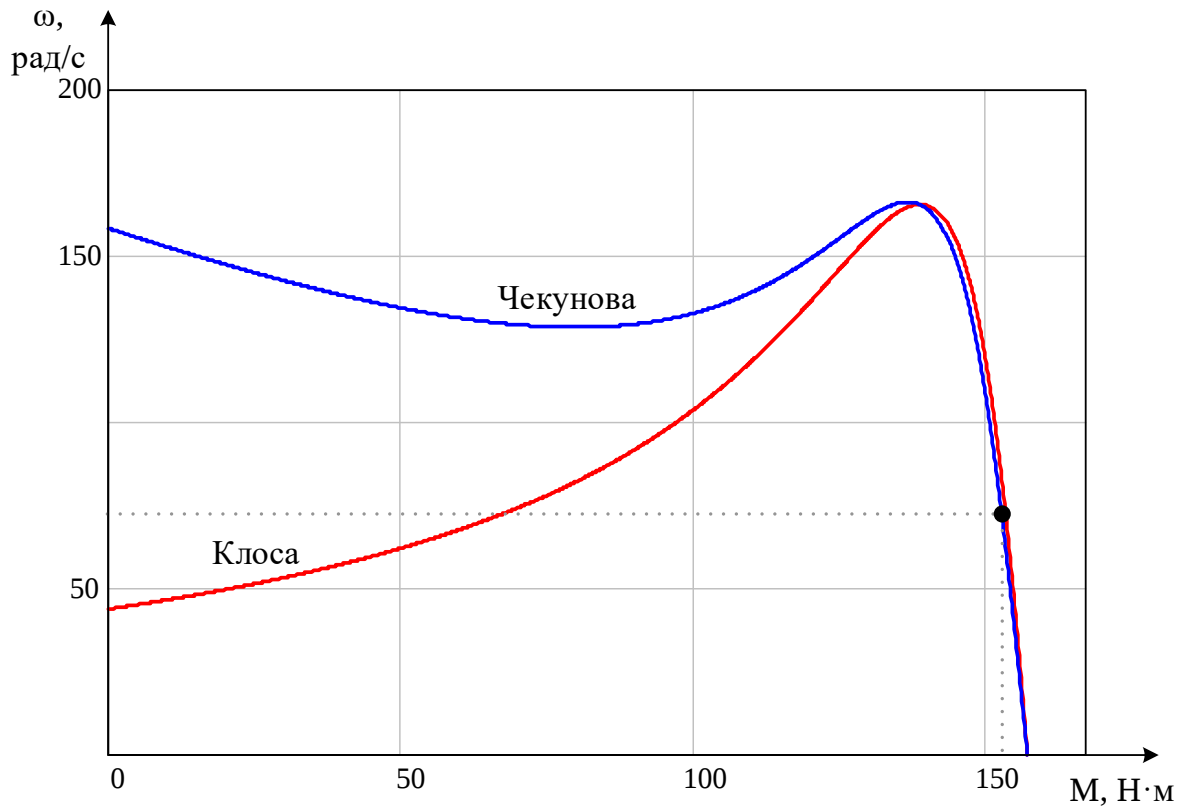


Рисунок 2.4 – Природні механічні характеристики двигуна АІР 200М6

Отже, механічна характеристика, побудована за формулою Чекунова, більш точно відображає властивості приводного двигуна.

2.5 Розрахунок та вибір силового перетворювача

Умови вибору перетворювача частоти [6, 7]:

$$\begin{cases} P_{\text{ПЧ}} \geq P_{\text{дв.сп}}, \\ I_{\text{ПЧ}} \geq I_{\text{дв.н}}, \end{cases} \quad (2.39)$$

де $P_{\text{дв.сп}}$ – споживана електродвигуном потужність в номінальному усталеному режимі, кВт;

$I_{\text{дв.ном}}$ – номінальний струм приводного двигуна, А.

Споживана електродвигуном потужність в номінальному усталеному режимі [6, 7]:

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{k \cdot P_{\text{дв.н}}}{\eta_{\text{дв.н}}}, \quad (2.40)$$

де k – коефіцієнт спотворення струму на виході перетворювача частоти ($k = 0,95 \dots 1,05$),

$$P_{\text{дв.сп}} = \frac{1 \cdot 11}{0,884} = 12,4 \text{ (кВт)}.$$

Необхідна робоча потужність перетворювача частоти [6, 7]:

$$P_{\text{ПЧ}} \geq \frac{P_{\text{дв.пуск}}}{\lambda_{\text{ПЧ}}}, \quad (2.41)$$

де $P_{\text{дв.пуск}}$ – пускова потужність приводного двигуна, кВт;

$\lambda_{\text{ПЧ}}$ – перевантажувальна здатність перетворювача ($\lambda_{\text{ПЧ}} = 1,2 \dots 1,7$).

Пускова потужність приводного двигуна [6, 7]:

$$P_{\text{дв.пуск}} = \frac{k \cdot n_{\text{дв}}}{9550 \cdot \eta_{\text{дв.н}} \cdot \cos \varphi_{\text{ном}}} \cdot 1,3 \cdot M_{\text{дв.н}}, \quad (2.42)$$

$$P_{\text{дв.пуск}} = \frac{1 \cdot 1442}{9550 \cdot 0,884 \cdot 0,84} \cdot 1,3 \cdot 72 = 19,98 \text{ (кВт)}.$$

Відповідно до виразу (2.41):

$$P_{\text{ПЧ}} \geq \frac{19,98}{1,5} = 13,32 \text{ (кВт)}.$$

Відповідно до розрахункових даних вибираємо з перетворювач частоти ATV320D15N4C фірми Schneider Electric (рисунок 2.5).



Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд о перетворювача частоти
ATV320D15N4C фірми Schneider Electric

Технічні характеристики вибраного перетворювача частоти представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4– Технічні характеристики перетворювача частоти [9, 10]

Характеристики	Значення
Бренд	Schneider Electric
Серія	ATV320
sku	ATV320D15N4C
Номінальна напруга живлення	380...500 В -(15...10)%
Частота мережі	50...60 Гц
Максимальний вхідний струм	47,3 А
Номінальний вихідний струм	33 А
Потужність двигуна	15 кВт

Продовження таблиці 2.4

Характеристики	Значення
Короткочасне перевищення моменту	170-200% від номінального моменту двигуна
Електромагнітний фільтр	вбудований
Скалярний режим керування	є
Векторний режим керування без енкодера	є
Векторний режим керування з енкодером	є
Лінійний закон керування U / f	є
Квадратичний закон керування U / f^2	є
Тип гальмування	постійним струмом
Кількість дискретних входів	7
Кількість дискретних виходів	3
Кількість аналогових входів	3
Тип аналогових входів	AI1 напруга: 0...10 В DC; AI2 біполярна диференційна напруга: +/- 10 В DC; AI3 струм: 0-20 мА (4-20 мА, х-20 мА, 20-х мА або інші схеми конфігурації
Кількість аналогових виходів	1
Тип аналогових виходів	програмно-конфігурований струм AQ1: 0...20 мА; програмно-конфігурована напруга AQ1: 0...10 В DC
Число релейних виходів	2
Протокол обміну даними	Modbus послідовний CANopen
Ступінь захисту	IP 20

Маркування керуючих входів та виходів перетворювача частоти зображено на рисунку 2.6.

Рекомендована схема підключення згідно документації [12] заводу-виробника перетворювача частоти ATV320D15N4C зображена на рисунку 2.7.

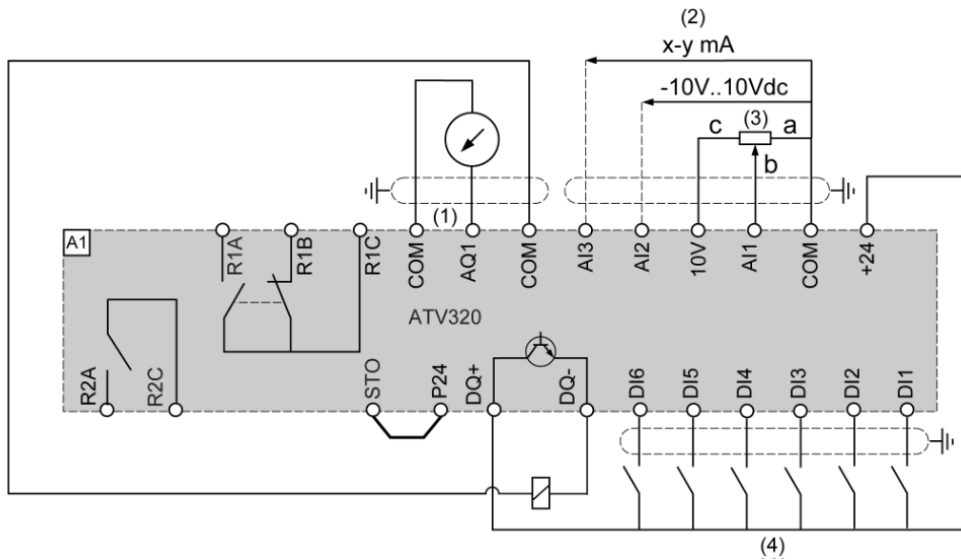


Рисунок 2.6 – Керуючі входи та виходи ПЧ ATV320D15N4C:

- 1) аналоговий вихід;
- 2) аналогові входи;
- 3) потенціометр;
- 4) цифрові входи

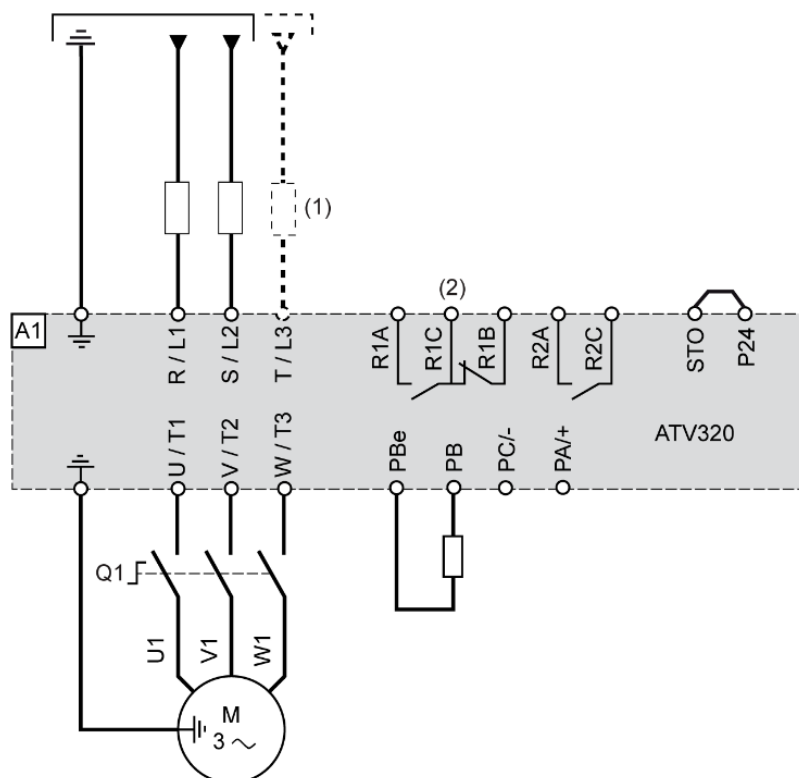


Рисунок 2.7 – Схема підключення перетворювача частоти
ATV320D15N4C

2.6 Розрахунок параметрів регуляторів електропривода скребкового транспортера

Технологічний процес транспортування зерна скребковим транспортером є достатньо грубим, тому зворотній зв'язок за швидкістю є не обов'язковим, більш важливим є зворотній зв'язок за струмом (моментом). Відповідна структурна схема такого електропривода зображена на рисунку 2.8.

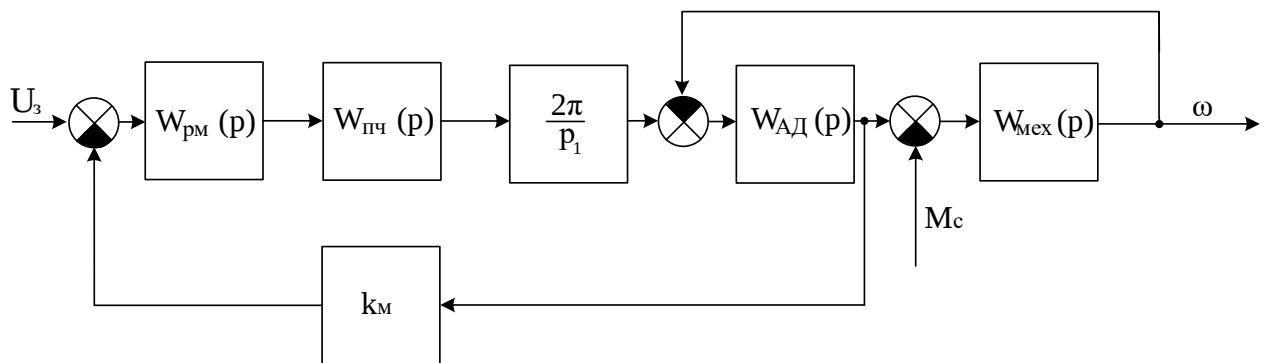


Рисунок 2.8 – Структурна схема ЕП типу ПЧ-АД з одним контуром ЗЗ

Модуль жорсткості лінеаризованої статичної механічної характеристики АД:

$$\beta = \frac{2 \cdot M_{\text{ДВ.К}}}{\omega_0 \cdot s_K}, \quad (2.43)$$

$$\beta = \frac{2 \cdot 165,6}{157,08 \cdot 0,117} = 18,09.$$

Електромагнітна стала часу АД:

$$T_e = \frac{1}{\omega_0 \cdot s_K}, \quad (2.44)$$

$$T_e = \frac{1}{157,08 \cdot 0,117} = 0,0546 \text{ (с)}.$$

Передаточна функція лінеаризованої моделі АД:

$$W_{AD}(p) = \frac{\beta}{T_e \cdot p + 1}, \quad (2.45)$$

$$W_{AD}(p) = \frac{18,09}{0,0546 \cdot p + 1}.$$

Передаточна функція механічної частини АД:

$$W_{мех}(p) = \frac{1}{J_{пр} \cdot p}, \quad (2.46)$$

де $J_{пр}$ – приведенне значення моменту інерції привода ($J_{пр}=0,28 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$),

$$W_{мех}(p) = \frac{1}{0,28 \cdot p}.$$

Коефіцієнт підсилення перетворювача частоти:

$$K_{пч} = \frac{f_{\max}}{U_{\max}}, \quad (2.47)$$

де $f_{\max}$ – максимальна частота ($f_{\max} = 50 \text{ Гц}$);

$U_{\max}$ – максимальна напруга за датчика інтенсивності ($U_{\max} = 10 \text{ В}$),

$$K_{пч} = \frac{50}{10} = 5.$$

Передаточна функція перетворювача частоти:

$$W_{пч}(p) = \frac{K_{пч}}{T_{пч} \cdot p + 1}, \quad (2.48)$$

де $T_{пч}$ – стала часу перетворювача частоти ($T_{пч} = 0,005 \text{ с}$),

$$W_{пч}(p) = \frac{5}{0,005 \cdot p + 1}.$$

Коефіцієнт зворотного зв'язку за моментом:

$$k_{зз\text{ м}} = \frac{U_{\max}}{M_{\max}}, \quad (2.49)$$

де $M_{\max}$ – максимальний момент двигуна,

$$k_{33\text{ м}} = \frac{10}{165,6} = 0,0604.$$

Зведемо контур моменту до одиничного зворотного зв'язку (рисунок 2.9).

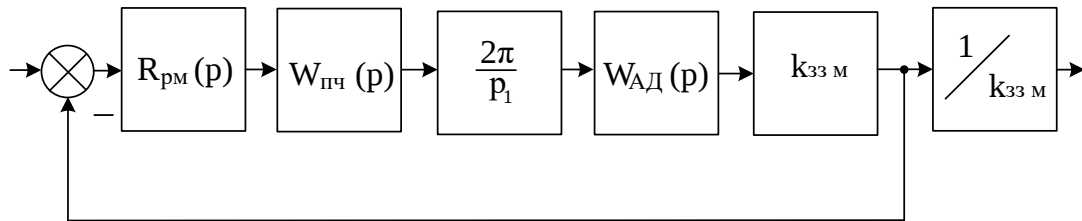


Рисунок 2.9 – Структурна схема контура моменту зведеного до одиничного зворотного зв'язку

Передаточна функція об'єкта регулювання контура моменту:

$$W_{\text{м}}(p) = W_{\text{пч}}(p) \cdot \frac{2\pi}{p_1} \cdot W_{\text{АД}}(p) \cdot k_{33\text{ м}}, \quad (2.50)$$

$$W_{\text{м}}(p) = \frac{17,16}{(0,0546 \cdot p + 1) \cdot (0,005 \cdot p + 1)}.$$

Загальна передаточна функція контура моменту:

$$G_{\text{м}}(p) = R_{\text{рм}}(p) \cdot W_{\text{м}}(p), \quad (2.51)$$

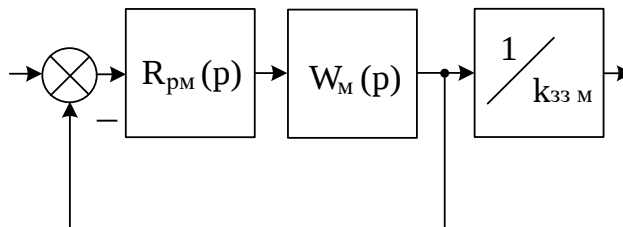


Рисунок 2.10 – Структурна схема контура моменту зведеного до одиничного зворотного зв'язку

Згідно модульного критерію оптимізації:

$$G_M(p) = \frac{1}{2 \cdot T_{0M} \cdot p \cdot (T_{0M} \cdot p + 1)}, \quad (2.52)$$

де T_{0M} – мала некомпенсована стала часу контуру моменту (приймаємо сталу часу перетворювача частоти $T_{0M} = T_{пч} = 0,005$ с, оскільки вона є найменшою),

$$G_M(p) = \frac{1}{0,1 \cdot p \cdot (0,005 \cdot p + 1)}.$$

Передаточна функцію регулятора моменту:

$$R_{рм}(p) = \frac{G_M(p)}{W_M(p)}, \quad (2.53)$$

$$R_{рм}(p) = \frac{5,828}{p} + 0,3182.$$

Як впливає з отриманої передаточної функції, в якості регулятора моменту буде ПІ-регулятор.

2.7 Моделювання перехідних процесів електропривода скребкового транспортера

На рисунку 2.11 зображена модель ЕП типу ПЧ-АД в Simulink відповідно до структурної схеми, яка наведена на рисунку 2.8.

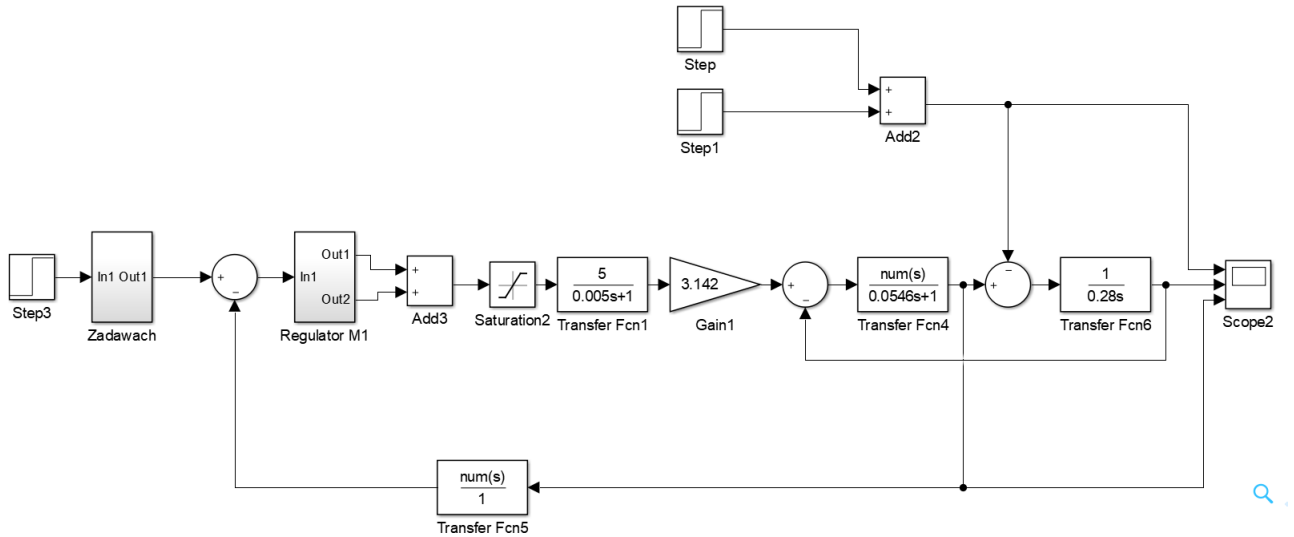


Рисунок 2.11 – Модель ПЧ-АД в Simulink

На рисунку 2.12 представлено графіки перехідних процесів при пуску на холостому ході, а на рисунку 2.13 – при пуску під навантаженням.

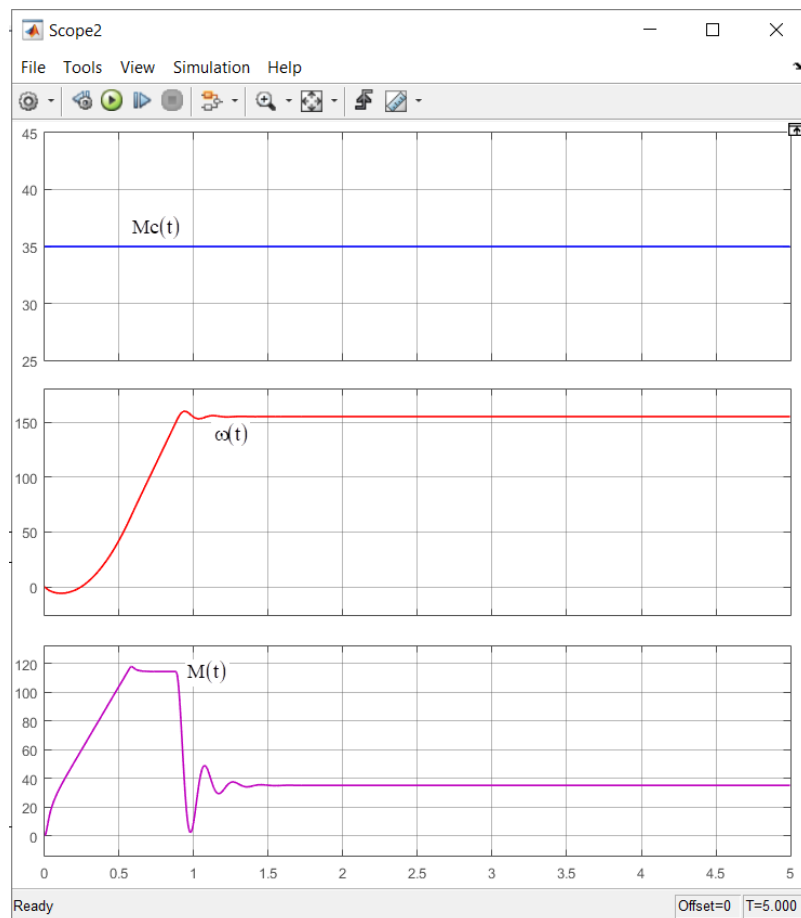


Рисунок 2.12 – Результати моделювання (при пуску на холостому ході)

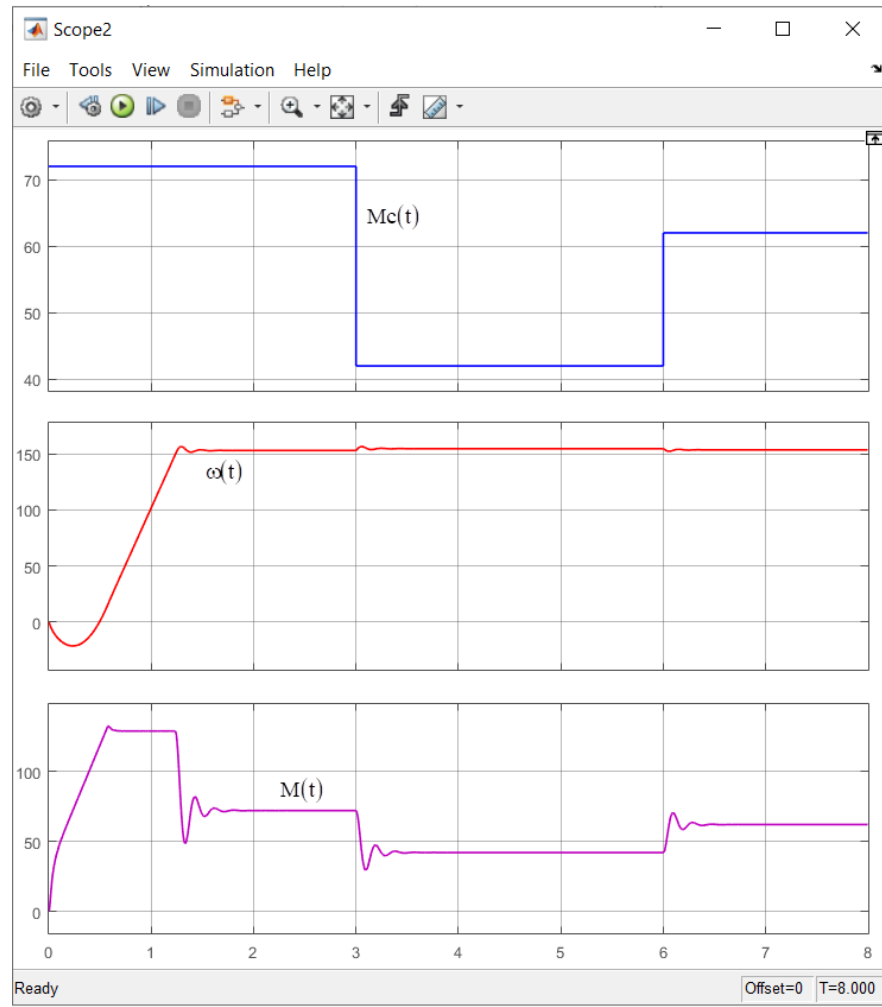


Рисунок 2.13 – Результати моделювання (при пуску під навантаженням, скиді та накиді навантаження)

Висновок: Скребковий транспортер площадки розвантаження зерносушильного комплексу в умовах ТОВ «Канівське ПВХ» працює в тривалому режимі роботи S1 та з метою регулювання продуктивності повинен забезпечувати пуск під навантаженням, а також плавне не глибоке регулювання швидкості в межах (2:1). Зазначені показники можуть забезпечити такі системи електропривода: ШП-ДПС; ТП-Д; ПЧ-АД.

Згідно результатів техніко-економічного обґрунтування найбільш економічно вигідним є використання системи ПЧ-АД, оскільки приведені витрати для неї є найменшими і становлять 36446,25 грн/рік.

Проведено перевірочний розрахунок потужності приводного двигуна скребкового транспортера. Згідно результатів розрахунків для його привода достатньо використати двигун з номінальною потужністю 11 кВт. Слід зауважити, що в базовому варіанті реалізації було встановлено двигун потужністю 15 кВт. Таким чином для привода скребкового транспортера вибрано АД з КЗ ротором типу АІР132М4.

Для живлення приводного двигуна вибрано перетворювач частоти АТV320D15N4С фірми Schneider Electric потужністю 15 кВт.

Розраховано параметри регулятора моменту частотно-регульованого електропривода, проведено моделювання даного електропривода в Matlab та отримано відповідні графіки перехідних процесів швидкості та моменту при пуску на холостому ході та під номінальним навантаженням. Їх аналіз дозволяє стверджувати, що розрахунки є коректними.

3 РОЗРОБКА СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ ЗЕРНОСУШИЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ

3.1 Розробка функціональної схеми системи керування

Модернізація існуючої системи керування зерносушильного комплексу полягає в:

- 1) розробці системи керування електроприводом скребкового транспортера завальної ями, яку необхідно інтегрувати в існуючу систему керування зерносушильним комплексом;
- 2) встановленні сенсорів підпору механізмів зерносушильного комплексу та інтегруванні їх в існуючу систему керування зерносушильним комплексом;
- 3) розробці системи керування електроприводом моторизованих засувов охолоджувачів та інтегруванні її в існуючу систему керування зерносушильним комплексом.

На рисунку 3.1 зображена відповідна функціональна схема модернізованої системи керування зерносушильним комплексом. Передбачено встановлення додаткової електричної шафи в якій переважно розміщуватиметься силова частина (ввідний автоматичний вимикач, перетворювач частоти привода скребкового транспортера, автоматичні вимикачі захисту приводних двигунів шиберів охолоджувачів, контактори реверсивних електроприводів шиберів охолоджувачів), а відповідні засоби індикації та органи керування даними механізмами (для зручності роботи оператора) розміщуватимуться в основній шафі керування.

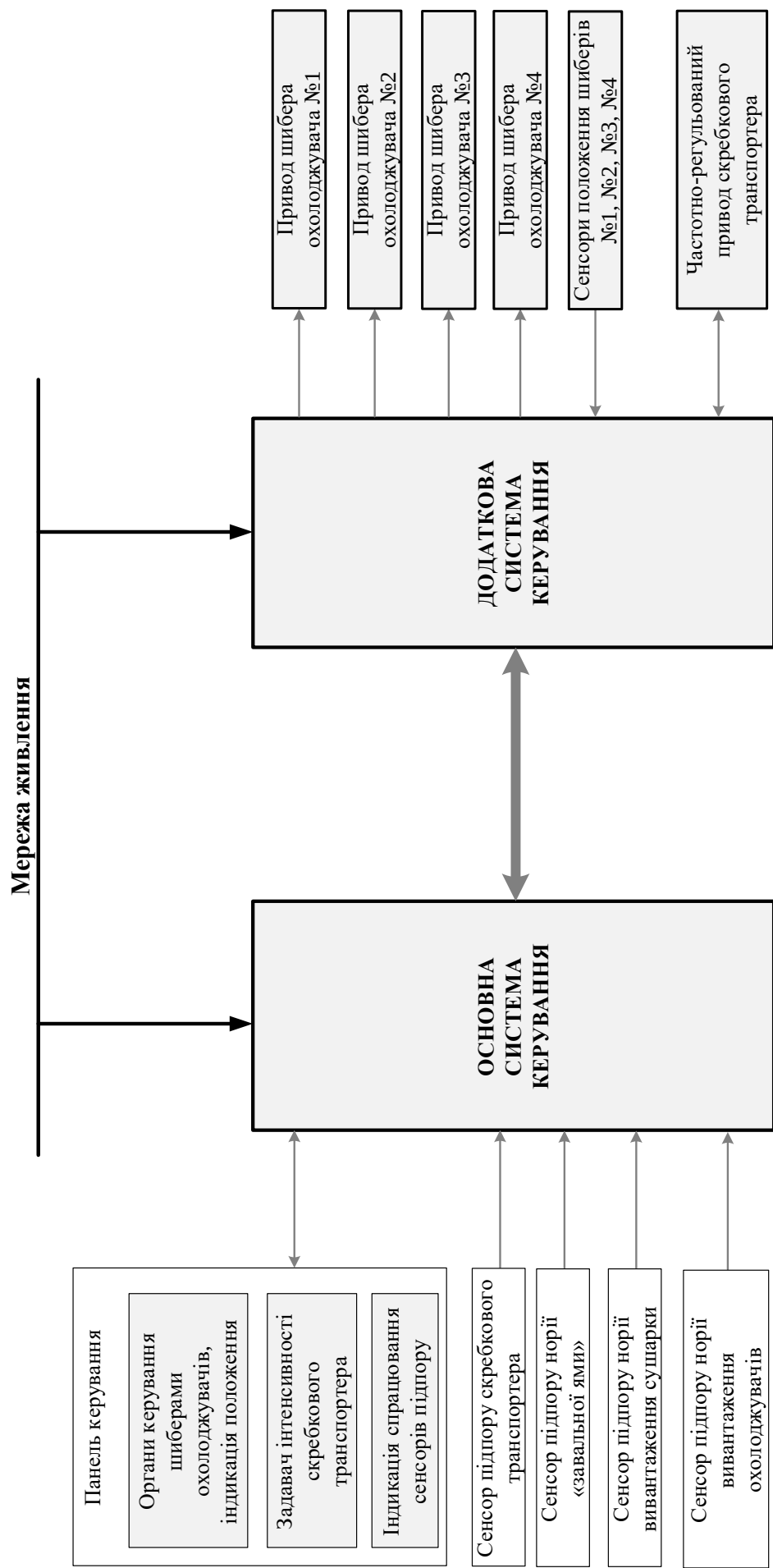


Рисунок 3.1 – Схема функціональна модернізованої системи керування зерносушильним комплексом

3.2 Вибір сенсорів підпору та сенсорів положення

3.2.1 Вибір сенсорів підпору

Завал механізмів продуктом що транспортується може виникнути в таких ситуаціях (див. рисунок 1.3):

1) завал норії завальної ями – продуктивність норії завальної ями є меншою за продуктивність скребкового транспортера завальної ями (спочатку заб'ється дана норія, а потім і скребковий транспортер);

2) завал норії вивантаження сушарки – продуктивність норії вивантаження сушарки є меншою за продуктивність механізму вивантаження сушарки;

3) завал норії вивантаження охолоджувачів – об'єм продукту, що поступає від охолоджувача перевищує продуктивність норії вивантаження охолоджувачів.

З метою недопущення завалу механізмів сировиною що транспортується варто додатково встановити сенсори підпору, наприклад, мембранний сенсор рівня СУМ-1 (рисунок 3.2).



Рисунок 3.2 – Зовнішній вигляд мембранного сенсора рівня СУМ-1

Технічні характеристики мембранного сенсора рівня СУМ-1 наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики датчика рівня [12]

Найменування	Значення
Тип	СУМ-1
Номинальна робоча напруга	220 В АС
Номинальний робочий струм	2 А
Ймовірність безвідмовної роботи за 2000 год напруцювання, не менше	0,94
Напруцювання, не менше	30000 циклів
Середній термін служби	10 років
Маса	0,45 кг
Ступінь захисту	IP65

Сенсор СУМ-1 оснащений перекидним контактом типу СО (рисунок 3.3)

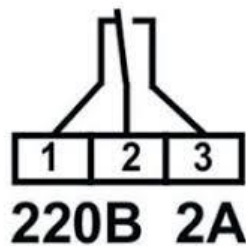


Рисунок 3.3 – Контакти мембранного сенсора рівня СУМ-1

На рисунку 3.4 наведено розміщення сенсора підпору норії вивантаження сушарки.



Рисунок 3.4 – Розміщення сенсора підпору норії вивантаження сушарки

3.2.2 Вибір сенсорів обмеження ходу шибера

В нижній частині конусів охолоджувачів встановлено суміщені електрифіковані та ручні шибери через які відбувається вивантаження охолоджувачів (рисунок 3.5).

За допомогою ручного шибера виставляють бажане просипання зерна з охолоджувача, а електрифікований шибер забезпечує дистанційне керування цим процесом.

Для контролю крайніх положень електрифікованого шибера необхідно використати відповідні сенсори – кінцеві перемикачі, наприклад, ME-8108 виробника CHINT (рисунок 3.6).



Рисунок 3.5 – Шибери охолоджувачів

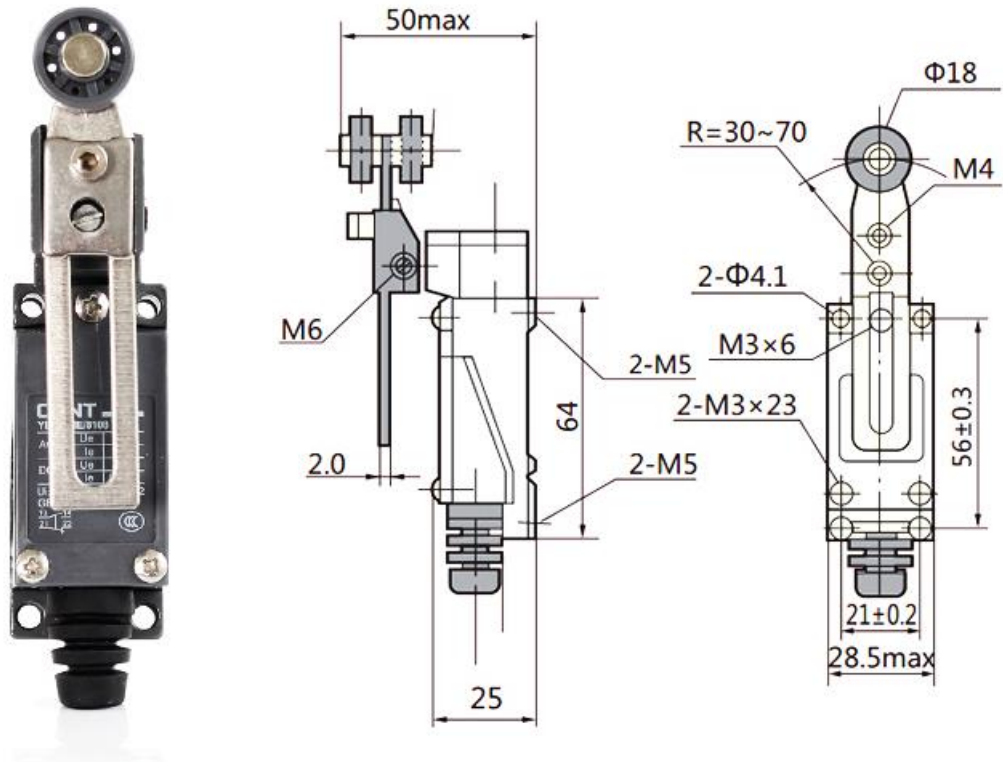


Рисунок 3.6 – Сенсор обмеження ходу шибера ME-8108

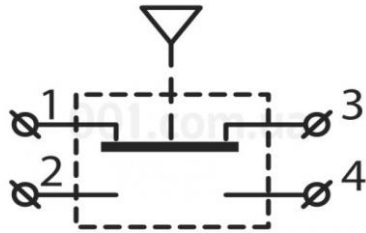


Рисунок 3.7 – Електрична схема сенсора ME-8108

Технічні характеристики кінцевого вимикача ME-8108 [13] наведено в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Технічні характеристики кінцевого вимикача ME-8108 [13]

Параметри	Значення
Номінальна робоча напруга	380В (АС) 220В (DC)
Номінальний струм	5А (АС) 0,15А (DC)
Тип контакта	1NO+1NC
Механічна зносостійкість	0,6·10 ⁶ циклів
Частота включень за годину	20
Ступінь захисту	IP54
Робочий діапазон температур	-25...+40°C

3.3 Розробка принципової схеми

Для зручності оперативної роботи усі додаткові органи керування та індикації стану механізмів (див. рисунок 3.1) розмістимо на основному щиті керування (виділено червоною рамкою) (рисунок 3.8).

Додатково необхідно встановити:

1) сигнальну арматуру для індикації стану сенсорів підпору механізмів комплексу;

2) сигнальну арматуру для індикації положення електрифікованих шиберів охолоджувачів;

3) задавач швидкості обертання скребкового транспортера;

4) органи керування положенням шиберів охолоджувачів.

Окремі фрагменти принципової електричної схеми додаткової системи керування зображено:

1) на рисунку 3.9 – фрагмент силових кіл електроприводів шиберів охолоджувача №4 та скребкового транспортера;

2) на рисунку 3.10 – фрагмент кіл керування шибером охолоджувача №4;

3) на рисунку 3.11 – фрагмент кіл керування перетворювачем частоти скребкового транспортера.

В повному обсязі схема електрична принципова наведена наведену в додатку Б.

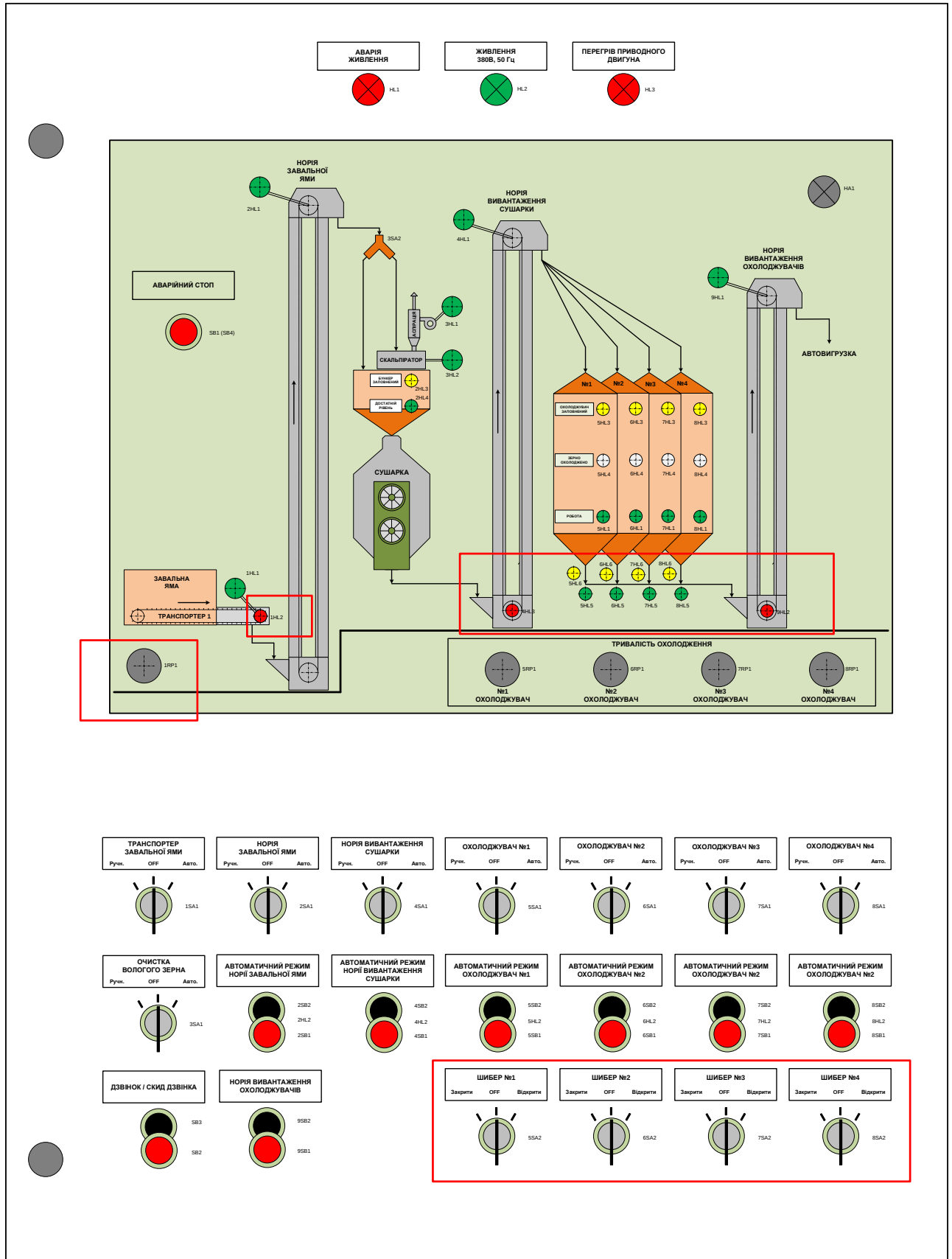


Рисунок 3.8 – Лицьова панель щита керування після модернізації

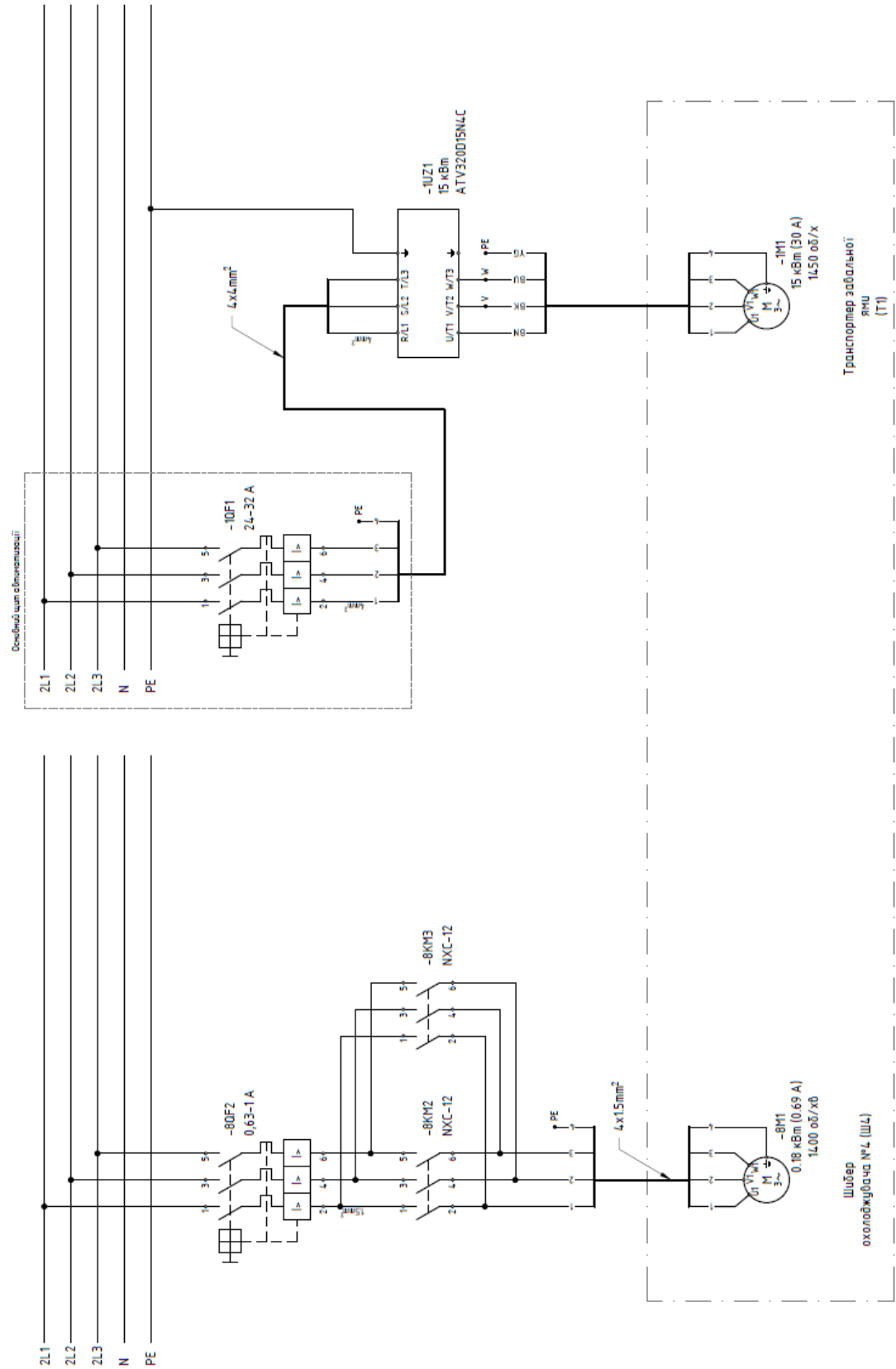


Рисунок 3.9 – Фрагмент силовых кіл ЕП шибера охолоджувача №4 та скребкового транспортера

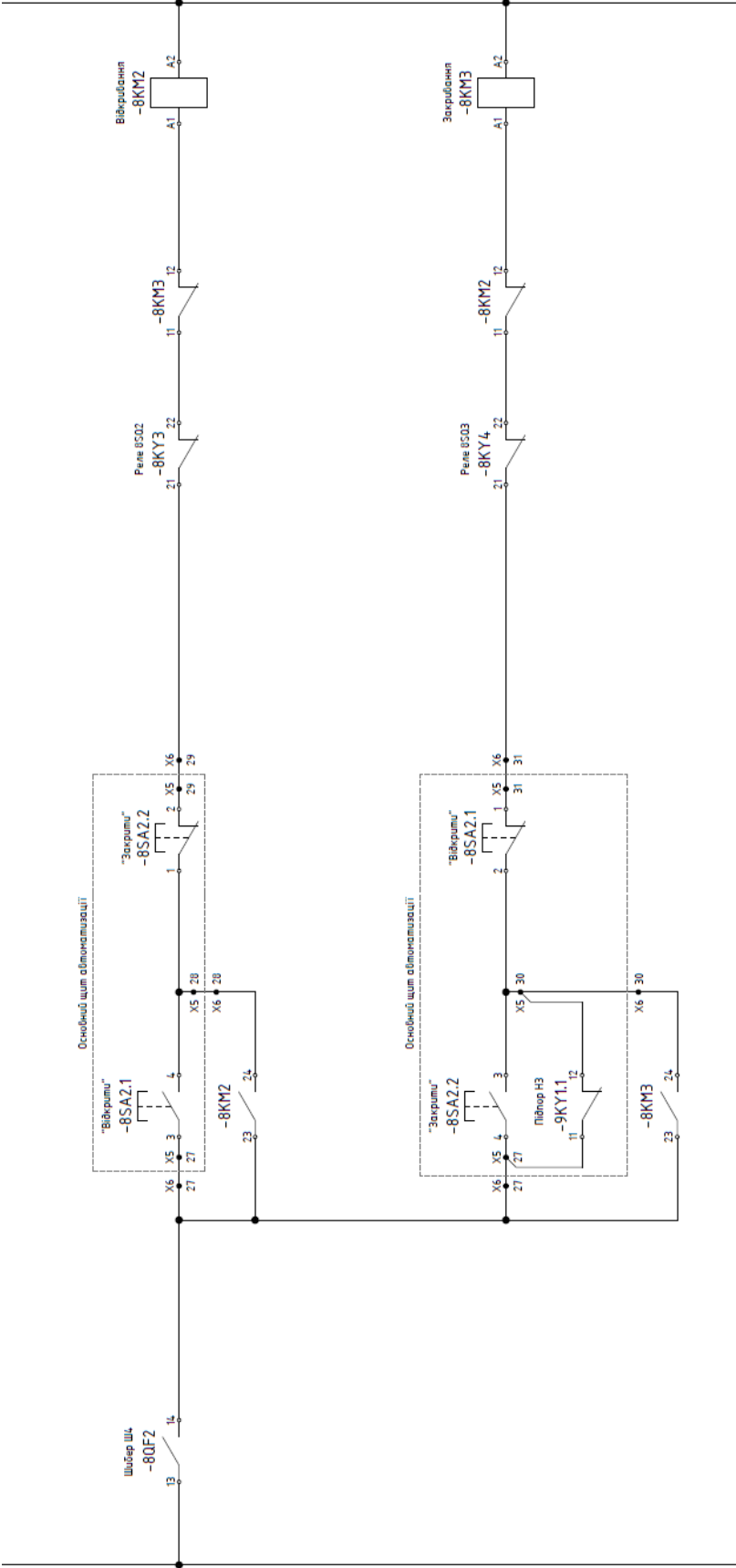


Рисунок 3.10 – Фрагмент кіл керування шибром охолоджувача №4

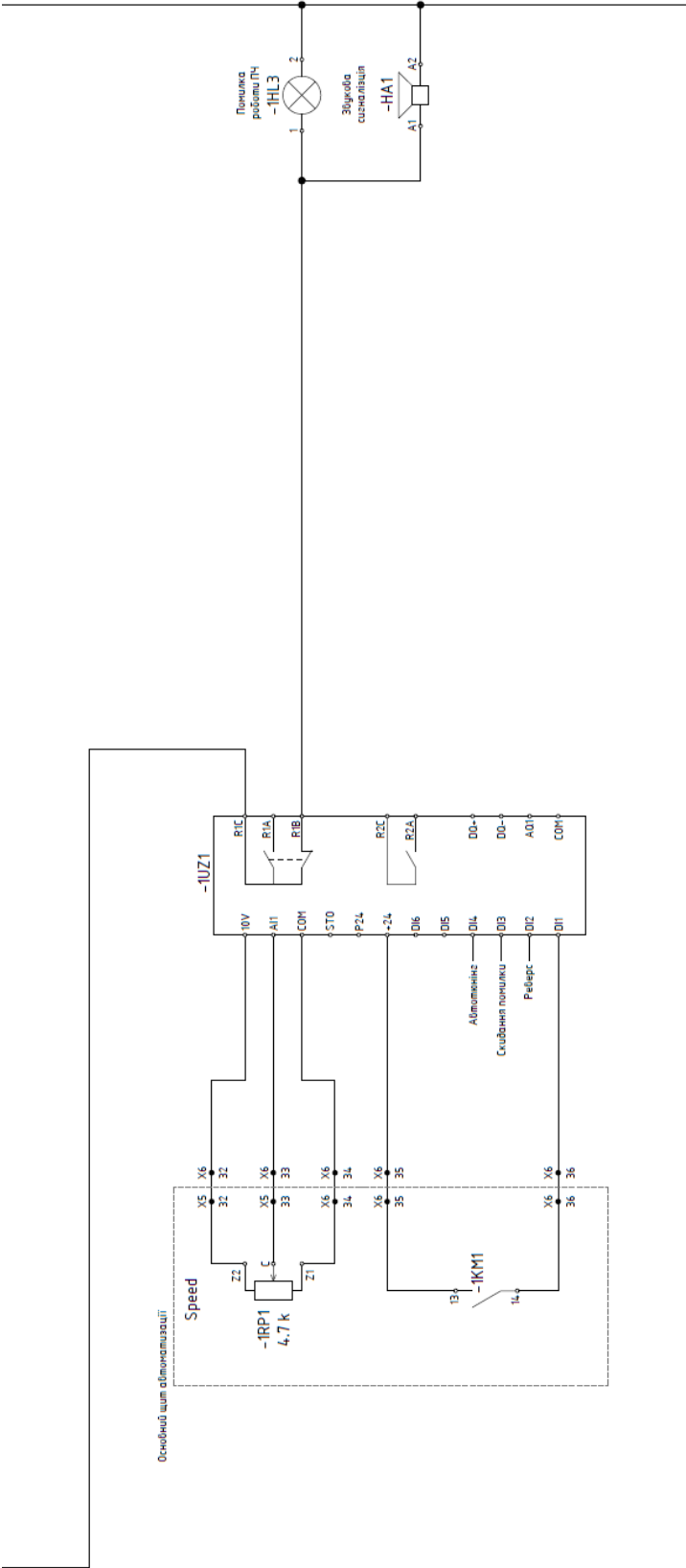


Рисунок 3.1.1 – Фрагмент кіл керування перетворювачем частоти скребкового транспортера

3.4 Налаштування параметрів перетворювача частоти

Для налаштування параметрів частотного перетворювача використано спеціалізоване програмне забезпечення SoMove v2.7.6 [14] (рисунок 3.12).

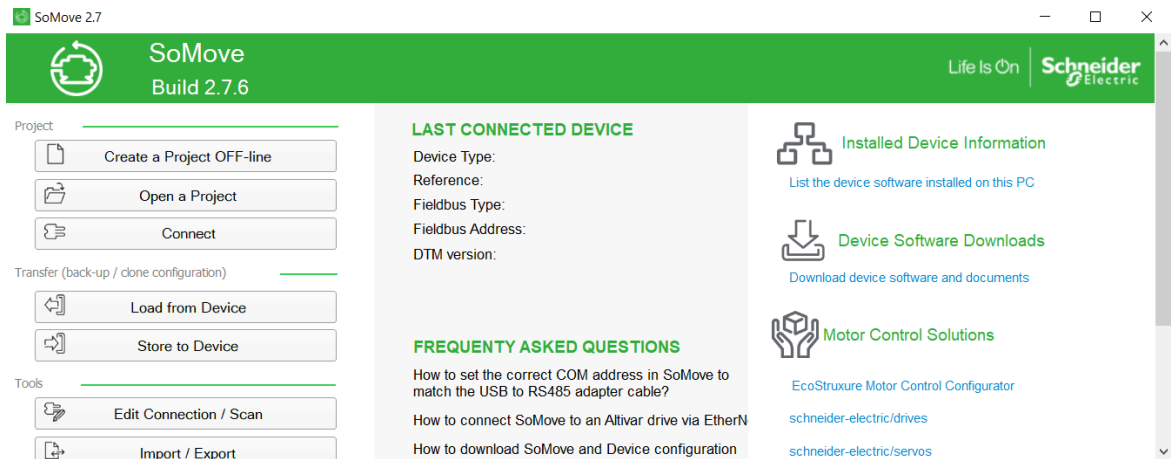


Рисунок 3.12 – Вікно програми SoMove v2.7.6

Програмне забезпечення SoMove передбачає роботу в автономному режимі. Найважливіші функції автономного режиму:

- 1) доступ до параметрів пристрою [14];
- 2) конфігурація параметрів пристрою [14];
- 3) порівняння конфігурацій [14];
- 4) збереження файлів конфігурації (різні формати) [14].

На рисунку 3.13 зображено головне вікно налаштування параметрів частотного перетворювача в середовищі SoMove.

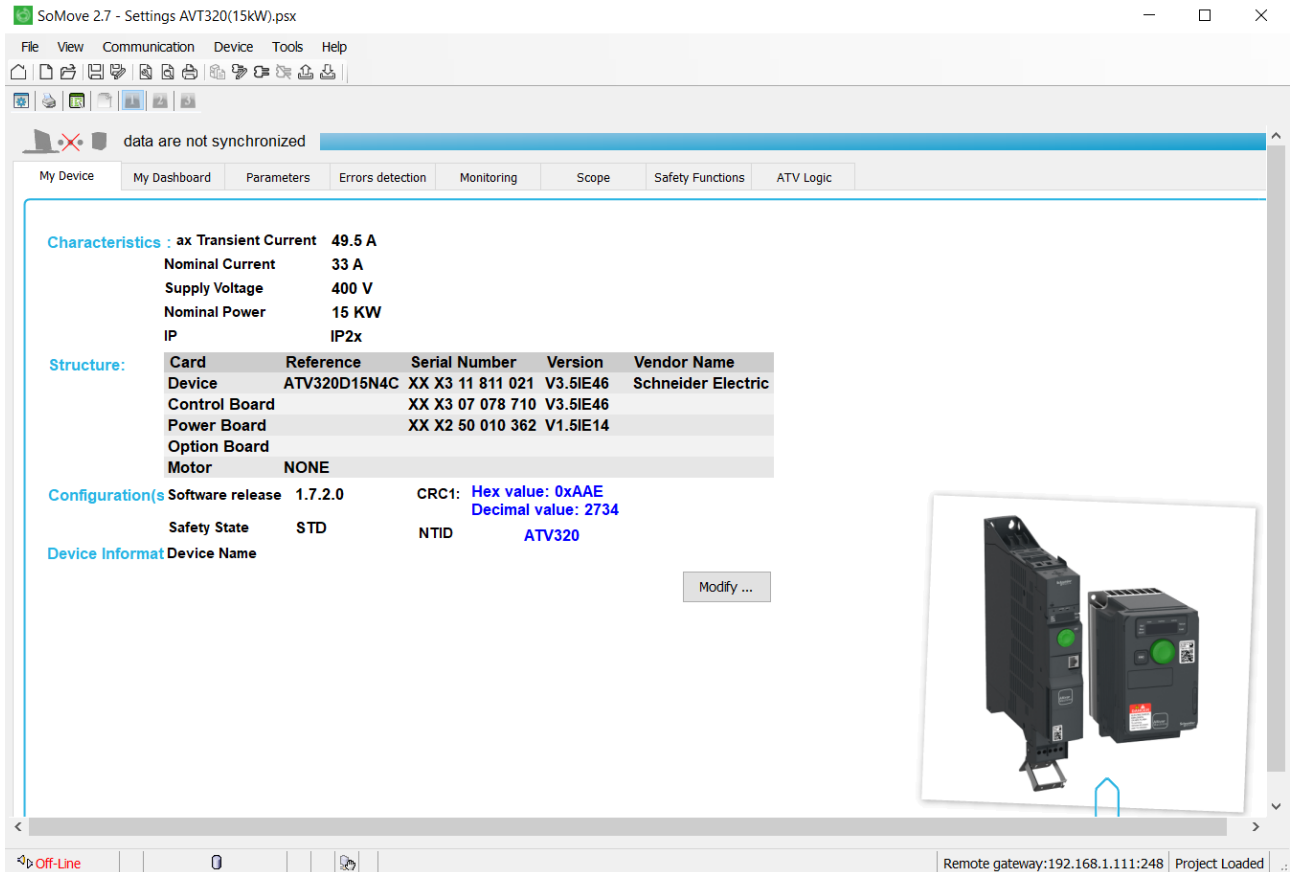


Рисунок 3.13 – Головне вікно налаштування параметрів ПЧ в середовищі SoMove

На рисунку 3.14 зображено вікно налаштування параметрів частотного перетворювача в середовищі SoMove.

В меню Simply start задають:

- 1) параметри приводного двигуна згідного його паспорта;
- 2) час розгону та час гальмування;
- 3) діапазон регулювання швидкості;
- 4) базове керування приводом.

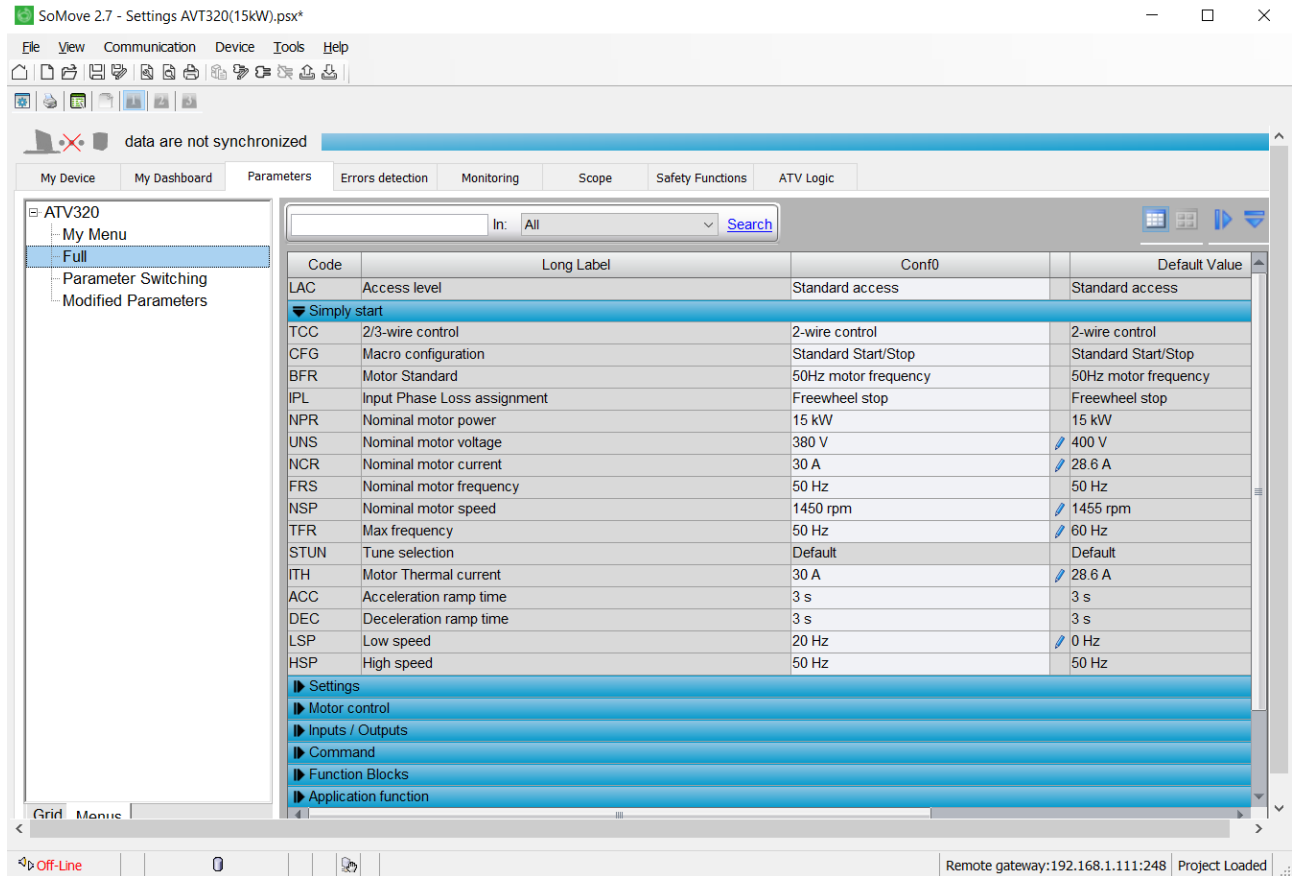


Рисунок 3.14 – Вікно налаштування параметрів ПЧ в середовищі SoMove (меню Simply start)

Призначення входів та виходів частотного перетворювача зображено на рисунку 3.15.

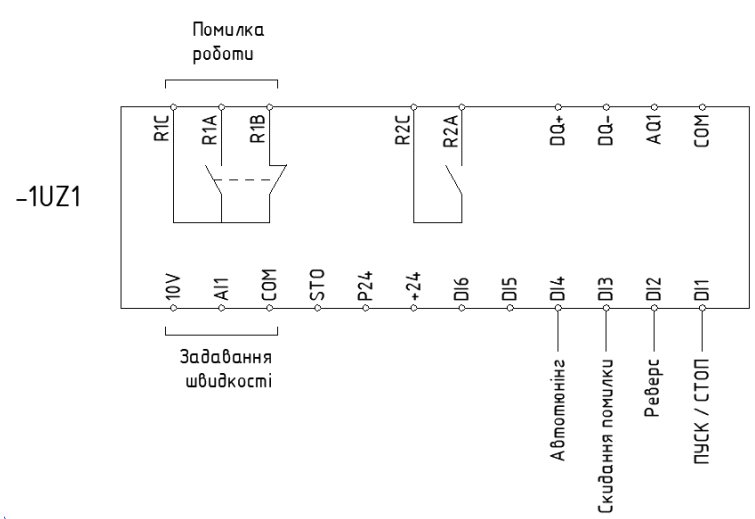


Рисунок 3.15 – Призначення входів та виходів частотного перетворювача

3.4 Практична реалізація

Зовнішній вигляд лицьової панелі основного щита керування після модернізації зображено на рисунку 3.16.

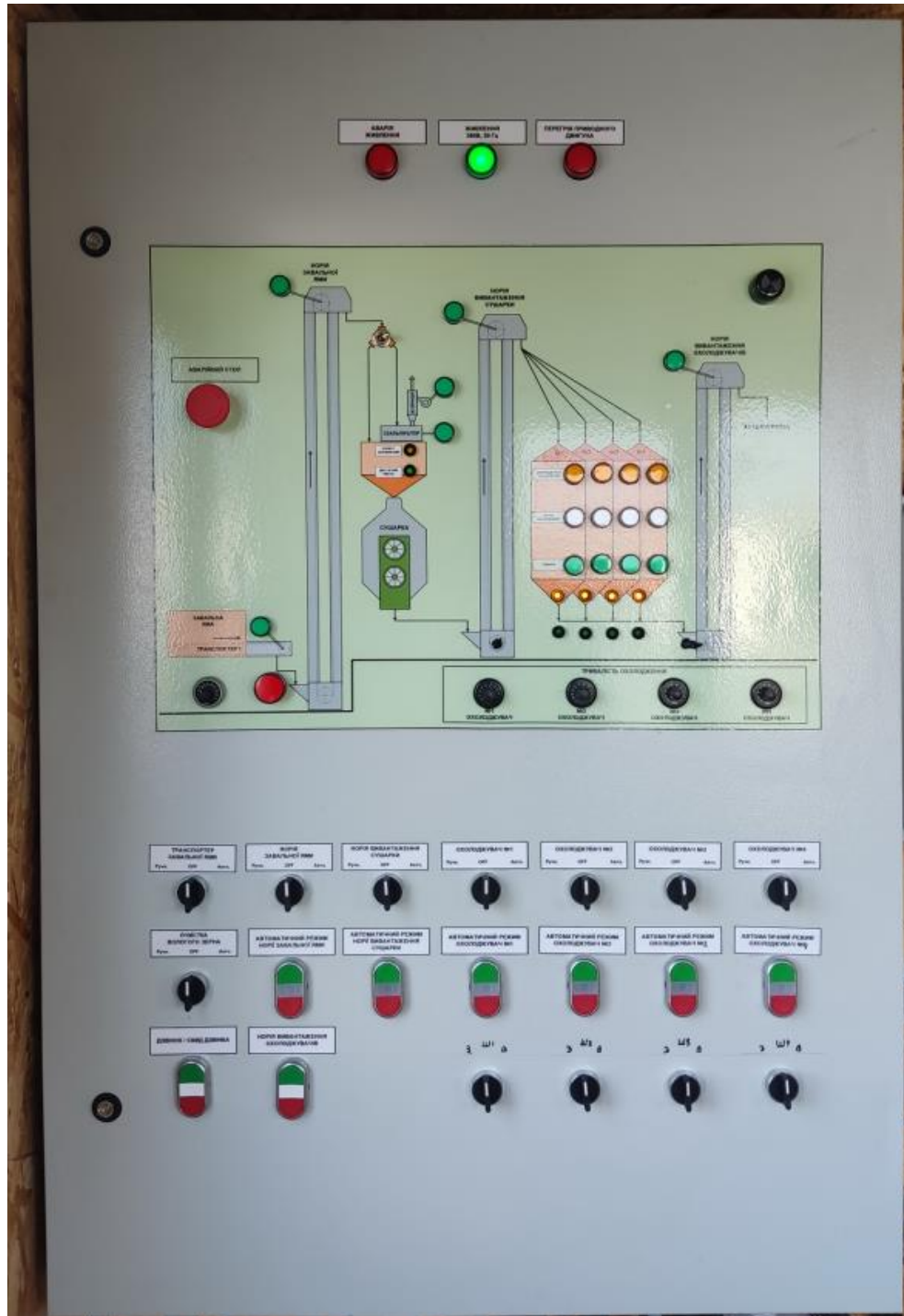


Рисунок 3.16 – Зовнішній вигляд лицьової панелі основного щита керування після модернізації

Зовнішній вигляд додаткового щита керування (зі змонтованим обладнанням) зображено на рисунку 3.17.



Рисунок 3.17 – Зовнішній вигляд додаткового щита керування

На рисунку 3.18 показано загальний вигляд операторського приміщення зі змонтованими основним та додатковим щитами керування.



Рисунок 3.18 – Загальний вигляд операторського приміщення

Висновок. Розроблено функціональну схему модернізованої системи керування зерносушильним комплексом в умовах ТОВ «Канівське ПВХ», вибрано елементну базу та розроблено відповідну принципову електричну схему. Виконано монтаж розробленої системи та перевірено її роботу в реальних умовах використання.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

В цьому розділі розглянуті заходи та засоби з охорони праці під час монтажу та обслуговування зерносушильного комплексу в умовах ТОВ «Канівське підприємство по відгодівлі худоби». Шкідливі виробничі фактори, які впливають на електротехнічний оперативно-ремонтний персонал підприємства [15, 16]:

1) фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

2) хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

3) фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

4.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації об'єкта

4.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення системи електропостачання та системи освітлення здійснюється від п/ст 10/0,4 кВ кабельними лініями, що прокладені в траншеях. Для живлення використовується трифазна чотирьохпровідна мережа із заземленою нейтраллю напругою 380/220 В. Категорія умов по небезпеці електротравматизму, відповідно до ПБЕ [18, 19], залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як

підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами в різних приміщеннях підприємства, їх можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

Роботи в електроустановках стосовно заходів безпеки поділяються на три категорії: зі зняттям напруги; без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них; без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою.

До робіт, які виконуються без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них, належать роботи, що проводяться безпосередньо на цих частинах. Роботи без зняття напруги на струмопровідних частинах та поблизу них слід виконувати не менше як двом працівникам, з яких керівник робіт повинен мати групу IV, інші – групу III.

Роботою без зняття напруги віддалік від струмопровідних частин, що перебувають під напругою, вважається робота, під час якої є неможливим випадкове наближення працівників і ремонтного оснащення та інструменту, що застосовуються ними, до струмопровідних частин на відстань, меншу від допустимих, проведення технічних або організаційних заходів для запобігання такому наближенню не потрібно.

Під час роботи в електроустановках напругою до 1000 В без зняття напруги на струмопровідних частинах чи поблизу від них необхідно: обгородити розташовані поблизу робочого місця інші струмопровідні частини, що перебувають під напругою, і до яких можливий випадковий дотик; працювати в діелектричному взутті чи стоячи на ізолювальній підставці або на діелектричному килимі; застосовувати інструмент із ізолювальними руків'ями (у викруток, крім того, має бути ізольований стрижень); за відсутності такого інструменту слід користуватися діелектричними рукавичками.

Під час виконання робіт без зняття напруги на струмопровідних частинах за допомогою ізолювальних засобів захисту необхідно: тримати ізолювальні частини засобів захисту за руків'я до обмежувального кільця; розміщувати

ізолювальні частини засобів захисту так, щоб не виникла небезпека перекриття по поверхні ізоляції між струмопровідними частинами двох фаз чи замикання на землю; користуватися тільки сухими і чистими ізолювальними частинами засобів захисту з непошкодженим лаковим покриттям. В разі виявленні порушень лакового покриття чи інших несправностей ізолювальних частин засобів захисту, користування ними забороняється.

В процесі роботи із застосуванням електрозахисних засобів (ізолювальні штанги та кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги) допускається наближення працівника до струмопровідних частин на відстань, яка визначається довжиною ізолювальної частини цих засобів. Без застосування електрозахисних засобів забороняється торкатися ізоляторів електроустановки, що перебуває під напругою.

В електроустановках забороняється працювати у зігнутому стані, якщо в разі випрямлення відстань до струмопровідних частин буде меншою від допустимих. В процесі виконання робіт біля необгороджених струмопровідних частин забороняється розташовуватися таким чином, щоб ці частини знаходилися позаду чи з двох боків.

Заносити довгі предмети (труби, драбини тощо) та працювати з ними в РУ, в яких унеможливлено випадковий дотик до частин, що перебувають під напругою, потрібно вдвох під постійним наглядом керівника робіт. Риштування та драбини, що застосовуються для ремонтних робіт, мають бути виготовлені за ДСТУ чи ТУ на них. Опорна частина драбин, що встановлюються на гладких поверхнях, має бути оббита гумою, а на опорних частинах драбин, що встановлюються на землі, мають бути гострі металеві наконечники. Драбини повинні верхнім кінцем надійно спиратися на міцну опору. У разі необхідності обіперти драбину на провід, вона повинна бути обладнана гачками в верхній частині. Зв'язані драбини застосовувати забороняється. В разі встановлення приставних драбин на підкранових балках, елементах металевих конструкцій тощо необхідно надійно закріпити верхівку і низ драбини на конструкціях. В

процесі обслуговування та ремонту електроустановок застосування металевих драбин забороняється.

Роботу із застосуванням драбин виконують два працівники, один з яких перебуває знизу. Стоячи на ящиках та інших сторонніх предметах виконувати роботи забороняється.

Роботи на кінцевих опорах ПЛ, що перебувають на території відкритих розподільчих пристроїв (ВРП), слід виконувати за правилами роботи на ВРП. Ремонтні працівники ліній перед тим, як зайти у ВРП, повинні бути проінструктовані і заходити до місця робіт у супроводі оперативного працівника з групою ІІІ; виходити з ВРПУ після закінчення роботи чи під час перерви працівникам дозволяється під наглядом керівника робіт.

Категорія умов по небезпеці електротравматизму залежить від наявності факторів підвищеної або особливої небезпеки. При наявності таких факторів як підвищена вологість, струмопровідний пил, контакт обслуговуючого персоналу з струмоведучими частинами, - приміщення можна віднести до категорії підвищеної небезпеки.

4.1.2 Електробезпека

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

1. Для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно: розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні - написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги.

2. При живленні споживачів струму від мережі три-провідної з глухо-заземленою нейтраллю, при напрузі до 1000 В, використовується занулення – навмисне електричне з'єднання нормально не струмопровідних елементів устаткування із заземленим нульовим проводом. При зануленні, пробій на

корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі.

Згідно з вимогами нормативів до занулення, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму К.З. залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового провідника.

3. Електрозахисні засоби захисту

Персонал, який обслуговує електроустановки, повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов, забороняється. Електрозахисні засоби поділяються на основні та допоміжні.

Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки безпеки.

4.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

4.2.1 Мікроклімат

Для забезпечення нормального мікроклімату в робочій зоні [20] встановлюють допустиму температуру, відносну вологість і швидкість руху повітря у певних діапазонах в залежності від періоду року та категорії робіт і допустиму інтенсивність опромінення.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачено [21]: температури внутрішніх поверхонь будівельних конструкцій робочої зони та зовнішніх поверхонь обладнання при забезпеченні параметрів мікроклімату не повинні значно відрізнятися (не більше ніж на 2°C за діапазон норм); якщо температура поверхонь вище або нижче температури повітря, то робочі місця повинні бути віддалені від них на відстань не менше 1м; ля забезпечення нормованих значень руху кисню проектом передбачається витяжна та припливна вентиляційні системи.

Таблиця 4.1 – Нормовані параметри мікроклімату в робочій зоні з категорією робіт IIa

Період року	Категорія робіт	Допустимі		
		t, °C	W, %	V, м/с
Теплий	Середньої важкості IIa	18-27	65 при 26°C	0,2-0,4
Холодний		17-23	До 75%	не більше 0,3

4.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується граничнодопустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [20]. Нормовані параметри забруднення повітря в робочій зоні наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Можливі забруднювачі повітря можуть і їх ГДК

Найменування речовини	ГДК, мг/куб.м		Клас небезпечності
	Максимальна разова	Середньодобова	
Оксид вуглецю		20	4
Пил нетоксичний	4	4	4

Для нормалізації складу повітря робочої зони потрібно здійснювати щоденне прибирання робочого місця [21]. Нагромадження пилу глибиною в 1/8" у будь-якій області вказує на необхідність у вживанні заходів з очищення забруднених поверхонь. Потрібно підкреслити, що будь-яке нагромадження пилу може привести до загоряння. Чим дрібніше пил (менша зернистість), тим вище небезпека.

4.2.3 Виробниче освітлення

Раціональне освітлення – один з основних факторів створення сприятливих робочих умов праці. Недостатнє освітлення викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, може стати причиною нещасного випадку.

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормують мінімальну освітленість на найбільш темній ділянці робочої поверхні. Рівень аварійного освітлення складає 15% освітленості основної роботи. Приміщення забезпечене природним освітленням в денний проміжок часу, але вечері постає проблема в штучному освітленні.

Характеристика зорових робіт – середньої точності. Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [22] розряд зорової роботи IV, підрозряд «б». Нормовані значення освітленості наведені в таблиці 4.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік),

використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 4,5 метра.

Таблиця 4.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Характер зорової роботи	Найменший або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природне Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	б	малий	світлий	500	200	4	2,4

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

4.2.4 Виробничий шум

Шум порушує нормальну роботу шлунка, особливо впливає на центральну нервову систему. Для забезпечення допустимих параметрів шуму в приміщенні, проектом передбачено засоби колективного захисту: акустичні, архітектурно-планувальні й організаційно-технічні.

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ.

Шум Загальні вимоги безпеки» [23]. Нормовані значення виробничого шуму наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі.
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

4.2.5 Виробнича вібрація

Вібрація відноситься до факторів, які мають велику біологічну активність. Як загальна, так і локальна вібрація несприятливо впливає на організм людини, викликає зміну у функціональному стані вестибулярного апарату, центральної нервової, серцево-судинної систем, погіршує самопочуття та може призвести до розвитку професійних захворювань.

У нашому цеху присутня вібрація типу – За [24]. Тобто технологічна вібрація, яка діє на персонал цеху, або яка передається на робочі місця, не маючи джерел випромінювання.

Джерелами вібрацій в умовах, що розглядаються в проекті, являються вентиляційне обладнання, зерносушарки, транспортери, транспорт тощо, які відносяться до типу загальної вібрації.

Основні параметри вібрації, такі як середньоквадратичне значення віброприскорення та віброшвидкості, логарифмічні рівні приведені у таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Середньоквадратичні значення віброприскорення та віброшвидкості

Категорія вібрації по санітарним нормам	Напрямок дії	Нормативні, корекційовані по частоті та еквівалентні корекційовані значення			
		Віброприскорення		Віброшвидкість	
		$\text{м} \cdot \text{с}^{-2}$	ДБ	$\text{м} \cdot \text{с}^{-2} \cdot 10^{-2}$	ДБ
Загальна	Z_0, Y_0, X_0	0,1	100	0,2	92

Для зменшення дії вібрацій на працюючих проектом передбачено: динамічне погашення вібрації – приєднання до захисного об'єкту системи, реакції якої зменшують розмах вібрації об'єкта в точках приєднання системи; зміна конструктивних елементів машин; застосування засобів індивідуального захисту, а саме рукавиці, вкладиші і прокладки, віброзахисне взуття з пружнодемпферуючим низом.

4.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [25, 26]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [27], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [28].

Отже, приміщення сільгосп підприємства, де встановлені зерносушарки, система електропривода яких модернізується, відносяться до категорії В з вибухонебезпечними зонами класу 22 – простір, в якому вибухонебезпечний зерновий пил у завислому стані може з'являтися нечасто та існувати недовго (у разі аварії).

Виробничі приміщення відносяться до категорії Б (пожежонебезпечна), якщо в них наявні горючі гази, легкозаймисті, горючі і/або важкогорючі рідини, а також речовини і/або матеріали, як здатні вибухати та горіти або тільки горіти під час взаємодії з водою, киснем повітря і/або один з одним; тверді горючі і/або важкогорючі речовини та матеріали (включно горючий пил і/або волокна), за умови, що приміщення, в яких вони знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються), не відносяться до категорій А або Б і питома пожежна навантага для твердих і рідких легко-займистих, горючих та важкогорючих речовин і/або матеріалів на окремих ділянках площею не менше 10 м^2 кожна перевищує $180 \text{ МДж} \cdot \text{м}^{-2}$.

Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів – сукупність властивостей, що характеризують їхню здатність до виникнення і поширення горіння. Наслідком горіння, залежно від його швидкості та умов протікання, можуть бути пожежа або вибух. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначають показниками, вибір яких залежить від агрегатного стану речовини (матеріалу), та умов їхнього застосування.

Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується II ступенем вогнестійкості.

До II ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону із застосуванням листових і плитних негорючих матеріалів. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [29] наведено в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площад-ки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між по-верхові (у т.ч. горишні та над підва-лами	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несу-чі	внутрішні не-несучі (перегородки				пли-ти, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [29] наведено в таблиці 4.7.

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами слід приймати за таблицею 5.7 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 4.8. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств,

гаражів до виробничих, складських будинків, сільськогосподарських будівель і споруд потрібно приймати за таблицею 4.8 (знаменник) [29].

Таблиця 4.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	4	REI 15	3	2

На території сільгосппідприємства встановлено 45 вогнегасників ВВП-5 (ВП-5) та ВВП-9 [30].

У випадку виникнення пожежі робітники повинні: прийняти всі заходи по ліквідації вогню; місце, яке загорілось слід гасити вогнегасниками; при загоранні електропроводів слід відключити лінію, а ізоляцію електропроводів необхідно гасити тільки порошковими вогнегасниками ВП-5 або піском; зупинити обладнання.

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

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
II	6/9	8/9	10/12

ВИСНОВКИ

Скребковий транспортер площадки розвантаження зерносушильного комплексу в умовах ТОВ «Канівське ПВХ» працює в тривалому режимі роботи S1 та з метою регулювання продуктивності повинен забезпечувати пуск під навантаженням, а також плавне не глибоке регулювання швидкості в межах (2:1). Зазначені показники можуть забезпечити такі системи електропривода: ШП-ДПС; ТП-Д; ПЧ-АД.

Згідно результатів техніко-економічного обґрунтування найбільш економічно вигідним є використання системи ПЧ-АД, оскільки приведені витрати для неї є найменшими і становлять 36446,25 грн/рік.

Проведено перевірочний розрахунок потужності приводного двигуна скребкового транспортера. Згідно результатів розрахунків для його привода достатньо використати двигун з номінальною потужністю 11 кВт. Слід зауважити, що в базовому варіанті реалізації було встановлено двигун потужністю 15 кВт. Таким чином для привода скребкового транспортера вибрано АД з КЗ ротором типу АІР132М4.

Для живлення приводного двигуна вибрано перетворювач частоти АТV320D15N4С фірми Schneider Electric потужністю 15 кВт.

Розраховано параметри регулятора моменту частотно-регульованого електропривода, проведено моделювання даного електропривода в Matlab та отримано відповідні графіки перехідних процесів швидкості та моменту при пуску на холостому ході та під номінальним навантаженням. Їх аналіз дозволяє стверджувати, що розрахунки є коректними.

Розроблено функціональну схему системи керування зерносушильним комплексом в умовах ТОВ «Канівське ПВХ», вибрано елементну базу та розроблено відповідну принципову електричну схему. Виконано монтаж розробленої системи та перевірено її роботу в реальних умовах використання.

Розроблено ряд заходів з охорони праці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ТОВ «КАНІВСЬКЕ ПБХ» [Електронний ресурс] – URL: <https://vkursi.pro/card/tov-kanivske-pvkh-00387594>
2. Реєстр кращих постачальників товарів та послуг 2019 [Електронний ресурс] – URL: https://ukr-centr.com.ua/rate_2019_vs_nat?edrpou=00387594
3. Скребковий конвеєр [Електронний ресурс] – URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D1%80%D0%B5%D0%B1%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D0%B2%D0%B5%D1%94%D1%80
4. Скребковий транспортер [Електронний ресурс] – URL: <https://olis.com.ua/press-centre/statti/skrebkovyi-transporter/>
5. Машини безперервного транспорту /Дережа О.О. – Мелітополь: Таврійський державний агротехнологічний університет, 2016. – 108 с.
6. Теорія електропривода. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів / Видмиш А. А., Бабій С. М., Петрусь В. В. – Вінниця: ВНТУ, 2012. – 101 с.
7. Автоматизований електропривод типових виробничих механізмів. Курсове та дипломне проектування. Самостійна та індивідуальна робота студентів / Грабко В. В., Бабій С. М., Мошноріз М. М. – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 119 с.
8. АІР132М4 електродвигун 11 кВт 1500 об/хв. [Електронний ресурс]. URL: https://aip.com.ua/katalog_elektrodivigalei_air/air-132m4-11-kvt-1500-ob-min/
9. Перетворювач частоти Schneider Electric ATV320C 15 кВт 380В 3 фази (компактне виконання) (ATV320D15N4C). [Електронний ресурс]. URL: <https://eco-system.com.ua/uk/peretvoryuvach-chastoti-atv320-schneider-electric-kompaktne-vikonannya-15-kvt-500v-3f.html>
10. ПЕРЕТВОРЮВАЧ ЧАСТОТИ ATV320C 15кВт 380-500В, компакт, з ЕМС-фільтром С2. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.se.com/ua/uk/product/ATV320D15N4C/%D0%BF%D0%B5%D1%80%D0%B5%D1%82%D0%B2%D0%BE%D1%80%D1%8E%D0%B2%D0%B0%D1>

https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=ATV320_Installation_manual_EN_NVE41289_07.pdf&p_Doc_Ref=NVE41289

11. Altivar Machine ATV320. Installation Manual. [Електронний ресурс]. URL: https://download.schneider-electric.com/files?p_enDocType=User+guide&p_File_Name=ATV320_Installation_manual_EN_NVE41289_07.pdf&p_Doc_Ref=NVE41289

12. СУМ-1. [Електронний ресурс]. URL: <https://e-energo.com.ua/sigaldatchikrele/sum-1-datchik-urovnya-syipuchih-materialov-sum1-u2/>

13. Кінцевий вимикач ME-8108, CHINT. [Електронний ресурс]. URL: <https://tdelectric.com.ua/ua/p1801906279-kontsevoj-vyklyuchatel-yblx.html>

14. Програмне забезпечення SoMove. [Електронний ресурс]. URL: <https://www.se.com/ua/uk/product-range/2714-somove/#overview>

15. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.

16. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->

17. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48644

18. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.

19. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>
20. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>
21. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.
22. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885
23. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>
24. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>
25. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.
26. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>
27. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>
28. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759
29. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf
30. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>

ДОДАТКИ

Додаток А
(обов'язковий)

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КЕМСК

К.Т.Н., доц.

Микола МОШНОРИЗ

« 02 » 04 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на бакалаврську дипломну роботу

**МОДЕРНІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
ЗЕРНОСУШИЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КАНІВСЬКЕ
ПІДПРИЄМСТВО ПО ВІДГОДІВЛІ ХУДОБИ»**

08-24.БДР.004.00.000 ТЗ

Керівник роботи

К.Т.Н., доц.

Сергій БАБІЙ

« 02 » 04 2024 р.

Виконав: ст. гр. 1ЕМ-206

Сергій ДИШКАНТ

« 02 » 04 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки – «Модернізація автоматизованої системи керування зерносушильного комплексу в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Канівське підприємство по відгодівлі худоби».

Скорочене найменування розробки – «Система керування зерносушильного комплексу».

Замовник – Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів.

2 Підстави для розробки

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

3 Призначення розробки і галузь використання

Барабанна сушарка жому – це пристрій для сушіння жому цукрового буряка шляхом стабільного обдування жому потоком нагрітого повітря.

Пальник – прилад для спалювання горючої рідини або газу з певною метою.

4 Вимоги до розробки

Система керування зерносушильного комплексу повинна забезпечувати: регулювання продуктивності стрічкового транспортера завальної ями; захист від завалу механізмів сировиною, що транспортується; дистанційне керування шиберами охолоджувачів.

5 Комплектація розробки

До складу виробу входять: силова, релейно-контакторна, перетворювальна та контрольно-вимірювальна апаратура.

6 Джерела розробки

1. ТОВ «КАНІВСЬКЕ ПВХ» [Електронний ресурс] – URL: <https://vkursi.pro/card/tov-kanivske-pvkh-00387594>
2. Машини безперервного транспорту /Дережа О.О. – Мелітополь: Таврійський державний агротехнологічний університет, 2016. – 108 с.

7 Технічні характеристики

Параметри	Значення
Продуктивність по зерну при вологості 17%, т/год	70
Швидкість руху тягового ланцюга, м/с	0,4–0,7
Довжина транспортера, м	35
Габаритні розміри, мм	200×345
Діаметр приводної та натяжної зірочок, мм	292

8 Умови експлуатації

Експлуатація здійснюється в умовах впливу підвищеної вологості та запиленості. Мінімальна робоча температура навколишнього середовища становить мінус 10°C.

9 Елементна база

Двигун, апаратура керування і захисту, провідники, кабелі і т. ін. виробництва України чи країн близького зарубіжжя.

10 Конструктивне виконання

Система керування зерносушильного комплексу виготовляється у вигляді щита керування з високим ступенем захисту від впливу факторів навколишнього середовища.

11 Показники технологічності

Система керування зерносушильного комплексу повинна бути реалізована на сучасній елементній базі, а її монтаж, заземлення, струмопровід повинен відповідати правилам улаштування електроустановок.

12 Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування здійснюється слюсарями-електромонтажниками та слюсарями КВП і А відповідної кваліфікації. Технічний огляд механізму здійснюється мінімум один раз на 3 місяці. Ремонт здійснюється інженерами-електромеханіками та техніками-електромеханіками, фахівцями з електромеханічних систем автоматизації та електропривода.

13 Живлення електропривода

Живлення системи керування зерносушильного комплексу повинно бути виконано напругою 380 В від силової мережі підприємства.

14 Порядок контролю та прийняття

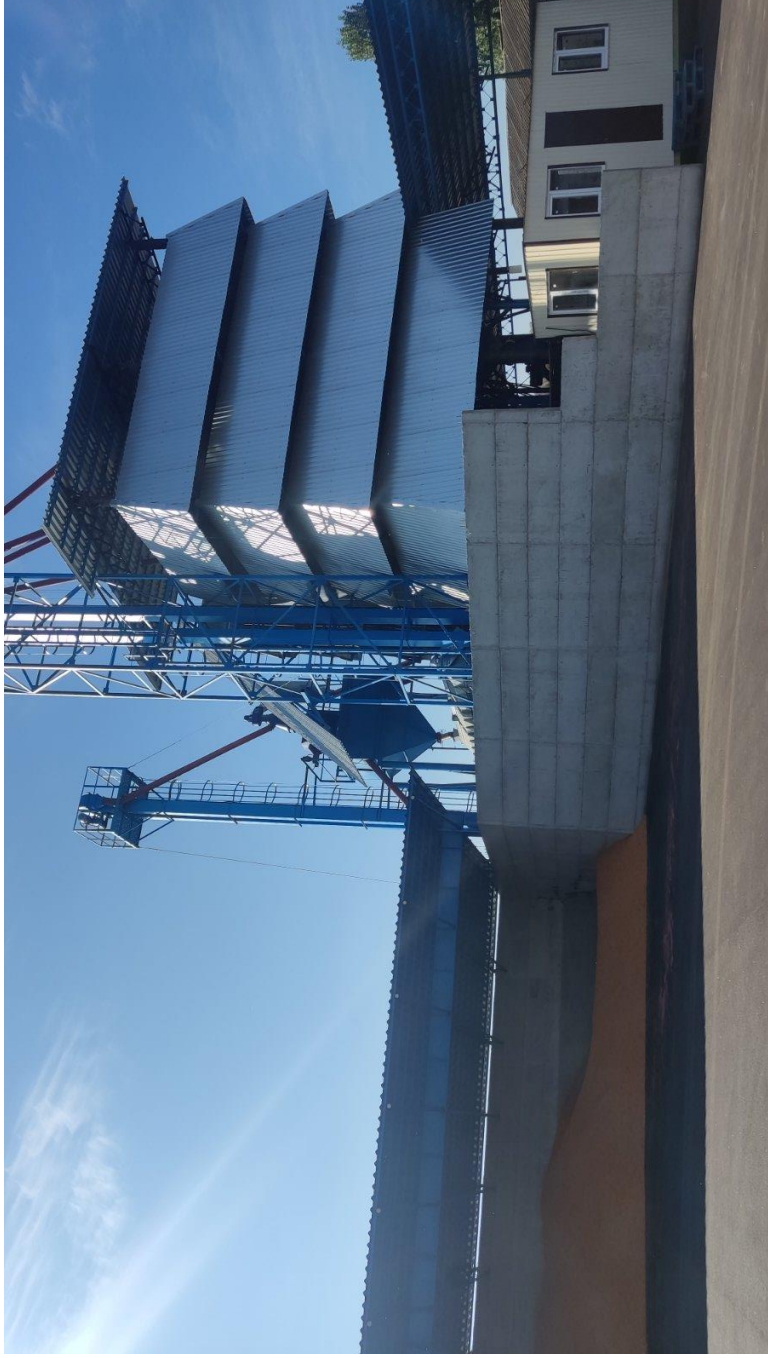
Виконання етапів графічної та розрахункової документації бакалаврської дипломної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи. Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком захисту.

Додаток Б
(обов'язковий)

ГРАФІЧНА ЧАСТИНА

МОДЕРНІЗАЦІЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ
ЗЕРНОСУШИЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ В УМОВАХ ТОВАРИСТВА З
ОБМЕЖЕНОЮ ВІДПОВІДАЛЬНІСТЮ «КАНІВСЬКЕ
ПІДПРИЄМСТВО ПО ВІДГОДІВЛІ ХУДОБИ»

Характеристики об'єкта проектування

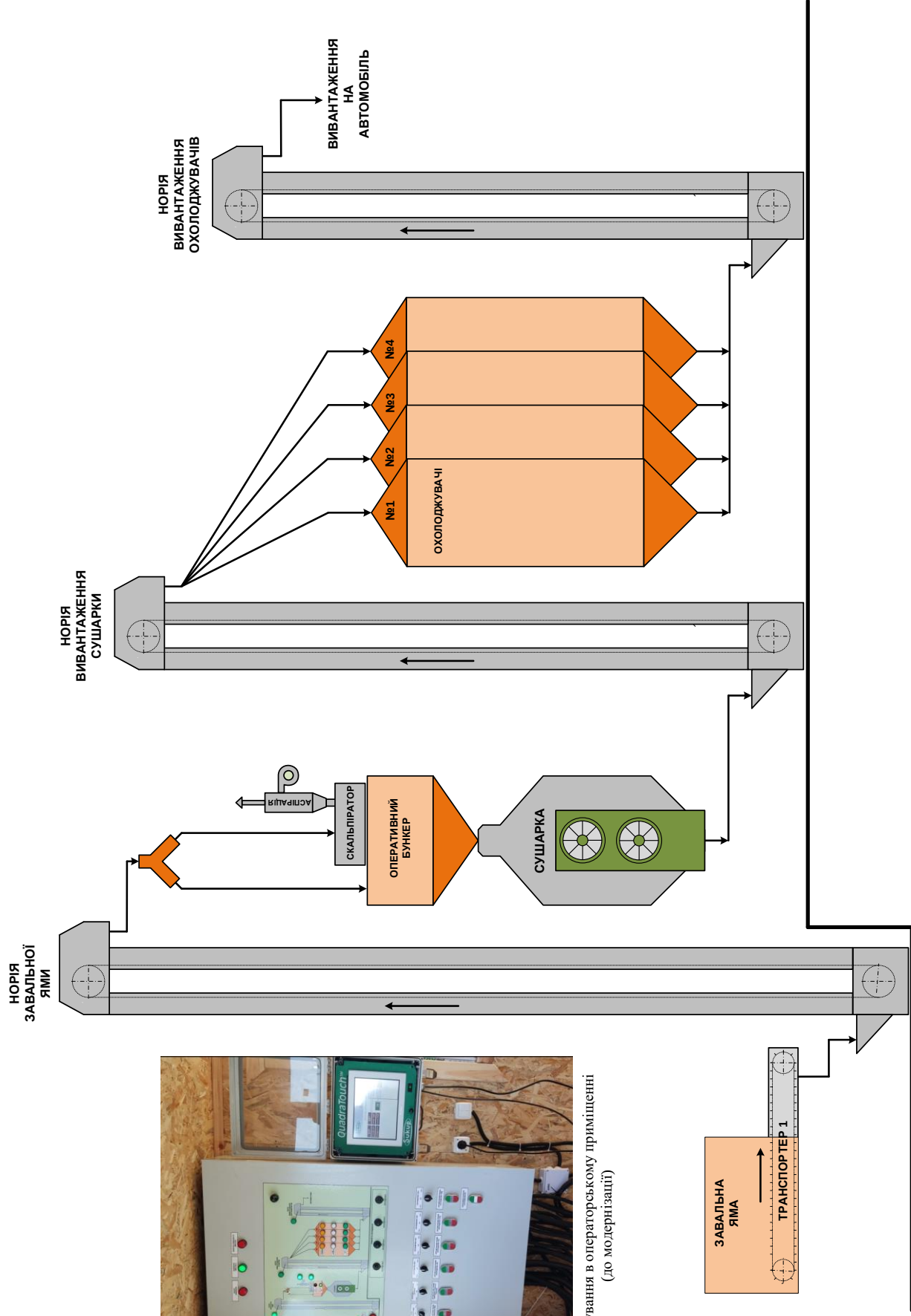


Зовнішній вигляд зерносушильного комплексу

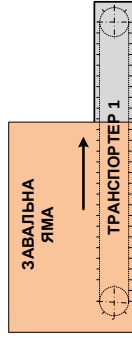


Модульна зерносушарка Sukur

Структура зерносушильного комплексу



Щит керування в операторському приміщенні (до модернізації)



Постановка задачі проектування

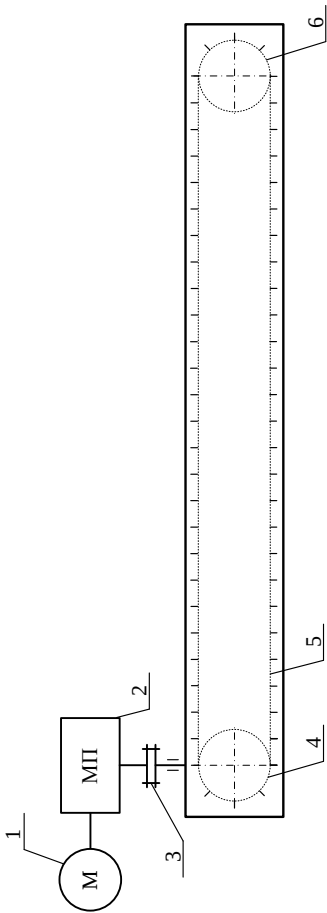
При експлуатації даного комплексу було виявлено такі основні недоліки:

1. Залежно від культури зерна та його вологості необхідним є регулювання продуктивності стрічкового транспортера завальної ями. Механічний спосіб регулювання продуктивності за рахунок зміни положення конуса стрічкового транспортера виявився не ефективним, оскільки є трудомістким та потребує значних витрат часу на регулювання.
2. Неузгодженість продуктивностей механізмів зерносушильного комплексу обумовлювала часті їх завали зерном. Це призводило до тривалих перерв в роботі та необхідність в ручну розвантажувати механізми, які були завалені зерном.
3. Механічні шибера охолоджувачів під дією ваги зерна важко піддавались відкриванню та закриванню та періодично заклинювали.

Для усунення зазначених недоліків необхідно вирішити такі завдання:

1. Провести перевірочний розрахунок електропривода скребкового транспортера завальної ями та вибрати необхідну елементну базу.
2. Розробити систему керування електроприводом скребкового транспортера завальної ями та інтегрувати її в існуючу систему керування зерносушильним комплексом.
3. Для запобігання появи завалів механізмів комплексу передбачити встановлення сенсорів підпору механізмів зерносушильного комплексу.
4. Розробити систему керування електроприводом моторизованих засувов охолоджувачів та інтегрувати її в існуючу систему керування зерносушильним комплексом.
5. Перевірити правильність прийнятих рішень шляхом комп'ютерного моделювання та експериментальних досліджень.
6. Описати умови безпечної експлуатації розробленої системи.
7. Зробити загальні висновки.

Технічні характеристики скребкового транспортера



Кінематична схема скребкового транспортера

Основні технічні характеристики скребкового транспортера

Параметри	Значення
Продуктивність по зерну при вологості 17%, т/год	70
Швидкість руху тягового ланцюга, м/с	0,4–0,7
Довжина транспортера, м	35
Габаритні розміри, мм	200×345
Діаметр приводної та натяжної зірочки, мм	292

Розрахункова потужність приводного двигуна скребкового транспортера:

$$P_{\text{роз}} = 9,42 \dots 10,65 \text{ (кВт)}$$



Скребокый транспортер завальной ями
(площадки розвантаження)

Техніко-економічне обґрунтування вибору системи електропривода скребкового транспортера

Показники	Системи електричного привода		
	ШП-ДПС	ТП-Д	ПЧ-АД
Вартість двигуна Д, грн	37750	37750	15100
Вартість системи керування СК, грн	46178,4	51950,7	57723
Капітальні вкладення К, грн	83928,4	89700,7	72823
Річні капітальні витрати $K_{річн}$, грн/рік	14267,83	15249,12	12379,91
Амортизаційні відрахування C_A , грн/рік	8392,84	8970,07	7282,30
Відрахування на ремонт C_P , грн/рік	1678,57	1794,01	1456,46
Додаткові відрахування C_D , грн/рік	16569,32	19058,68	14181,56
Відрахування на обслуговування C_O , грн/рік	1332,04	1491,14	1146,02
Загальні відрахування C , грн/рік	27972,76	31313,90	24066,34
Приведені витрати З, грн/рік	42240,59	46563,02	36446,25

Вибір елементної бази електропривода скребкового транспортера

Технічні дані вибраного приводного двигуна

Тип двигуна	API32M4
Номінальна потужність $P_{дв.н}$, кВт	11
Номінальна напруга $U_{дв.н}$, В	380
Номінальна швидкість обертання $n_{дв.н}$, об/хв	1460
Коефіцієнт потужності $\cos\phi_{ном}$	0,84
Коефіцієнт корисної дії $\eta_{дв.н}$, %	88,4
Кратність пускового моменту $\lambda_{пуск}$	2,2
Кратність критичного моменту $\lambda_{к}$	2,3
Номінальний струм статора $I_{дв.н}$, А	22,5
Кратність пускового струму $\lambda_{I,пуск}$	7,0
Момент інерції ротора $J_{рот}$, кг·м²	0,0349
Монтажне виконання	IM2081
Рівень шуму, дБ	75
Вага, кг	84
Режим роботи	S1



Зовнішній вигляд о перетворювача частоти ATV320D15N4C фірми Schneider Electric

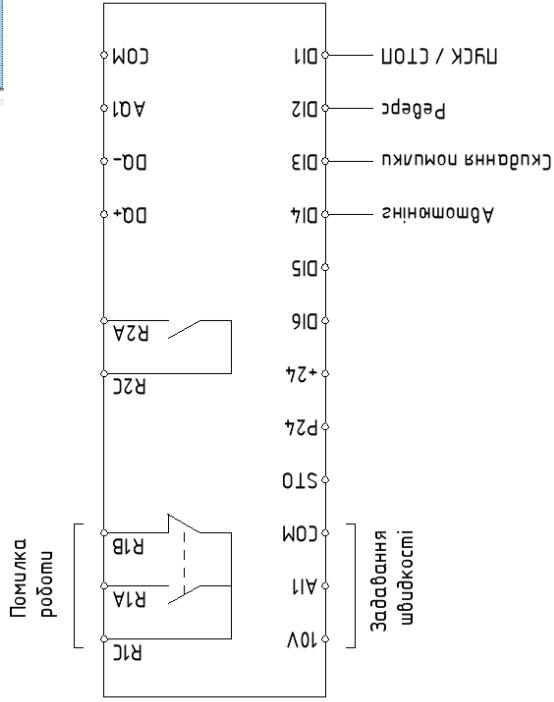
Технічні характеристики перетворювача частоти

Характеристики	Значення
Бренд	Schneider Electric
Серія	ATV320
sku	ATV320D15N4C
Номінальна напруга живлення	380...500 В-(15...10)%
Частота мережі	50...60 Гц
Максимальний вхідний струм	47,3 А
Номінальний вихідний струм	33 А
Потужність двигуна	15 кВт
Короткочасне перевищення моменту	170-200% від номінального моменту двигуна
Електромагнітний фільтр	вбудований
Скалярний режим керування	є
Векторний режим керування без енкодера	є
Векторний режим керування з енкодером	є
Лінійний закон керування U/f	є
Квадратичний закон керування U/f^2	є
Тип гальмування	постійним струмом
Кількість дискретних входів	7
Кількість дискретних виходів	3
Кількість аналогових входів	3
Тип аналогових входів	AI1 напруга: 0...10 В DC; AI2 біполярна диференційна напруга: +/- 10 В DC; AI3 струм: 0-20 мА (4-20 мА, 0-20 мА, 20-х мА або інші схеми конфігурації
Кількість аналогових виходів	1
Тип аналогових виходів	програмно-конфігурований струм AQ1: 0...20 мА; програмно-конфігурована напруга AQ1: 0...10 В DC
Число релейних виходів	2
Протокол обміну даними	Modbus послідовний CANopen
Ступінь захисту	IP 20

Налаштування параметрів перетворювача частоти



Перетворювач частоти ATV320D15N4C



SoMove 2.7

SoMove
Build 2.7.6

Project

Create a Project OFF-line

Open a Project

Connect

LAST CONNECTED DEVICE

Device Type:

Reference:

Fieldbus Type:

Fieldbus Address:

NTM version:

Installed Device Information

List the device software installed on this PC

Device Software Downloads

SoMove 2.7 - Settings ATV320(15kW).psx

File View Communication Device Tools Help

data are not synchronized

My Device My Dashboard Parameters Errors detection Monitoring Scope Safety Functions ATV Logic

Switching parameters

My Menu Full

Search

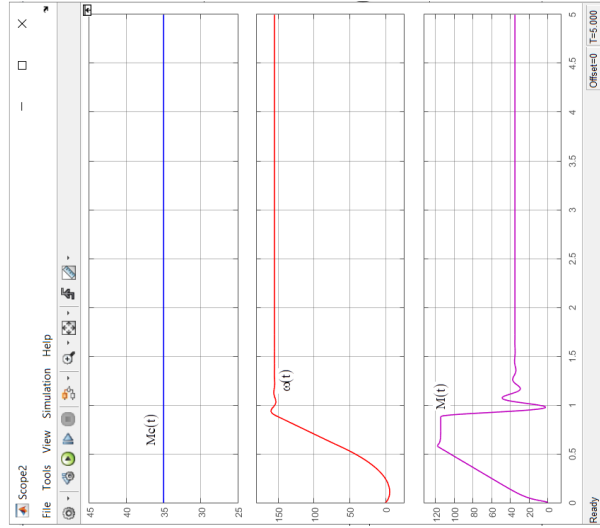
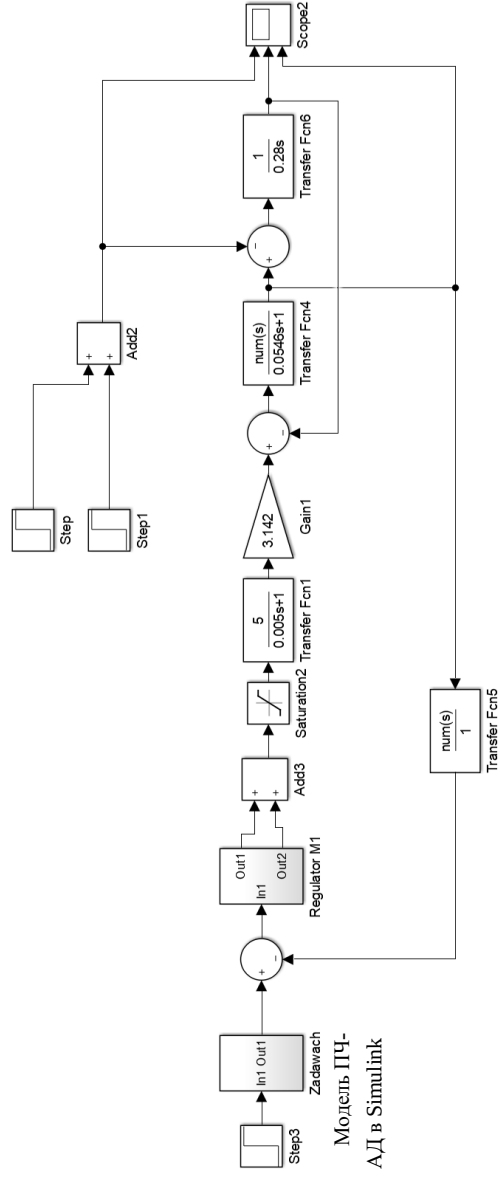
Code	Access level	Long Label	Conf0	Standard access	Default Value
LAC	Simple start				
TCC	2/3-wire control				2-wire control
CFG	Macro configuration				Standard Start/Stop
BFR	Input Phase Loss assignment				50Hz motor frequency
NPR	Nominal motor power				15 kW
UNS	Nominal motor voltage				380 V
NCR	Nominal motor current				30 A
FRS	Nominal motor frequency				50 Hz
NSP	Nominal motor speed				1450 rpm
TFR	Max frequency				50 Hz
STUN	Tune selection				Default
ITH	Motor Thermal current				30 A
ACC	Acceleration ramp time				3 s
DEC	Deceleration ramp time				3 s
LSP	Low speed				20 Hz
HSP	High speed				50 Hz
Settings					
Motor control					
Inputs / Outputs					
Command					
Function Blocks					
Application function					

Remote gateway:192.168.1.111:248 Project Loaded

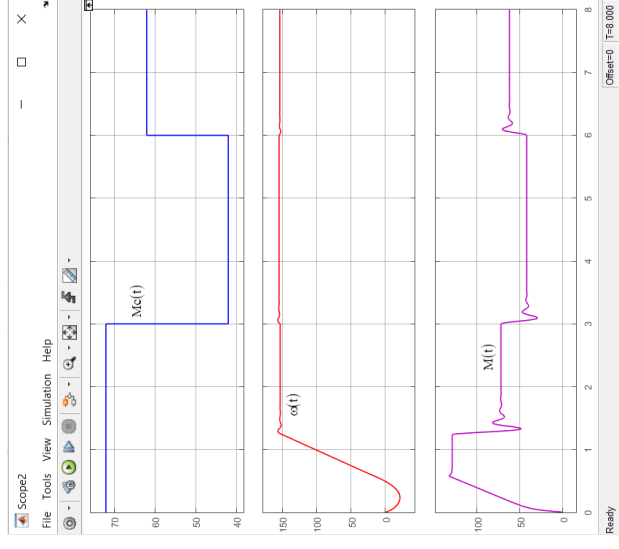
Призначення входів та виходів частотного перетворювача

Вікно налаштування параметрів ПЧ в середовищі SoMove

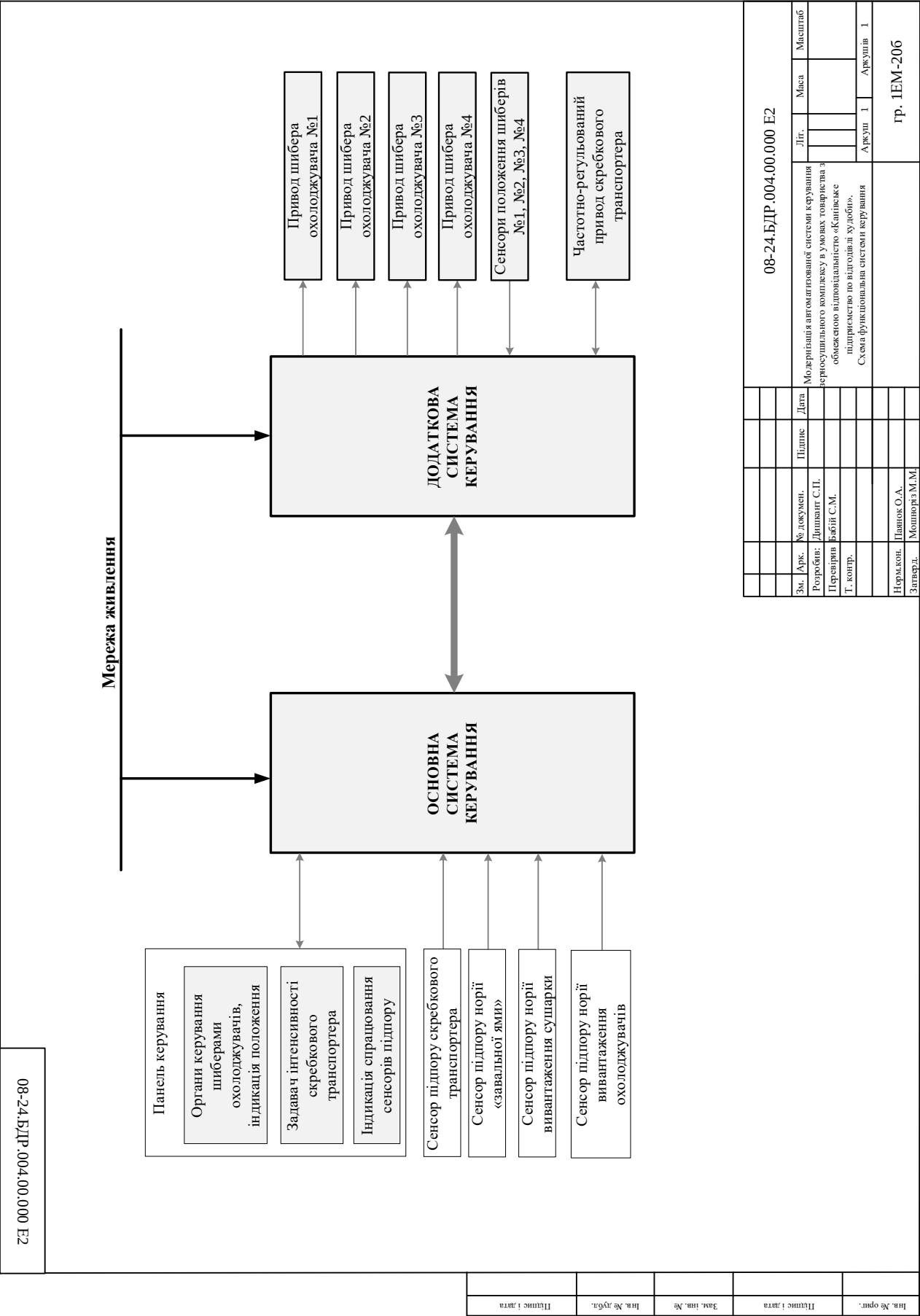
Моделювання електропривода скребкового транспортера



Результати моделювання (при пуску на холостому ході)



Результати моделювання (при пуску під навантаженням, скіді та накиді навантаження)



Ім. № опр.	Підпис і дата	Зам. ім. №	Ім. № звіт.	Підпис і дата
------------	---------------	------------	-------------	---------------

Вибір елементної бази системи керування



Зовнішній вигляд мембранного сенсора
рівня СУМ-1

Технічні характеристики мембранного сенсора
рівня СУМ-1

Найменування	Значення
Тип	СУМ-1
Номинальна робота напруга	220 В АС
Номинальний робочий струм	2 А
Ймовірність безвідмовної роботи за 2000 год напруцювання, не менше	0,94
Напруцювання, не менше	30000 циклів
Середній термін служби	10 років
Маса	0,45 кг
Ступінь захисту	IP65

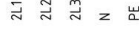
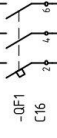
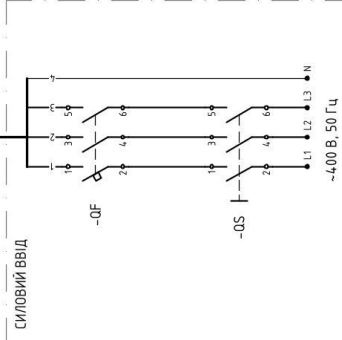
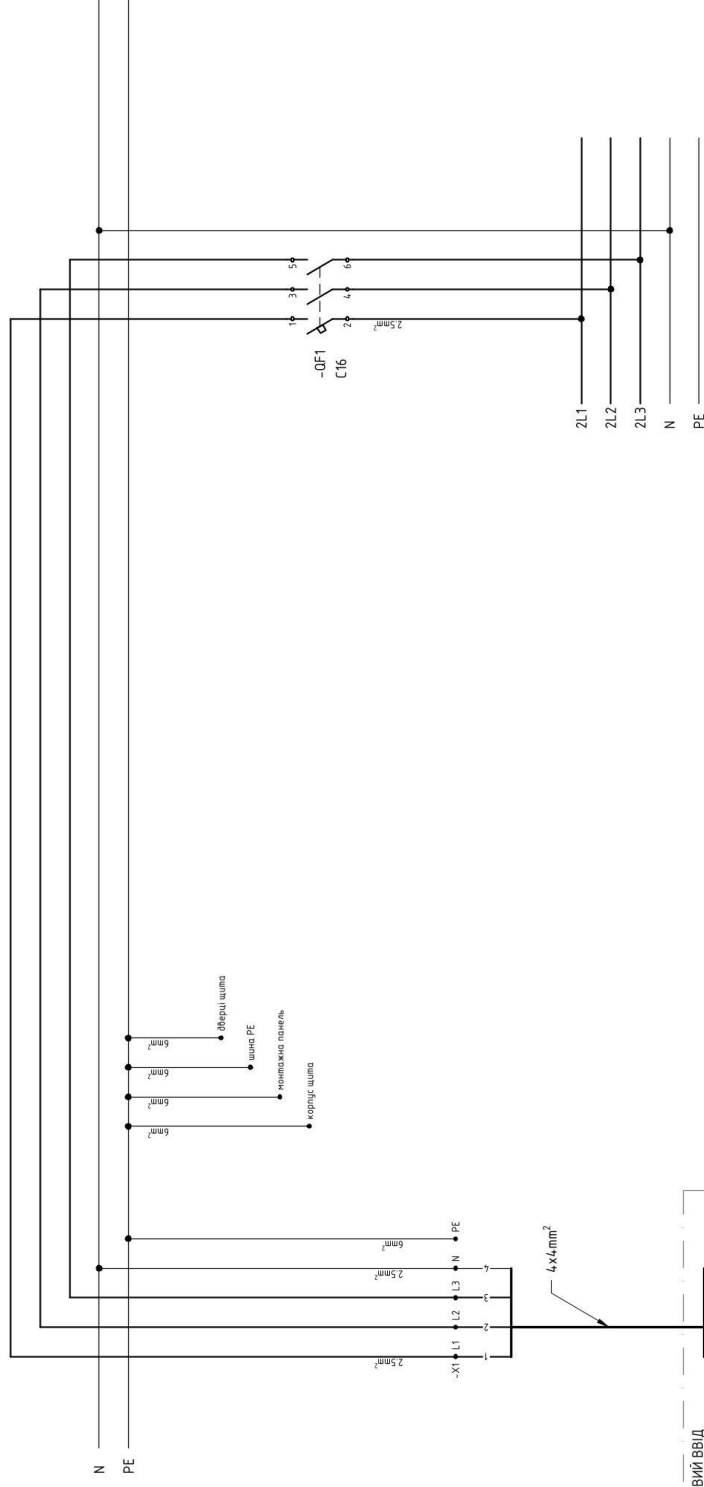


Сенсор обмеження ходу шибера ME-8108

Технічні характеристики сенсора обмеження ходу
шибера ME-8108

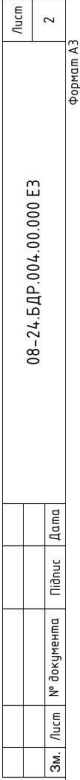
Параметри	Значення
Номинальна робоча напруга	380В (АС) 220В (DC)
Номинальний струм	5А (АС) 0,15А (DC)
Тип контакта	INO+INC
Механічна зносостійкість	0,6·10 ⁶ циклів
Частота включень за годину	20
Ступінь захисту	IP54
Робочий діапазон температур	-25...+40°С

08-24.5AP.004.00.000 E3

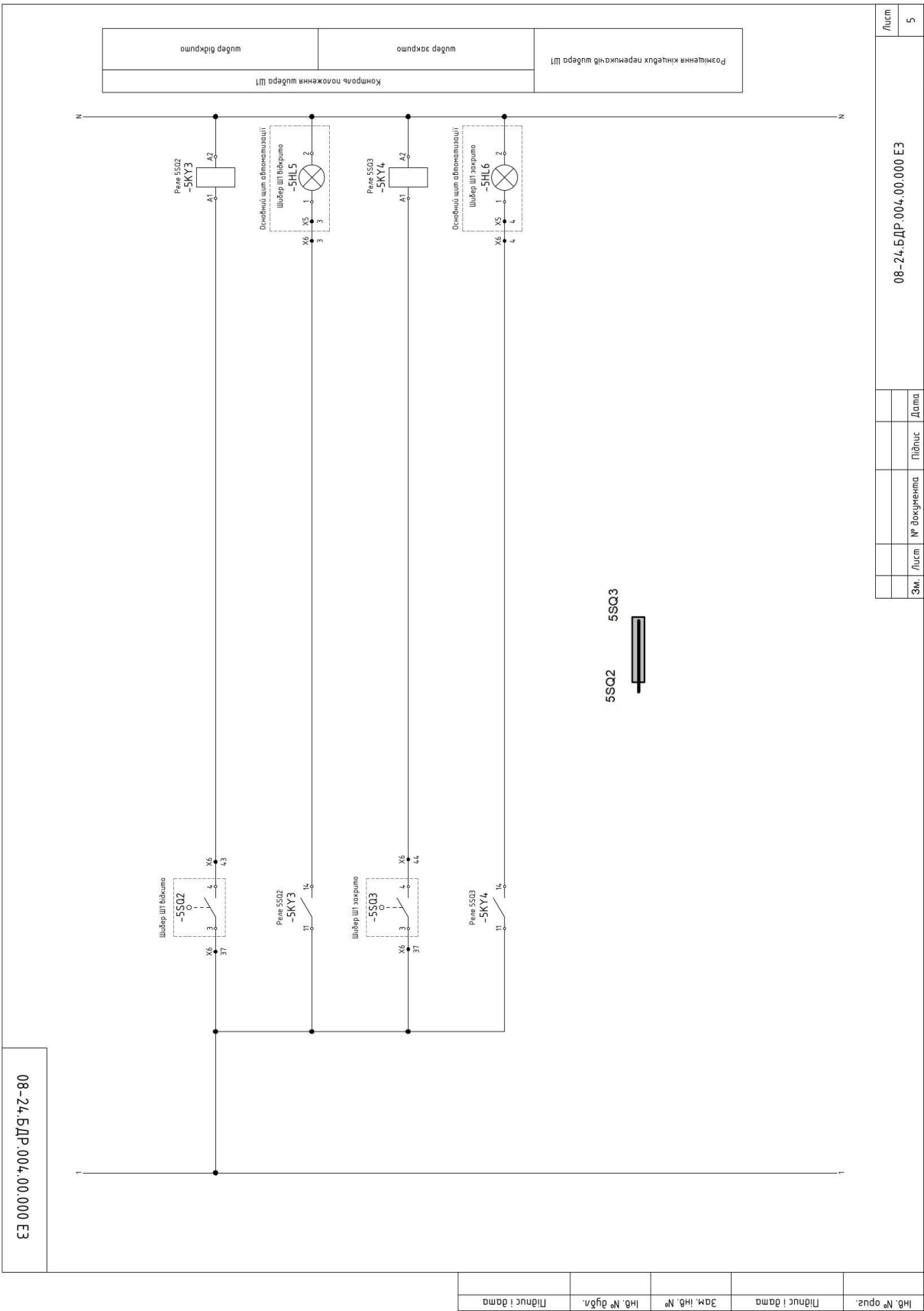
[illegible]

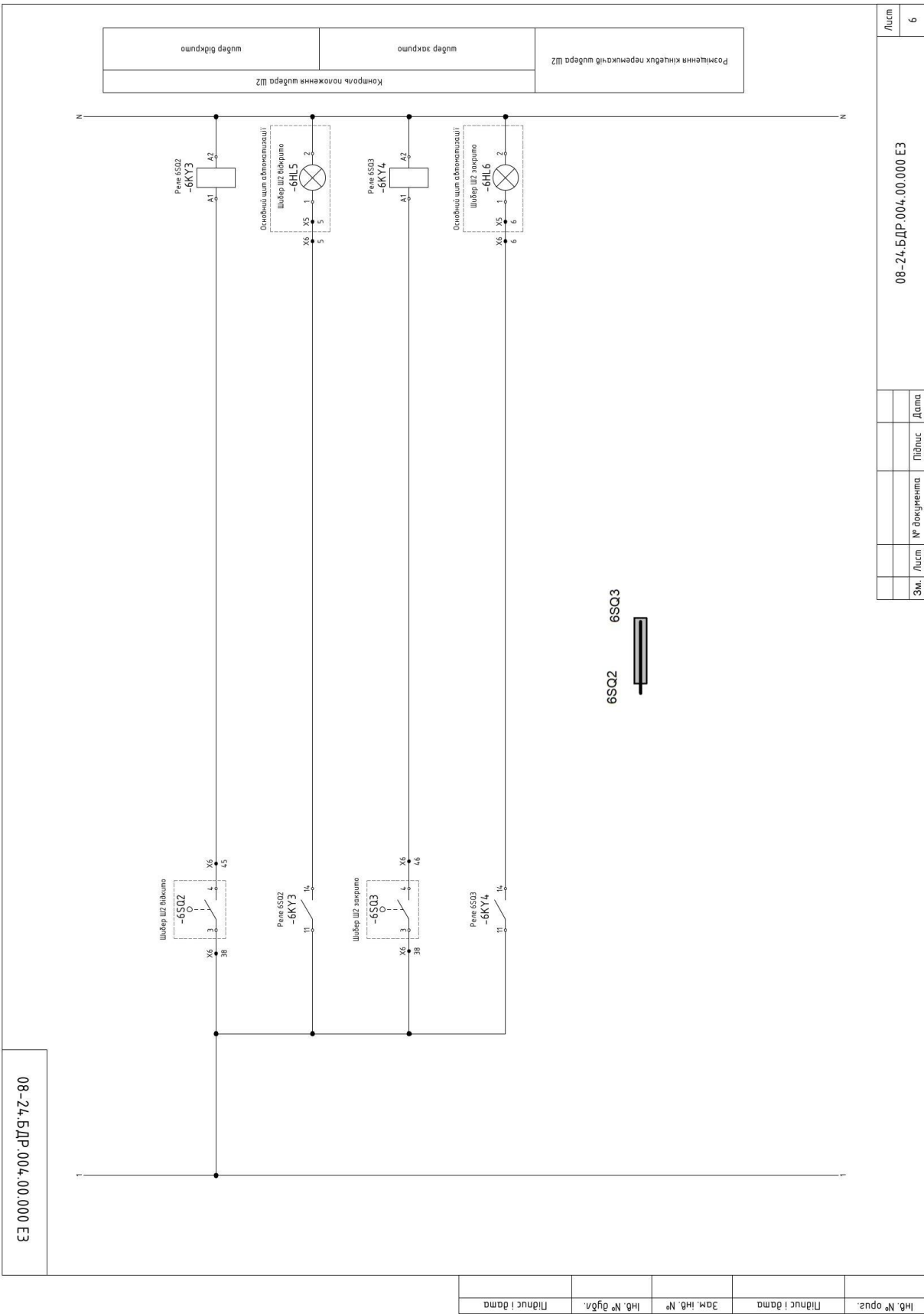
Формат А3

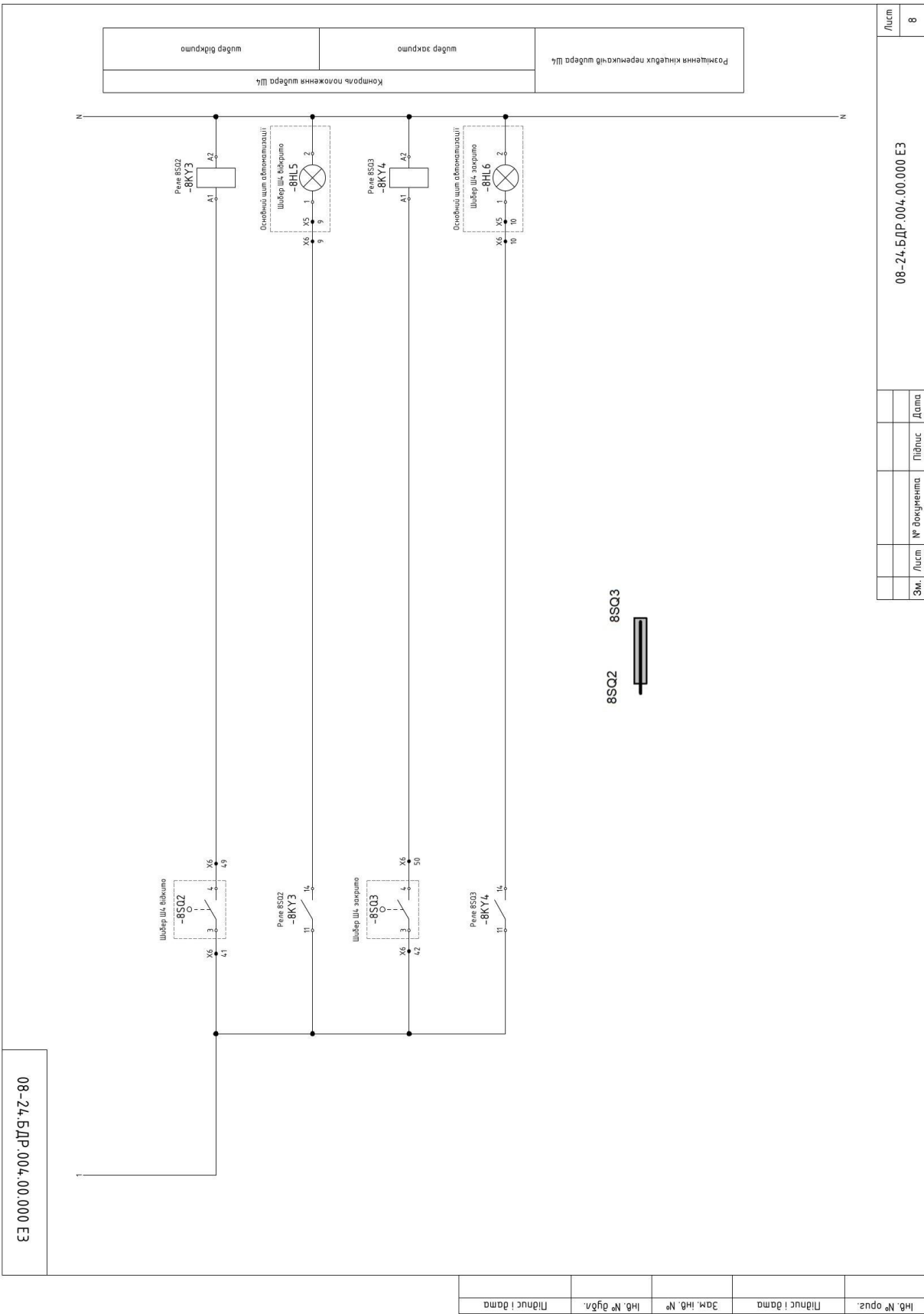
ИВ. № опуз.	Підпис і дама	Зам. ИВ. №	ИВ. № дүдн.	Підпис і дама
-------------	---------------	------------	-------------	---------------

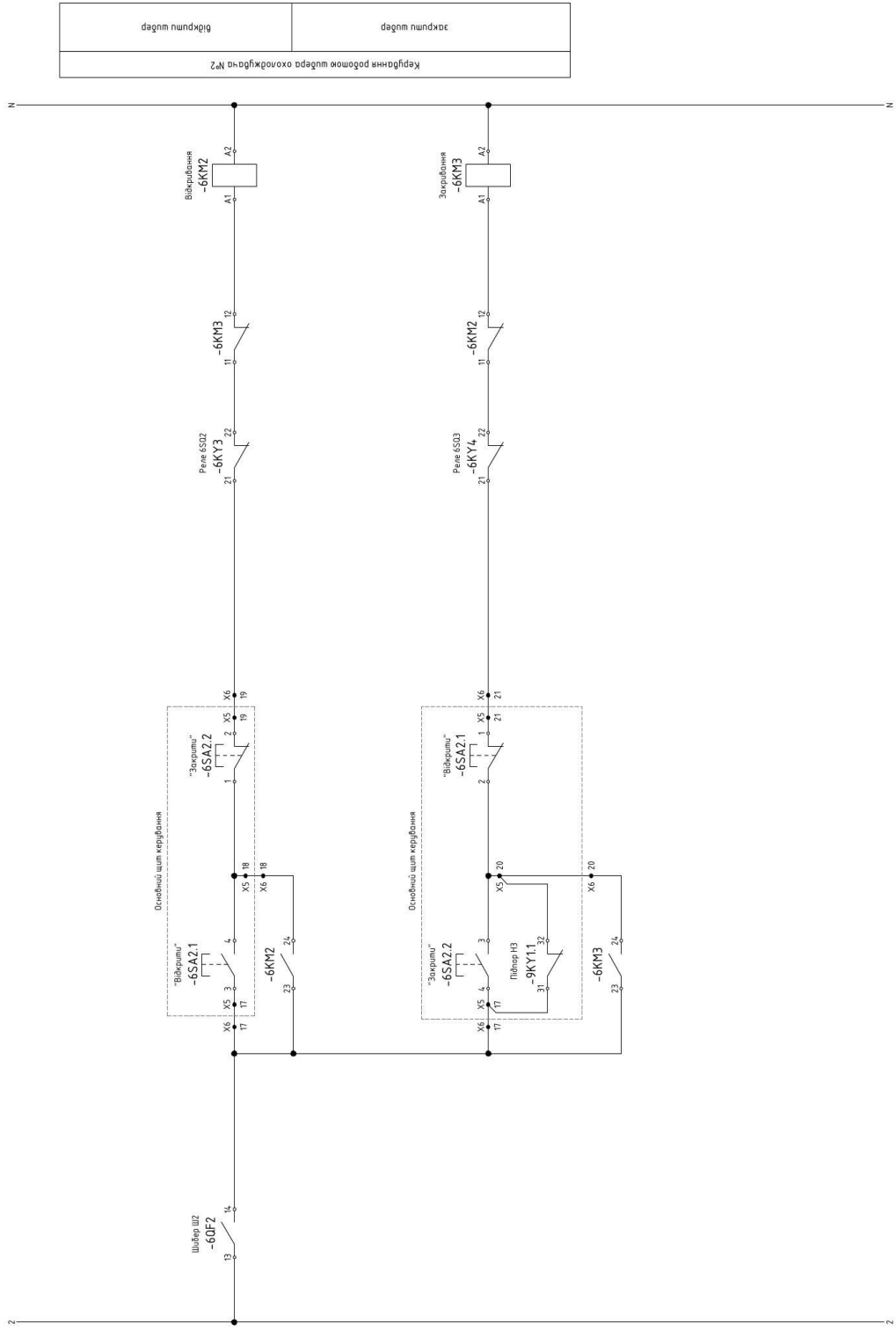






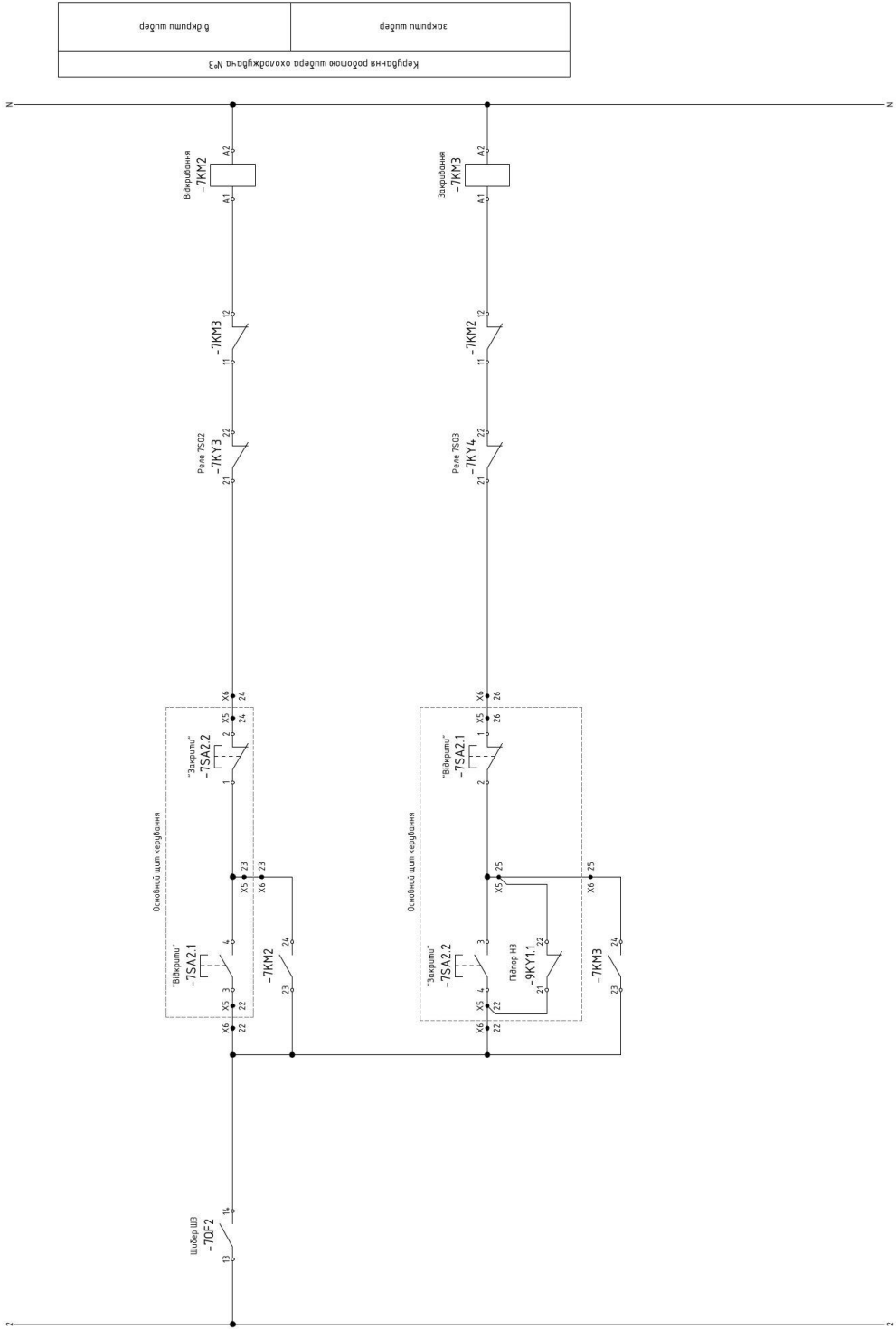






Інб. № опуз.	Підпис і дата	Зам. інб. №	Інб. № дубл.	Підпис і дата
--------------	---------------	-------------	--------------	---------------

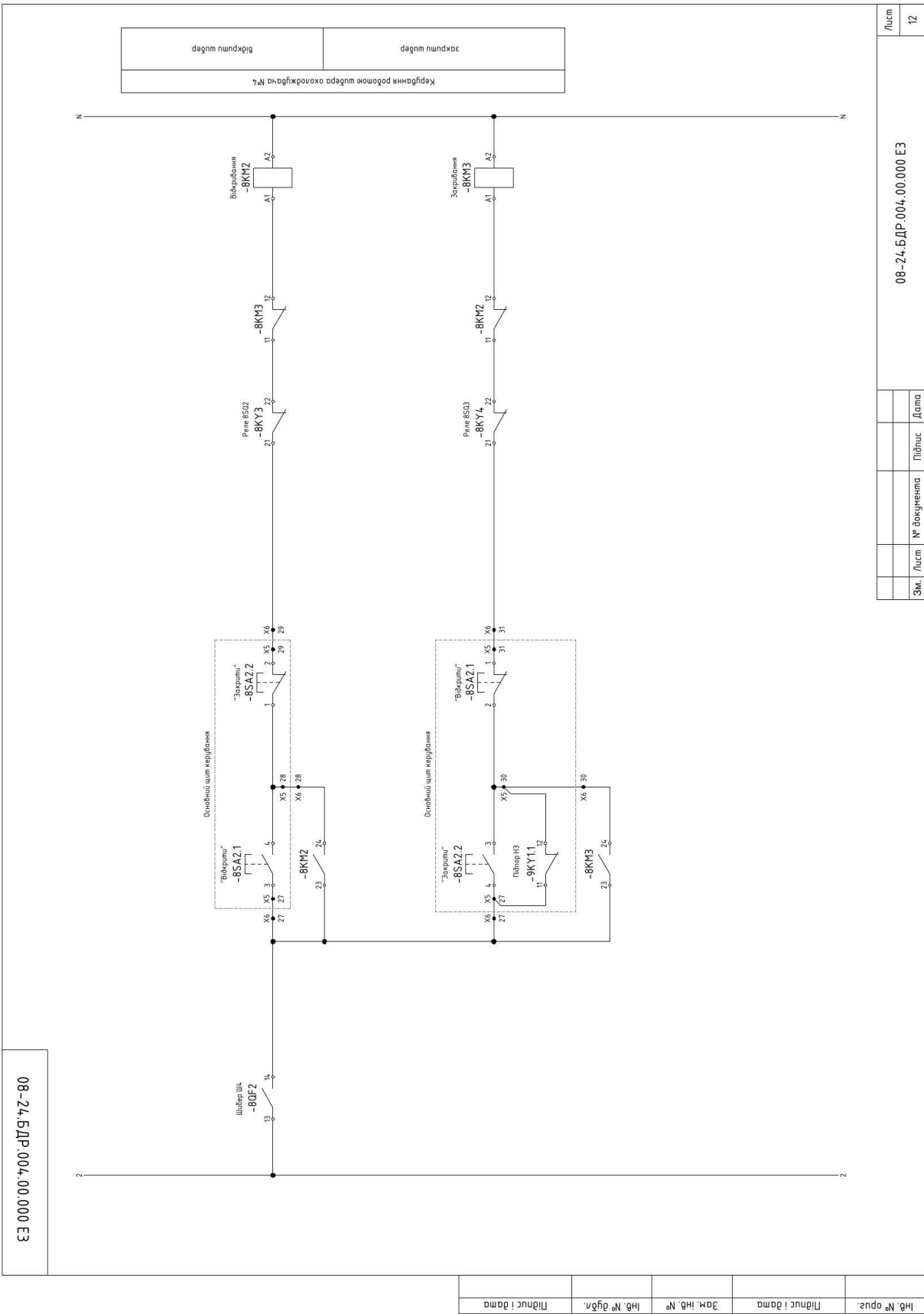
08-24.БДР.004.00.000 ЕЗ



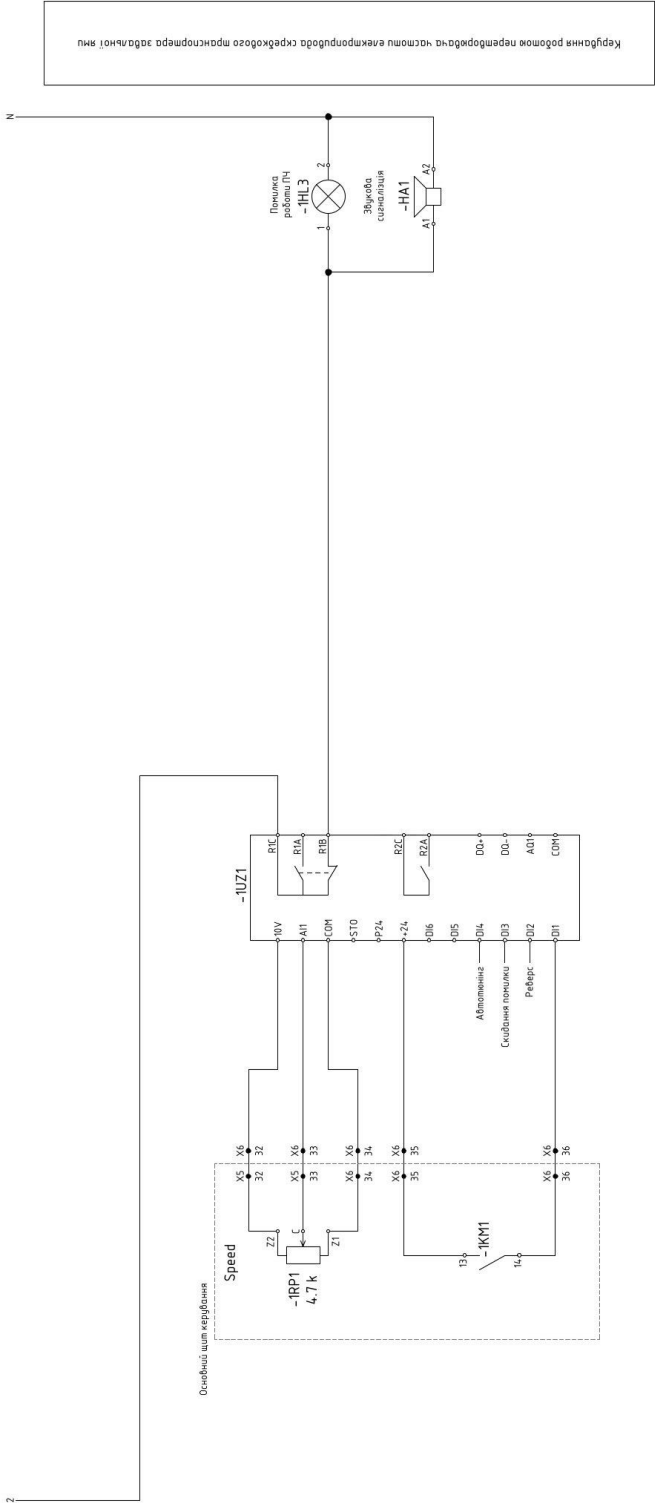
Керівня робота шибера охолоджувача №3	закрити шибер	Відкрити шибер
---------------------------------------	---------------	----------------

Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата

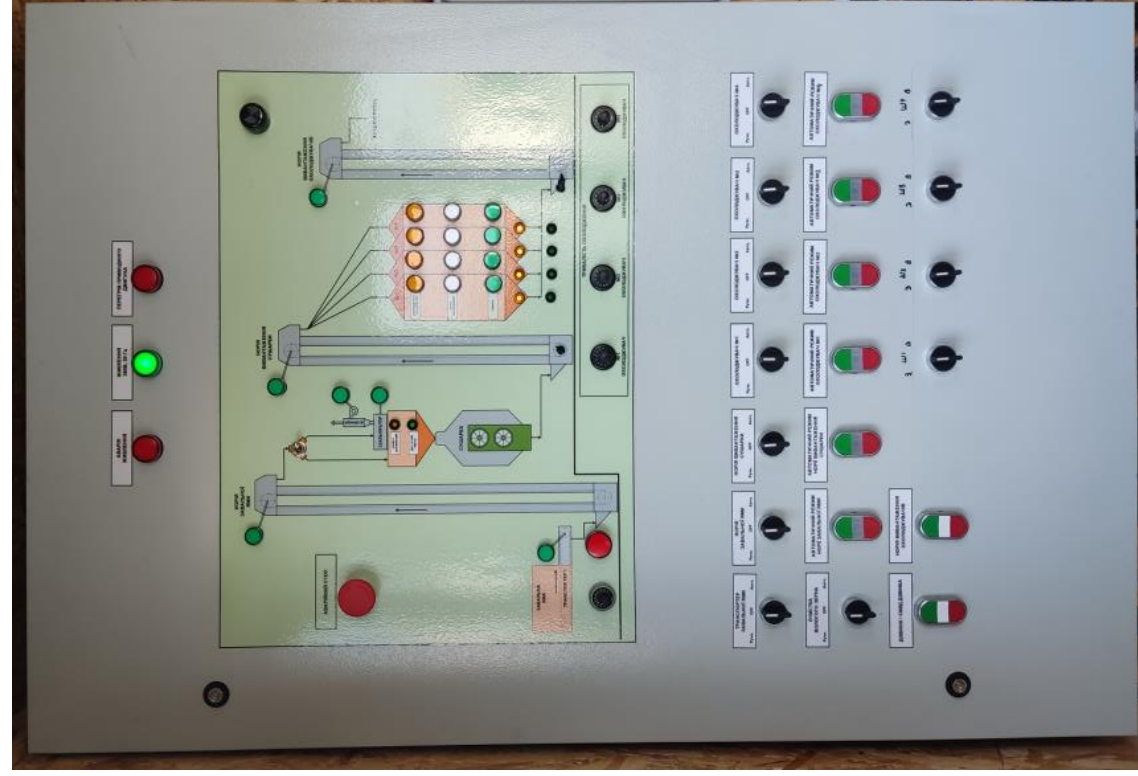
Інб. № опуз.	Підпис і дата	Зам. інб. №	Інб. № дубл.	Підпис і дата
08-24.БДР.004.00.000 ЕЗ				



08-24.БДР.004.00.000 ЕЗ



Практична реалізація



ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Модернізація автоматизованої системи керування ерносудильного комплексу в умовах товариства з обмеженою відповідальністю Канівське підприємство по відгодівлі худоби»

Тип роботи: бакалаврська дипломна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕЕМ, гр. 1ЕМ-206

Науковий керівник: к.т.н., доц. Бабій С.М.
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібностіUnicheck

Оригінальність	95,3%
Схожість	4,7%

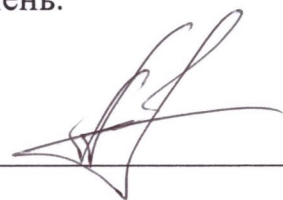
Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

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

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

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

Особа, відповідальна за перевірку



Паянок О.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи



Дишкант С.П.
(підпис)(прізвище, ініціали)

Керівник роботи



Бабій С.М.
(підпис)(прізвище, ініціали)

Назва

зерносуши
«Канівськ

Тип робо

Підрозділ

Науковий

Анал

☐ Зап
плагіату

☐ Ви
кількіст
автора.

☐ Ви
та/або
прихову

Осо

Озн
Uniche

Авт

Кер

					08-24.БДР.004.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Модернізація автоматизованої системи керування зерносушильного комплексу в умовах товариства з обмеженою відповідальністю «Канівське підприємство по відгодівлі худоби». Практична реалізація	Літ.	Маса	Масштаб
Розробив:	Дишкант С.П.			28.05				
Перевірив	Бабій С.М.			28.05				
Т. контр.						Аркуш 1	Аркушів 1	
Рецензент	Григоренко О.В.			10.06		гр. 1ЕМ-206		
Норм.кон.	Паянок О.А.			28.08				
Затверд.	Мошноріз М.М.			28.08				